

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
ВОТДЕЛУЮТ ИГЛАИДЗТАМ**

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



***V МЕЖДУНАРОДНАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ***

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

Том 3

*28-29 апреля 2010 г.
Казань*

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

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

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

Том 3

Казань 2010

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензент:

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

М34 **Материалы докладов V Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / Под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. В 4 т.; Т. 3. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 164 с.**

ISBN 978-5-89873-245-5

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области энергоэффективности и энергобезопасности производства, экологии и водных биоресурсов, химии и материаловедения, энергетических систем силового оборудования и электропривода теплообменных процессов в энергетических и газотурбинных установках.

УДК 371.334
ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

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

*Материалы докладов публикуются в авторской редакции.
Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов*

ISBN 978-5-89873-245-5

© Казанский государственный
энергетический университет, 2010

НАПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 66.048.57

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ НА ТНХК

Н.А. БАБУШКИН, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

В последнее время Россия взяла курс на создание и внедрение установок, позволяющих качественно, недорого и безопасно для окружающей среды производить продукты производства.

Термическое обезвреживание, сжигание и ликвидация отходов – многоступенчатый технологический процесс, позволяющий эффективно решать целый комплекс задач, связанных с управлением отходами. Преимущества технологии термического обезвреживания:

- сокращение первоначального объема отходов на 95 %;
- полное обезвреживание микроорганизмов в отходах;
- многоступенчатая очистка дымовых газов;
- утилизация тепловой энергии от сжигания отходов.

Целью моей научной работы стал анализ и разработка мероприятий по обезвреживанию сточных вод ГРЭС-2.

За основу исследования были взяты расход исходного раствора, начальная и конечная концентрации, а также объем продуктов сгорания.

Для реализации данного проекта было решено использовать аппарат с погружной горелкой.

В результате расчетов были получены и выбраны объем и габаритные размеры корпуса аппарата, погружная горелка, брызгоулавливатель поверхностного типа, взрывная мембрана и другое необходимое вспомогательное оборудование.

Аппарат рассчитан на выпаривание солесодержащего продукта.

Технико-экономические расчеты показали, что стоимость выпаривания 1 т сточных вод с помощью аппаратов погружного горения в 2 раза дешевле, чем в обыкновенных выпарных аппаратах.

Использование аппаратов погружного горения имеет ряд преимуществ:

- отсутствие трубной поверхности нагрева;
- отсутствие загрязнений поверхности нагрева;
- постоянное значение коэффициента теплопередачи;
- более интенсивный процесс выпаривания.

УДК 66.045.3.5

ОСОБЕННОСТИ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРАДИРНЯХ

Е.В. БОЕВ, (ф) УГНТУ, г. Стерлитамак

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.П. ИВАНОВ

Неотъемлемой частью любого промышленного производства являются системы оборотного водоснабжения, призванные обеспечить отвод низкопотенциального тепла от технологического оборудования в окружающую среду.

В системах оборотного водоснабжения вода охлаждается посредством передачи тепла атмосферному воздуху. Часть тепла передается вследствие поверхностного испарения воды (вода превращается в пар, который путем диффузии переносится в атмосферу), другая часть – вследствие разницы температур воды и воздуха, т. е. за счет теплопроводности и конвекции.

Для получения требуемой температуры отработанную оборотную воду непосредственно или после предварительной очистки от загрязнений перед новым ее использованием охлаждают в специальных сооружениях: прудах-охладителях, брызгальных бассейнах и градирнях.

Наиболее совершенными системами охлаждения оборотной воды являются градирни. Процесс охлаждения оборотной воды в градирнях происходит за счёт испарения части воды при стекании её тонкой плёнкой или каплями по оросителю, вдоль которого в противоположном движению воды направлении подаётся поток воздуха.

Вследствие того, что большая часть градирен проектировалась в середине прошлого столетия, многие составляющие приспособления и приборы морально устарели и не отвечают современным требованиям. Поэтому просматривается необходимость разработки новых высокоэффективных конструкций насадочных устройств градирен.

При этом в процессе создания новых конструкций оросителей градирен необходимо основываться на анализе известных конструкций, для чего необходимо рассмотреть принцип их работы, конструктивные особенности, обобщить основные сведения по данной проблеме, имеющиеся в современной научно-технической и патентной литературе. При этом оросительные устройства в каждом конкретном случае должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым государственными стандартами в отношении охлаждающей способности и стоимости градирни.

УДК 66.045.3.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРАДИРНЯХ

Е.В. БОЕВ, В.Г. АФАНАСЕНКО, Е.А. НИКОЛАЕВ,
(ф) УГНТУ, г. Стерлитамак
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.П. ИВАНОВ

Эффективность процесса охлаждения воды в градирнях определяется конструктивными особенностями насадочных устройств (оросителей), обеспечивающих необходимую поверхность контакта фаз при минимальных аэро- и гидродинамическом сопротивлении.

В зависимости от характера преобладающей поверхности охлаждения оросители могут быть:

- пленочные;
- капельно-пленочные.

Каждый тип оросительного устройства может иметь весьма разнообразные конструкции отдельных элементов и размеры, а также выполняться из следующих материалов: дерево; асбестоцемент; сталь; алюминий; железобетон; полимерные материалы.

При выборе типа оросительного устройства в каждом конкретном случае должно производиться сопоставление охлаждающей способности и стоимости градирни. Значение потерь напора при движении воздуха в оросителе также является важным показателем его работы, так как оно характеризует эксплуатационные затраты на градирню.

Поэтому создание новых высокоэффективных конструкций оросителей градирен является весьма перспективным.

Так, в филиале УГНТУ в г. Стерлитамаке разработан ороситель градирни, который выполнен в виде модуля из слоев полимерных горизонтально лежащих, параллельных друг другу сетчатых оболочек, выполнен-

ных цилиндрическими и сваренных по торцам модуля между собой в местах соприкосновения, причем вертикальные слои сетчатых оболочек располагаются поочередно с вертикальными слоями гофрированных труб.

Основными преимуществами разработанной конструкции оросителя градирен являются: эффективное охлаждение оборотной воды промышленных предприятий, обусловленное высокой поверхностью контакта фаз; снижение энергоемкости тепломассообменного процесса, за счет уменьшения коэффициента аэродинамического сопротивления; высокая демпфирующая способность; большой срок службы.

УДК 66.045.3.5

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОВОДОКИСЛОРОДНОЙ ОЧИСТКИ, ПАССИВАЦИИ И КОНСЕРВАЦИИ НА ЗАИНСКОЙ ГРЭС

Е.Я. ГУЩИНА, (ф) ОАО «Генерирующая компания» Заинская ГРЭС,
г. Заинск
Науч. рук. Л.В. КУТИЛОВ

Для теплоэнергетики актуальной проблемой была и остается чистота и защищенность теплопередающих поверхностей нагрева теплоэнергетического оборудования и проточной части турбины. В процессе эксплуатации котельных агрегатов на поверхностях нагрева образуются разнообразные отложения, а также окалина; и большинство аварийных остановов котельных агрегатов происходит именно из-за сквозных коррозионных поражений экранных, экономайзерных и пароперегревательных труб котла. Перед электростанцией стоят чрезвычайно сложные задачи по обеспечению безопасной работы металла с учетом форсированной его эксплуатации при высоких температурах и давлениях. Первым требованием к противокоррозионным мероприятиям является предупреждение коррозии. Чтобы избежать коррозионных поражений труб поверхностей нагрева котлоагрегата при его остановах в ремонт необходима консервация оборудования. Важнейшим фактором при выборе способа консервации служит экологический аспект.

Для энергоблоков в настоящее время применяется ряд технологий консервации во время остановов: пленкообразующими аминами, различными ингибиторами коррозии, азотом, подогретым или осушенным воздухом. Ни один из перечисленных методов не создает на поверхности металла защитных пленок, предохраняющих металл, как во время останова, так и во время эксплуатации.

Применение парокислородной и пароводокислородной очистки, пассивации и консервации внутренних поверхностей нагрева котла, ПВД, проточной части турбины обеспечивает очистку поверхности металла и надежную защиту углеродистой стали от коррозии. Метод ПВКО, П и К основан на применении воды, перегретого или насыщенного пара в смеси с кислородом; и при одновременном воздействии на загрязненную поверхность перегретого пара и кислорода происходит доокисление продуктов коррозии, уменьшение их сцепления с поверхностью металла проточной части турбины и, в конечном итоге, их вынос из очищаемого тракта и образование коррозионностойкой защитной устойчивой оксидной пленки, что увеличивает защищенность металла от коррозии на длительный срок при стабильных, переменных и пусковых режимах эксплуатации оборудования, существенно уменьшает время пуска за счет сокращения периода отмывки, обеспечивает экологическую чистоту.

УДК 613.648.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОКА ЧЕРЕЗ ЧЕЛОВЕКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

И.В. КОРОЛЕВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

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

Электрические поля промышленной частоты (ЭП ПЧ) оказывают вредное влияние на здоровье как в производственных условиях, так и на население. Источниками ЭП ПЧ являются различные типы энергообъектов. Производственным воздействиям ЭП ПЧ подвергается, в первую очередь, персонал различных объектов. Согласно современным представлениям, по механизму действия ЭП ПЧ основную опасность для организма представляет влияние наведенного электрического тока на возбудимые структуры (нервная, мышечная ткань). Параметром, определяющим степень воздействия, является плотность наведенного в теле человека тока j [1].

Для оценки влияния на человека ЭП ПЧ необходимо определить ток, стекающий с тела человека на землю в ЭП ПЧ. Для расчета данного тока необходимо определить напряженность на поверхности модели тела человека. Далее рассчитывается ток, втекающий в модель тела человека. Ток, протекающий через сечение модели, находим как сумму всех токов,

втекающих в модель выше рассматриваемого сечения S . Ток смещения будет равен:

$$I_s = jS = \varepsilon_0 \omega ES, \quad (1)$$

где E – напряженность ЭП, В/м; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $\omega = 2\pi f$, $f = 50$ Гц.

Расчет поля проводился с помощью программы LAXIAL. Данная программа позволяет рассчитать осесимметричные электростатические поля, двумерные поля реальных устройств.

Были проведены измерения токов, стекающих на землю, на модели тела человека в виде цилиндра во внешнем ЭП, создаваемом высоковольтной конструкцией. Результаты расчетов и измерения достаточно хорошо согласуются: измеренные значения токов получились соизмеримые с расчетными. Величина погрешности не превышает 10 %.

Таким образом, данную модель можно использовать для оценки количественных параметров тока через человека в ЭП ПЧ.

Литература:

1. Защита биосферы от воздействия электромагнитных полей: учебное пособие для вузов / Е.С. Колечицкий, В.А. Романов, В.Г. Карташев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

УДК 621.313.2.001.5

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВОЛН

Е.В. СЕРГЕЕНКОВА, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Г.С. ТАМОЯН

Одним из перспективных направлений в развитии нетрадиционной энергетики является использование энергии морских и океанских волн, плотность которой является наибольшей по сравнению с другими видами нетрадиционных возобновляющихся источников энергии (НВИЭ) и достигает 30–70 кВт на единицу ширины волны. Основные проблемы конвертирования энергии волн обусловлены самой природой стихии: нерегулярности амплитуды, фазы и направления движения волн, малой скоростью их вертикального перемещения (< 1 м/с), превышающими их среднее значение в несколько десятков раз во время штормов и ураганов.

Из всех возможных конструкций преобразователей энергии волн, преобразователи с точечными абсорбентами и многополюсными линей-

ными генераторами, благодаря непосредственной связи абсорбента с индуктором генератора. Наличие индуктора с постоянными магнитами позволяет при малой скорости и небольшой амплитуде его вертикального перемещения получить в обмотке статора значительную ЭДС, кардинально упростить конструкцию, увеличить эффективность и надежность работы преобразователя.

Одним из возможных применений магнитоэлектрического линейного генератора небольшой мощности с постоянными магнитами является преобразование энергии волн в электрическую энергию для сигнальных устройств для рек, морей и т. д. При современном уровне развития электроники, при использовании ярких и сверхярких светодиодов и мощных аккумуляторов есть возможность сделать системы очень компактными и практически полностью автономными. Были разработаны наиболее оптимальные конструкции генераторов малой мощности для различных заданных условий (период и амплитуда волны).

УДК 621.924.911

РЕНОВАЦИЯ БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ТРУБ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРИРОДНЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ

А.Ю. СКВОРЦОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, вед. науч. сотр. Р.Н. РАХМАНОВ;
канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Ю.М. СКВОРЦОВ

В нефтегазовом комплексе имеется большое количество труб с невыработанным ресурсом, но выведенных из эксплуатации из-за образования на внутренней поверхности солевых отложений, в том числе загрязненных природными радионуклидами (ПРН) – изотопами радий 226 и радий 228. Количественное содержание ПРН колеблется в широких пределах, в результате чего на оборудовании промыслов возникают различные уровни радиоактивных загрязнений – от незначительного превышения естественного фона до величин, опасных для здоровья персонала. Существующие способы и средства технологического оснащения не позволяют организовать эффективную очистку со снижением уровня радиоактивности продуктов очищения в условиях нефтепромыслов. Поэтому актуальной является задача создания эффективного способа очистки труб от солевых отложений, содержащих природные радионуклиды, непосредственно на производственных объектах нефтегазового комплекса.

В КГТУ им. А.Н. Туполева разработан эффективный термоабразивный метод для очистки труб от солевых отложений, содержащих ПРН, а также созданы аппараты для его реализации. Внедрение данной технологии позволяет решать проблему по выводу из бездействия огромного парка трубопроводов, оздоровить экологическую обстановку. Технология очистки основана на совместном воздействии высокоскоростного потока абразива и высокотемпературной струи продуктов сгорания на очищаемую поверхность.

Аппарат состоит из газогенератора, выполненного по типу жидкостного ракетного двигателя, и эжектора. В качестве горючего используется жидкое углеводородное топливо, а окислителя – воздух. Продукты сгорания разгоняются в сверхзвуковом сопле и используются в эжекторе в качестве рабочего тела. Эжектор служит для транспортировки абразива из бункера и разгона его частиц до высоких скоростей в камере смешения.

Основное отличие аппарата от прототипов заключается в наличии эжектора, что позволяет отказаться от принудительной подачи абразива. Это существенно упрощает технологию применения аппарата, кардинально повышает безопасность технологии. Аппарат используется в составе специального технологического оборудования, закрепляется на штанге и вводится внутрь трубы, трубе придается вращательное движение, а термоабразивному аппарату – поступательное вдоль трубы. Управление работой аппарата и всего технологического процесса автоматизировано и осуществляется оператором дистанционно из специальной кабины. Очистные комплексы могут эксплуатироваться в круглогодичном режиме на открытых площадках непосредственно на производственных объектах нефтегазового комплекса.

Радиационная безопасность на всех этапах работы с трубами, бывшими в эксплуатации, обеспечивается соблюдением требований специальных регламентов. Ремонт или разделка демонтированного оборудования, загрязненного ПРН, производится в специально отведенных местах. Продукты очистки оборудования собираются в металлические контейнеры с крышкой. Все работы по удалению минеральных осадков, содержащих ПРН, проводятся в спецодежде с применением штатных индивидуальных средств защиты. При проведении работ устанавливаются регламентные контрольные уровни дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения. Утилизация побочных продуктов, образующихся при очистке, производится исходя из значения удельной эффективной активности природных радионуклидов в соответствии с требованиями СанПиН.

УДК 628.543

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД НА РЕЖИМ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ОГНЕВОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ

Ю.А. ЧАЩИНА, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. ст. преп. Л.И. МОЛОДЕЖНИКОВА

Основным источником интенсивного загрязнения водоемов являются неочищенные промышленные сточные воды. В проблеме защиты водных ресурсов от загрязнений промышленными сточными водами одной из важных задач является применение наиболее современных методов очистки и обезвреживания оставшихся неиспользованными производственных сточных вод. Особенно затруднительна очистка сточных вод с большим набором и высокой концентрацией органических и минеральных веществ. В этих случаях применяют термические методы обезвреживания, заключающиеся в окислении при повышенной температуре органических примесей сточной воды с образованием нетоксических соединений CO_2 , H_2O , N_2 . Из термических методов обезвреживания сточных вод наиболее надежным, универсальным и эффективным является огневой метод.

Цель данной работы заключалась в разработке установки огневого обезвреживания промышленной сточной воды, содержащей, в отличие от обычных стоков, твердую фракцию.

В процессе работы, исходя из состава сточной воды, осуществлен выбор принципиальной технологической схемы установки огневого обезвреживания (выбрана установка огневого обезвреживания сточных вод без утилизации тепла отходящих газов с мокрой пылеочисткой). Для обеспечения возможности полного превращения токсических органических составляющих при высоких температурах в безвредные продукты полного горения необходима реализация определенных режимных параметров процесса – температурного уровня в рабочей камере, удельной нагрузки объема, уровня турбулентности, дисперсности распыливания сточных вод и т.д. В связи с этим был произведен расчет основного оборудования установки. Помимо основного расчета, описанная ранее математическая модель испарения капли жидкости в циклонном реакторе была решена методом Рунге-Кутты и реализована на ПК в программе PASCAL. Полученные результаты переданы на предприятие.

УДК 664.1

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Я.И. ГАЛИШНИКОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Сахарная промышленность в РТ, как в целом промышленность по России, является одной из наиболее динамичных развивающихся отраслей промышленности, чему в первую очередь способствует неснижающийся спрос на данный вид продукта питания. Внедряются более современные технологии переработки сырья и выпуска продукции, отвечающие современным потребительским требованиям. Однако при этом основной проблемой остается утилизация отходов производства. При среднем выходе сахара 12–13 % свеклосахарное производство дает к массе переработанной свеклы 80–83 % свекловичного жома, 5–5,5 % мелассы, 10–12 % фильтрационного осадка (дефекат). Основным способом утилизации отходов является их размещение на полях фильтрации, отвальные ямы, силосы. В этой связи актуальным становится вопрос утилизации или вторичного использования отходов сахарной промышленности.

В условиях растущих энергозатрат на предприятиях связанных с повышением мощностей и ростом производства, а также внедрением новых перерабатывающих технологий, остро стоит вопрос энергосбережения и рационального природопользования. Инструментом в решении такого вопроса в сахарной промышленности может стать использование биогазовых технологий, которые широко используются в Европе, США, а также в странах Азии. Биогазовая установка является характерным элементом современного, безотходного производства во многих областях сельского хозяйства. Таким образом, за счет собственных отходов покрываются потребности завода в энергоносителях, собственная генерация энергии и тепла, что позволяет не только значительно сократить расходы на энергию, но и повысить эффективность предприятия, получить дополнительную прибыль. В период работы сахарного завода биогазовая установка будет перерабатывать жом, мелассу, а для того чтобы комплекс не простаивал оставшиеся 8–9 месяцев, для производства биогаза можно использовать другие отходы, например свекольную ботву. Биогазовая установка типа Zorg на сахарном заводе может обеспечить выход биогаза с тонны сырья: свекольный жом – 50 м³, меласса – 430 м³, свекольная ботва – 400 м³.

УДК 502.7

ИСТОЧНИКИ ЭВТРОФИКАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ ГОРОДА

А.В. ДЕМИДОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Критически важными элементами ландшафтной структуры современных больших городов являются внутригородские водоёмы (долинные комплексы малых рек, озера) активно осваиваемые и застраиваемые.

Сохранение и поддержание внутригородских водоёмов оказывается весьма сложной природоохранной проблемой. Несмотря на то, что их эвтрофикация (обогащение экосистемы питательными веществами) создает острые экономические и экологические проблемы, поскольку чистая вода необходима практически для всех сфер жизнедеятельности людей, вопросы эвтрофикации внутригородских водоемов и ее мониторинга недостаточно изучены. Вместе с тем, существуют интересные работы, посвященные экологическому мониторингу почв, болот и т.п. До недавнего времени загрязнение воды было относительно локальной проблемой промышленно развитых стран. В настоящее время наиболее распространенным явлением стала эвтрофикация – в основном в виде обогащения внутренних водоемов азотом и фосфором.

В ходе работы проанализированы имеющиеся методики определения степени эвтрофикации водоемов с целью определить их достоинства и недостатки, а также постараться предложить на их основе возможные новые способы экологического мониторинга данного явления, которые позволяли бы оценивать состояние водоёмов более точно и оперативно. Нами проанализированы различные методы биоиндикации, а также гидрохимические методы оценки состояния водоёмов.

Исследование данного вопроса показывает, что на современном этапе выделено несколько причин эвтрофикации как внутри города, так и водоемов: тепловое загрязнение, эрозия почвы и сезонная температурная стратификация. За изменениями, связанными с эвтрофикацией, можно следить биологическими и химическими методами. Такие регулярные наблюдения, т. е. мониторинг, позволяют вовремя принять адекватные меры, предотвращающие катастрофическую деградацию экосистемы.

УДК 628.5

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ МЕТОД ДНОУГЛУБЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ДНА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ОБЪЕКТА ЭНЕРГЕТИКИ

М.Р. ФАХРУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Я. ДЫГАНОВА

Активное развитие эрозионных процессов в прибрежной зоне и гидрографической сети на фоне замедленного водообмена водохранилищ совместно с транзитом наносов приводит к интенсификации процесса заиления и занесения водоема, увеличению мелководных участков и уменьшению его полезного объема. В настоящее время для экологической реабилитации данных водных объектов широкое практическое применение нашли методы гидромеханизации – дноуглубление и очистка дна с помощью земснарядов. При этом традиционные методы дноуглубления связаны с увеличением мутности и ухудшением качества воды, что негативно отражается на нормальном эксплуатационном режиме водозаборных сооружений объекта энергетики и приводит к дополнительным эксплуатационным затратам на водоподготовку.

Традиционные методы дноуглубления и очистки дна земснарядами предполагают предварительное рыхление донных отложений (фрезами, гидромониторами и т.д.), что приводит к значительному увеличению концентрации взвешенных веществ в водной экосистеме. Решением проблемы дноуглубления и очистки дна без взмучивания может являться использование земснарядов с погружными пневматическими камерными насосами с высокой всасывающей способностью. Использование внешнего гидростатического давления столба жидкости при применении пневматических камерных насосов (ПКН) позволяет производить грунтозабор без предварительного рыхления. Мутность воды в зоне грунтозабора при использовании погружных ПКН до 2000 раз ниже, чем при использовании фрезерного земснаряда.

К достоинствам предлагаемого метода можно также отнести получение высококонцентрированной гидросмеси донных отложений при проведении дноуглубительных работ и очистки дна. Объемное содержание твердой фракции гидросмеси донных отложений составляет 60–70 %, а при использовании традиционных методов 10–15 %, что исключает необходимость в предварительном обезвоживании донных грунтов.

УДК 581.526.32:621.311.22

**ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ИНЖЕНЕРНЫХ
РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭС**

Т. ХАССАН, КГЭУ, г. Казань

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

Проблема защиты природных водных объектов от теплового загрязнения возникла в результате использования рек, озер и водохранилищ для охлаждения циркуляционной воды тепловых электростанций. В существующих методах охлаждения тепловых сбросов ТЭС применяют градирные, брызгальные устройства и эжекторные системы технического водоснабжения крупных конденсационных электростанций. Нами разработана программа в среде Delphi для расчета параметров предложенных способов по снижению воздействия тепловых сбросов энерготехнологических установок на качество вод водоемов-охладителей.

Программа выполняет технологический расчет, необходимый при проектировании новых и привязке существующих проектов градирен к местным метеорологическим условиям с учетом требований к температуре охлажденной воды и гидравлическим нагрузкам.

Для расчета брызгальных установок программа вычисляет температуру охлажденной воды в зависимости от режима работы установки. Тепловые расчеты основаны на использовании безразмерного критерия – числа испарения, определяемого экспериментально. Результаты тепловых расчетов используются для технико-экономического обоснования выбора типа и необходимого числа брызгальных установок.

При расчете эжекторных устройств программа вычисляет расход воды, поступающей в камеру смешения, необходимой для снижения температуры сбросной воды до допустимой по санитарным нормам температуры, и диаметр трубы, через которую будет подаваться смешивающая вода. Для этого расчета используются уравнения энергического баланса и баланса массы.

С использованием данной программы можно рассчитать параметры инженерных решений по снижению теплового сброса объектами энергетики и выбрать самые подходящие решения.

УДК 628.1

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ

Т. ХАССАН, КГЭУ, г. Казань

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

С развитием тепловой энергетики возникло большое количество водоемов, предназначенных для охлаждения теплых вод, сбрасываемых электростанциями. Возникает опасность теплового загрязнения водоёма. Предлагается комплексная характеристика озера Средний Кабан г. Казани, используемого в качестве пруда-охладителя ТЭЦ, и рассматривается оценка параметров температурного режима данного озера. Расчеты выполнены для условий наиболее теплого месяца года в районе расположения водоема-охладителя (самого тяжелого периода для работы ТЭЦ).

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что удельная тепловая нагрузка водоема-охладителя составляет $100,4 \text{ Вт/м}^2$. Удельная активная площадь водоема равна $3,6 \text{ сут./м}$. Параметр стратификации $P < 0,3$, т. е. в водоеме формируется двухслойная температурная стратификация с толщиной верхнего слоя $2,8 \text{ м}$ и нижнего слоя $4,3 \text{ м}$, которая является наиболее выгодной термической структурой водоема-охладителя. Перегрев на водозаборе равен $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура охлажденной циркуляционной воды на водозаборе ТЭЦ составляет $22,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды на водовыпуске ТЭЦ равна $32,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Средняя по свободной поверхности (среднеповерхностная) температура водоема-охладителя составляет $24,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Согласно регламенту условий спуска сточных вод в водоёмы температура воды в водоемах летом при сбросе в них подогретых вод не должна превышать более чем на $3 \text{ }^\circ\text{C}$ среднемесячную температуру самого жаркого месяца. По данным Татарского центра по гидрометеорологии самым теплым месяцем является июль, средняя температура которого равна $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Следовательно, перегрев воды на водозаборе ТЭЦ отсутствует, но среднеповерхностная температура озера превышает перегрев, разрешенный правилами, на $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

С целью обеспечения эффективного охлаждения циркуляционной воды в водоеме-охладителе, предложено применение фильтрующей струераспределительной дамбы длиной 105 м , что обеспечивает равномерность распределения скоростей воды по всему водовыпускному фронту (с небольшим перемешиванием).

УДК 628.3

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Н.В. ЮМАНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Р.Я. ДЫГАНОВА

При решении проблемы очистки промышленных сточных вод и достижении эффективных результатов возникает задача поиска и выбора того или иного сорбционного или фильтрующего материала.

В ходе анализа научной литературы автором выделен наиболее рациональный путь решения данной проблемы, который заключается в качественном подборе сорбентов, эффективность которых обуславливается рядом параметров или физико-механических показателей: насыпная плотность, пористость, механическая и химическая прочность, сорбционная емкость, избирательность, стоимость, доступность, кинетика уплотнения.

В результате сравнения показателей сорбционной емкости активированного угля и цеолитов по отношению к ионам тяжелых металлов установлено, что сорбционная емкость активированного угля (100–120 мг/г) превышает на порядок сорбционную емкость цеолитов (40–50 мг/г), т. е. имея более развитую поверхность зерен, вероятно, загрузка с активированным углем окажется наиболее эффективной. Оценивая коэффициент формы зерна горелых пород и кварцевого песка по отношению к ионам тяжелых металлов, выявлено, что коэффициент формы зерна горелых пород (2,1) превышает тот же показатель для кварцевого песка (1,14), т. е. более высокое значение данного коэффициента способствует лучшему контакту содержащихся в очищаемой воде частиц с поверхностью фильтрующего материала и, следовательно, повышению качества фильтрата.

Таким образом, для предварительного выбора сорбционного материала достаточно руководствоваться его физико-механическими свойствами, которые, как указано выше, влияют на качество загрузки и получаемого фильтрата. Окончательный выбор сорбента необходимо проводить после технологических исследований параметров эффективного фильтрования в лабораторных и опытно-промышленных условиях.

Необходимо отметить, что в практике очистки сточных вод выбор фильтрующего материала зачастую проводится сравнением показателей пористости и коэффициентов формы зерна.

УДК 621.187

**ВОДОПОДГОТОВКА НА ТЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕМБРАННЫХ МЕТОДОВ НА ПРИМЕРЕ
ОАО «ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ» ЗАИНСКАЯ ГРЭС**

О.Л. АНТОНОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В систему водоподготовительной установки (ВПУ) на предприятии Заинская ГРЭС входят: фильтры для подготовки обессоленной воды для котлов; декарбонизаторы, мерники, ячейки соли. Существующая на ЗГРЭС система ВПУ морально устарела. При такой схеме ВПУ расходуется большое количество химреагентов, а именно: расход кислоты – 840 т/год; расход щелочи – 450 т/год; расход извести на нейтрализацию стоков – 180 т/год; потребность в фильтрующих материалах составляет: при загрузке СУ – 3,1 т/год, КУ-2 – 1,8 т/год, антрацит – 21,6 м³/год.

При выборе новой схемы ВПУ нами были рассмотрены методы очистки воды с применением мембранных технологий – микрофильтрация, ультрафильтрация и обратный осмос, являющиеся по сравнению с существующими методами водоподготовки более ресурсосберегающими. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что наиболее оптимальным методом водоподготовки является внедрение ультрафильтрации (УФ). УФ мембраны обеспечивают более тонкую очистку воды от взвешенных и коллоидных веществ, чем скорые фильтры, и обеспечивают нормальную работу обратно осмотических мембран.

Использование мембран позволит: значительно снизить потребление химических реагентов на обессоливающую установку, в результате чего экономия составит около 3 млн руб./год; уменьшить количество агрессивных стоков – экономия составит около 0,35 млн руб./год; снизить потребность в фильтрующих материалах с выводом из эксплуатации фильтров с трубопроводами обвязки и арматурой – экономия составит около 1,2 млн руб./год. Итого годовая экономия составит 18,35 млн руб. Переход на мембранные технологии очистки воды позволит предотвратить образование 30 тыс. м³ загрязненных сточных вод в условиях Заинской ГРЭС.

Выбор мембранных технологий для подготовки котловой питательной воды на ТЭС – это первый шаг на пути создания экологически безопасного, экономически эффективного современного предприятия.

УДК 621.311.04

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОАО «КАЗАНСКИЙ ВЕРТОЛЕТНЫЙ ЗАВОД»

Е.С. ЕГОРОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, доц. Э.Р. БАРИЕВА

На сегодняшний день проблема охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения промышленными и бытовыми стоками является одной из важнейших государственных задач. В данной работе рассматривается система очистки сточных вод на ОАО «Казанский вертолетный завод». Каждый вид стока собирается и обрабатывается отдельно. После обезвреживания сточной воды в ваннах нейтрализаторах, она поступает в вертикальный отстойник. Осветленная жидкость далее поступает в городскую канализацию. А выпавший в отстойнике осадок направляется в илоуплотнитель. Далее осадок подается в барабанный вакуум-фильтр. После чего вывозится на спец. площадку, согласованную с СЭС. Рассмотренная выше технология очистки сточных вод имеет ряд недостатков, которые необходимо устранить.

Электрокоагуляция в сочетании с электродиализом позволяет достичь не только полного обессоливания, но и улучшения условий работы электродиализатора за счет уменьшения осадкообразования на мембранах. Было предложено внедрение электрокоагулятора и электродиализатора. И теперь технологическая схема имеет другой вид. Сначала происходит накопление, усреднение и подготовка сточных вод. Далее в электрокоагуляторе проводится под действием выпрямленного электрического тока восстановление шестивалентного хрома, образуются гидроокиси металлов. Потом проводится разделение суспензии на жидкую и твердую фазы в вертикальном отстойнике. Далее идет полное кондиционирование воды на электродиализной установке. После вода подается в цех гальванопокрытий на технологические нужды этого цеха. В последнем блоке проводится обезвоживание осадка. Выбран безнапорный электрокоагулятор, позволяющий варьировать напряженность электрического поля в довольно широких пределах, и многокамерный электродиализатор для обеспечения более высокой производительности процесса.

УДК. 551.5

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ САБИНСКОГО ФИЛИАЛА «ТАТАВТОДОР»

Д.Г. НИГЕМАТЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. асс. В.В. КИСЕЛЕВ

В настоящее время известно несколько сотен различных конструкций аппаратов для очистки газов от пыли. Несмотря на многообразие, все они являются вариантами аппаратного оформления, где использованы немногие основные принципы осаждения или задержания взвешенной фазы. Естественными движущими силами процесса осаждения пылевых частиц в потоке являются силы тяжести и диффузии.

Выбор механизма осаждения зависит от размеров пылевых частиц, скорости газового потока и других факторов. В зависимости от природы сил, используемых в пылеулавливающих аппаратах для отделения частиц пыли от газового потока, их подразделяют на несколько групп: скрубберы «Вентури», циклоны, аппараты мокрой очистки газов, пористые фильтры, электрические фильтры.

В данном проекте рассматривалась система очистки выбросов в атмосферу на АБЗ на предприятии Сабинского филиала ОАО «Татавтодор». В ходе проделанной работы рассматривались методы работ пылегазоочистных сооружений. В результате чего пришли к выводу, что наиболее эффективнее использовать циклон. Эффективность очистки данного аппарата составляет 98 %. Расчеты показали, что срок окупаемости данного оборудования 2 года.

В результате работ по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от источников Сабинского филиала ОАО «Татавтодор» установлено, что в настоящее время в атмосферу поступает 61,9032 тонн в год загрязняющих веществ.

В целях защиты окружающей среды работа промышленности должна быть организована так, чтобы образующиеся отходы превращались в новые продукты. Охрана природы требует, чтобы производство совершенствовалось, а отходы утилизировались; все процессы создавались на основе малоотходной и безотходной технологии. Применение малоотходной и безотходной технологии позволит не только решить проблему защиты окружающей среды, но одновременно обеспечит высокую экономическую эффективность производства.

УДК 663.5

УТИЛИЗАЦИЯ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

А.М. САБИРОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Спиртовая барда – основной отход производства этилового спирта. В связи с принятием ФЗ № 102 от 01.01.09, предусматривающего полную переработку послеспиртовой барды, проблема утилизации спиртовой барды очень актуальна. В основном предприятия отдают послеспиртовую барду на корм животным. Перевозить непереработанную барду невыгодно: большое содержание жидкости и довольно низкое содержание ценных веществ делает транспортировку этих отходов нерентабельной.

Технологические схемы переработки барды можно условно разделить на четыре основных типа: схемы с выпарными станциями для получения сухого вещества, схемы с микробиологической переработкой жидкой фазы для получения кормовых дрожжей, схемы с метантенками для получения биогаза, комбинированные схемы.

Технология переработки барды на биогаз основана на анаэробном брожении (брожении без доступа кислорода). Барда подается в специальные емкости, в которые вводятся анаэробные бактерии. Бактерии, перерабатывая содержащиеся в барде питательные вещества, выделяют биогаз.

Биогаз может утилизироваться в заводских котельных, а выпадающий осадок может быть использован в качестве добавки к удобрениям.

Получаемый биогаз плотностью $1,2 \text{ кг/м}^3$ (0,93 плотности воздуха) имеет следующий состав (%): метан – 65, диоксид углерода – 34, сопутствующие газы – до 1 (в том числе сероводород – до 0,1). Содержание метана может меняться в зависимости от состава субстрата и технологии в пределах 55–75 %. Содержание воды в биогазе при $40 \text{ }^\circ\text{C}$ около 50 г/м^3 ; при охлаждении биогаза она конденсируется, и необходимо принять меры к удалению конденсата (осушка газа, прокладка труб с нужным уклоном и пр.). Энергоемкость получаемого газа – 23 мДж/м^3 , или 5500 ккал/м^3 . Достоинством данного метода переработки являются относительно низкие эксплуатационные затраты, энергосбережение.

УДК 66.067.1

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ШЛАМОВЫХ ВОД ХВО И УТИЛИЗАЦИЯ ШЛАМА НА ТЭЦ

К.С. САЛМИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Многие объекты теплоэнергетики в своей деятельности сталкиваются с такими проблемами, как утилизация шламов, образующихся в результате предварительной очистки потребляемой воды. На сегодняшний день это очень актуальная проблема, так как за размещение отходов производства предприятия платят немалые денежные средства. В настоящее время на многих ТЭЦ шламовые воды от всех цехов ХВО сбрасываются в шламоотвал, где происходит накопление шлама. Существующая схема накопления шлама устарела и требует больших финансовых затрат по его очистке и размещению шлама после очистки.

Решением этой проблемы в данном случае может стать внедрение ленточного фильтр-пресса для эффективного применения технологии сгущения шлама. В результате внедрения фильтр-пресса осадок будет иметь 72–73 % влажности, что сделает его пригодным для транспортировки и дальнейшей утилизации.

Вместе с тем существуют способы эффективного и полезного применения шлама ХВО, например, для известкования кислых почв. Фазовый состав шлама ХВО представлен, в основном, карбонатами кальция (73 %) и магния (14,7 %). Достаточно высокое содержание кальция в отходах водоподготовки позволяет использовать их в качестве минеральных удобрений для известкования кислых почв. Следующим способом утилизации шлама ХВО является возможность использования его при производстве строительных материалов и изделий в качестве:

- добавки к минеральному порошку для асфальтобетонных смесей в количестве до 10 %;
- добавок в количестве 2–8 % в составах керамзитового гравия;
- заполнителя и объемного красителя в составах стеновых материалов (кирпича) полусухого прессования.

Таким образом, применение на ТЭЦ технологии обезвоживания шлама на ленточном фильтр-прессе позволит предприятию:

- значительно снизить плату за размещение шлама ХВО;
- упростить транспортировку и утилизацию осадка;
- повторно использовать образующуюся в процессе обезвоживания воду.

УДК 628.316.12:665

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ООО «БАВЛИНСКОЕ УТТ»

А.Ю. ПОДАВАЛОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. асс. В.В. КИСЕЛЕВ

В настоящее время защита окружающей среды от нефтесодержащих сточных вод – одна из основных задач. Наиболее широко распространенными загрязнителями сточных вод являются нефтепродукты – неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей.

В работе рассматривается установка, которая является техническим средством охраны окружающей среды, а именно сооружением очистки сточных вод для организации технического водооборота с целью экономии пресной природной воды; последняя необходима в объеме около 5 % для периодической подпитки или используется для подпитки очищенная вода поверхностного стока. Установка по конструкции и технологии решена с максимальными условиями безотходности и минимальным воздействием на окружающую среду. Конструкция установки реализует поактно-совмещенную технологию очистки сточных вод в центробежно-гравитационном поле с гидродинамическим воздействием на структуру загрязнений для улучшения условий последующей коалесценции. В установке предусмотрен принцип разделения сточной воды на два потока и индивидуальной очистки их от механических примесей и нефтепродуктов.

Установка предназначена для очистки сточных вод второго вида (суспензионно-эмульсионного) от механических примесей, агрегатированной взвеси нефтепродуктов, образующихся при мойке автомобилей и транспортной техники, а также стоков других предприятий и производств, сточные воды которых подобны по составу данным и требуют аналогичной очистки.

По данной работе данного предприятия был проведен анализ, который показал что данное исследуемое предприятие ООО «Бавлинское УТТ» использует в своей практике современные технологии по очистке сточных вод на автомойке. Опыты свидетельствуют о том, что эксплуатация данной установки У.БГО.05.00.000, это эффективность очистки воды от нефтепродуктов и других примесей на 99 %, что соответствует получаемой на начальном этапе очистки воды.

УДК 628(07)

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ СПИРТЗАВОДА

Э.В. ХАДЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Необходимость применения технологий очистки поверхностных сточных вод обуславливается экологическим фактором. Нефтепродукты и взвешенные вещества, которые могут содержаться в большом количестве в сточных водах, оказывают неблагоприятное воздействие на качественный состав водных ресурсов.

Снижения отрицательного воздействия спиртзавода на водные объекты можно достичь мероприятиями, направленными на уменьшение концентраций взвешенных веществ и нефтепродуктов до Норм сброса в водоем рыбохозяйственного назначения.

Для нормализации качественного состава стоков предлагается внедрить очистные сооружения серии НМУ, предназначенные для очистки поверхностных сточных вод от механических примесей, агрегатированной взвеси и нефтепродуктов.

Очистные сооружения предполагают ряд механических процедур по фильтрации дождевых и талых вод. В блоке очистных сооружений реализована четырехступенчатая технология очистки. Блок включает в себя: корпус прямоугольной формы, фильтры с плавающей синтетической загрузкой, полочный модуль тонкослойного отстаивания, коалесцирующие нитчатые фильтры, многослойные фильтрпатроны.

Очистные сооружения работают в автоматическом самотечном режиме и не требуют постоянного обслуживающего персонала и надзора.

Преимуществами данных очистных сооружений перед известными аналогами являются: относительно небольшие размеры, полная заводская готовность, блочно-модульное исполнение; достаточно тонкая, эффективная очистка для подобных установок, высокая степень надежности.

Также применение очистных сооружений серии НМУ позволяет внедрить в спиртзаводе оборотное производственное техническое водоснабжение.

Таким образом, внедрение очистных сооружений поверхностных сточных вод позволяет улучшить качество сточных вод, что дает значительный экологический и экономический эффект.

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

УДК 621.792.05:544.722

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ОТ СОСТАВА ПОКРЫТИЯ

Ю.Н. ЕРШОВА, Зеленодольский институт машиностроения
и информационных технологий КГТУ им. А.Н. Туполева,
г. Зеленодольск

С практической точки зрения при использовании полимеров в качестве клеев, лакокрасочных покрытий или матрицы для полимерных композиционных материалов важна не работа адгезии, а механическая прочность связи полимера с другой поверхностью – адгезионная прочность. Поэтому подавляющее большинство теоретических и экспериментальных работ в области адгезии направлено на повышение адгезионной прочности. Были проведены исследования зависимости адгезионной прочности от содержания СЭВА 4 марок в смесях ПЭВД-153 + СЭВА-111 (113, 115, 118). Перед началом эксперимента были исследованы различные рецептуры грунтовок на предмет их адгезии к металлу: рецептура 1: ЭД-20(100 м.ч.) + ПЭПА (12 м.ч.); рецептура 2: (ЭД-20 + ПЭПА) –70 % + ацетон – 30 %; рецептура 3: грунтовка модифицированная (100 м.ч.) + отвердитель ПЭПА + АФ-2 (7 м.ч.); рецептура 4: Новатэк-полимер [компонент А (грунтовка) – 100 м.ч. + компонент Б (отвердитель) – 40 м.ч.]; рецептура 5: Праймер-205 (компонент № 1 – 100 м.ч. + компонент № 2 – 45 м.ч.); рецептура 6: грунтовка (100 м.ч.) + отвердитель ПЭПА (7,5 м.ч.). В результате был выбран праймер Новатэк-полимер, так как обнаружил лучшую адгезию к металлу. Кроме того, были сравнены 2 способа отверждения эпоксидного покрытия: холодный (при комнатной температуре в течение суток) и горячий (в печи при температуре 100 °С в течение 1 ч.). Как более эффективный был выбран холодный способ. Также была исследована адгезионная связь чистого ПЭВД-153 с праймером Новатэк-полимер. Выяснили, что чистый полиэтилен не образует адгезионного соединения с грунтовкой в широком диапазоне температур (до 220 °С) и времени формирования адгезионного соединения (от 5 мин до 1 ч. 40 мин). Зависимости получены с 10 %-ным интервалом. Наблюдается схожая тенденция: с повышением содержания СЭВА

в смеси адгезионная прочность повышается. Кроме того, исследован характер отрыва пластинки, спрессованной из изучаемых смесей, от оксидного покрытия, которым загрунтована стальная пластинка. Во многих случаях при содержании СЭВА в смеси до 30 % наблюдается адгезионный характер разрыва, до 60 % – смешанный, после – когезионный.

УДК 54.057, 620.187, 542.86

ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА В УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

С.М. ХАНТИМЕРОВ, КГЭУ, КФТИ КазНЦ РАН, Ю.А. САХРАТОВ,
КГЭУ, г. Казань

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

Фундаментальная проблема водородной энергетики связана с созданием эффективных систем для хранения водорода. Одним из способов решения этой проблемы является хранение водорода в адсорбированном состоянии углеродными нанотрубками (УНТ), которые химически стабильны, имеют большую площадь поверхности и незначительную массу. Кроме того, углеродные наноматериалы обладают внутренними полостями, которые при определенных условиях могут быть заполнены водородом.

Большинство экспериментов по заполнению углеродных наноструктур водородом проводится при высоких давлениях газа. Альтернативный путь заполнения углеродных наноструктур связан с использованием электрохимических процессов.

В данной работе представлены результаты исследований взаимодействия водорода с многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ) в процессе их электролитического наводороживания в водном растворе серной кислоты. Для проведения исследований были синтезированы МУНТ как в КГЭУ на установке по синтезу УНТ CVDompa, так и в КФТИ. Для изучения полученных образцов использовалась просвечивающая электронная микроскопия и метод ядерного магнитного резонанса.

Результаты работ могут применяться в различных областях, таких как водородная энергетика, технология топливных элементов и в системах для хранения водорода.

УДК 544.032.4; 621.315.22

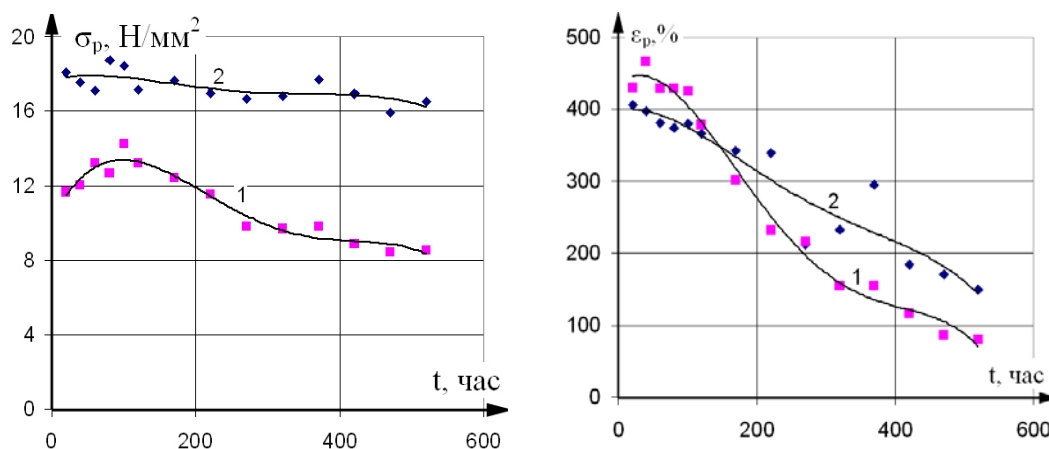
ВЛИЯНИЕ ТИПА АНТИОКСИДАНТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАБЕЛЬНЫХ ПВХ ПЛАСТИКАТОВ ПРИ ТЕПЛОМ СТАРЕНИИ

Н.А. ИВАНОВА, О.А. АНИСИМОВА, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.С. КИМ

Тепловое старение является наиболее частой причиной ухудшения эксплуатационных свойств кабельных изделий на низкое и среднее напряжение. Интенсивность процессов старения в значительной степени определяется составом полимерной композиции.

Нами были проведены измерения прочности σ_p и относительного удлинения при разрыве ε_p по ГОСТ 25018 материала оболочки, выполненной из ПВХ пластиката марки О-40, кабелей марок КВБбШв и АКВБбШв. Для этих образцов кабелей пластикат О-40 был получен от разных производителей, может отличаться по составу.



Зависимости прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве ε_p от времени старения t кабелей марки: 1 – КВБбШв; 2 – АКВБбШв

Методом высокоэффективной обращено-фазовой жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) определен тип антиоксидантов, входящих в состав пластикатов. Для оболочки кабеля марки АКВБбШв обнаружены два антиоксиданта фенольного типа, а в оболочке кабеля марки КВБбШв только этиленоксид.

Для кабеля АКВБбШв σ_p материала оболочки изначально на 20 % больше, чем у оболочки кабеля КВБбШв. Во время старения σ_p уменьшается медленнее, по сравнению с кабелем КВБбШв. Относительное удлинение при разрыве ε_p оболочки кабеля АКВБбШв также снижается, но на 30 %

медленнее чем для кабеля КВБбШв. Как видно из полученных результатов, тип используемых в ПВХ пластикате антиоксидантов оказывает влияние, как на механические свойства, так и на процесс старения пластика.

УДК 532.783

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Р.Н. МОКРУШИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. М.Д. РИЗАЕВА

В обычных кристаллах с трехмерной периодичностью структуры по всему объему частицы закреплены в узлах решетки и могут совершать лишь колебательные движения. В жидкостях вокруг каждой молекулы соседи расположены более или менее упорядоченно, между ними возникают вандерваальсовы взаимодействия, которые удерживают молекулы около друг друга. В отличие от жидкостей и кристаллов, некоторые вещества в жидком состоянии обладают высокой степенью упорядоченности. Как правило, это вещества (жидкие кристаллы), молекулы которых имеют удлиненную форму. В них, при определенных условиях, частицы размещены в более или менее правильно расположенных параллельных плоскостях, когда удлиненные оси молекул ориентированы в некотором направлении (слоистое расположение), но в пределах плоскости их движение беспорядочно. Известно около 3000 веществ подобного типа. Жидкие кристаллы образуются при растворении в воде ацетата холестерина, олеатов калия и аммония, этилового эфира, различных липидов. Примерами жидких кристаллов являются азосоединения, производные коричной кислоты, азолинины, стероиды и некоторые коллоидные ПАВ. Жидкие кристаллы обладают текучестью и имеют дальний порядок, т. е. упорядоченность по всему объему. Они приобретают свойства и жидкостей и кристаллических тел. Структура жидких кристаллов изменяется под влиянием внешних воздействий, в том числе электрических и магнитных полей, происходит переориентация молекул и образцы приобретают способность к рассеянию света. Эта способность позволила применять их для формирования изображения на дисплеях систем обработки информации, для изготовления микрокалькуляторов, измерительных приборов, циферблатов часов, телевизоров, в медицине и биологии. Оболочка нервов, состоящая из слоев липидных и белковых молекул, имеет структуру жидкого кристалла в состоянии размещения в параллельных плоскостях. Аналогично построены структурные формы, образующие клетку. Они построены из мембран с чередованием в

них белковых молекул и различных липидов. Высокая подвижность структур обнаружена в действии мышечных волокон, имеющих жидкокристаллическое строение.

УДК 621.315

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ С ВОЗДУШНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ

О.А. ЛЕОНОВ, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. МЕРКУЛОВ

Известно, что в твердых диэлектриках, содержащих воздушные включения, при воздействии приложенного напряжения возникают частичные разряды (ЧР), которые оказывают значительное влияние на процесс электрического старения изоляции. Одной из важных характеристик частичных разрядов (ХЧР) является интенсивность ЧР ($n_{\text{чр}}$). Согласно [1] интенсивность ЧР может быть рассчитана, если известно напряжение возникновения ЧР и напряжение погасания ЧР. Если напряжение возникновения ЧР можно определить экспериментально как напряжение начала ионизации ($U_{\text{ни}}$), то напряжение погасания ЧР ($U_{\text{пог}}$) определить достаточно сложно, учитывая, что в реальной изоляции может иметь место сразу несколько воздушных включений разного размера. Согласно [1] величина напряжения погасания ЧР при размерах воздушных включений, пределах нескольких десятков микрон может составлять $(0,1-0,9)U_{\text{ни}}$. Исходя из этого при известном значении $n_{\text{чр}}$, можно расчетным путем оценить значение $U_{\text{пог}}$ при условии, когда рассчитанное и экспериментально найденное значения $n_{\text{чр}}$ близки друг к другу или совпадают. Знание величины $U_{\text{пог}}$ представляет практический интерес при выборе рабочей напряженности электрического поля в конструкции.

Учитывая это, в работе проводилось исследование ХЧР в зависимости от величины приложенного напряжения на модельных образцах, в которых создавались воздушные включения различных размеров. Проведенные исследования и расчеты согласно [1] показали, что, действительно, при известном значении $n_{\text{чр}}$ на модельных образцах можно оценить расчетным путем напряжение погасание разряда.

Литература:

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-е, 1979.

УДК 661.669.621

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А.А. НИГМЕТЗЯНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Х.В. ГИБАДУЛЛИНА

Получение новых материалов путем целенаправленного изменения свойств известных соединений – давнее стремление химиков. Возможным способом влияния на свойства неорганических соединений является изменение их состава и кристаллической структуры.

Сверхпроводники на основе сложных оксидов меди созданы методом кристаллохимического дизайна. В этом случае кристаллическая структура соединения с необходимыми свойствами конструируется из подходящих друг другу по размерам блоков различного состава. Известно большое число соединений, проявляющих эффект сверхпроводимости при различных температурах – от близких к абсолютному нулю до 164 К.

В настоящее время сложные оксиды меди имеют рекордные значения критической температуры. Основным структурным элементом сверхпроводящих оксидов, ответственным за это свойство, выступает медь-кислородный слой состава (CuO_2).

Путем «сращивания» близких по строению соединений $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ и $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ учеными МГУ синтезирован блочный сверхпроводник $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{14+\delta}$. Гибридное соединение проявляет свойства, характерные для исходных веществ: сверхпроводимость и возможность варьирования температуры сверхпроводимости посредством изменения кислородной стехиометрии в широком интервале. Структура данного соединения состоит из двух нейтральных блоков. Возможен синтез структур, состоящих из заряженных блоков. Необходимое условие сочетания различных блоков – химическая совместимость элементов, то есть отсутствие сильных окислителей и восстановителей одновременно.

Отметим, что подобный подход аналогичен синтезу органических молекул. Однако блочные сверхпроводники следует рассматривать как двумерные бесконечные слои, объединенные в структурные блоки, а не изолированные группы атомов, например, в структурах предельных углеводородов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

УДК 621.313.04

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМЫ МЕЖВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

И.Н. ШУЛИКИН, С.С. МАРЬИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.П. ПОХОЛКОВ

В основе предлагаемого метода определения долговечности электрической изоляции низковольтных электрических машин лежит идея о взаимосвязи трещинообразования и электрической прочности полимерных структур, являющихся материалом электрической изоляции. Другими словами, электрическая прочность материала определяется его механической прочностью. В работе выполнены эксперименты, свидетельствующие о том, что напряжение пробоя макетов изоляционной системы электрических машин уменьшается с ростом числа механических дефектов, искусственно созданных в изоляции эмальпроводов. Следовательно, избыточные трещины в диэлектрике являются причиной потери материалом изоляционных свойств. Поэтому идеология разработки метода оценки долговечности изоляционных систем низковольтных электрических машин может быть построена с использованием современной теории механической прочности полимеров, какой является термофлуктуационная теория Журкова, в этом случае формула для расчета долговечности межвитковой изоляции электрической машины имеет вид

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_{\text{ср}} - \gamma\sigma}{kT}\right), \quad (1)$$

где τ_0 – период колебания атомов ($\approx 10^{-13}$ с); γ – структурно-чувствительный коэффициент; σ – напряжения, действующие на материал; k – постоянная Больцмана; $U_{\text{ср}}$ – средняя энергия мономерного звена (характеристика определяет усредненную величину процесса разрыва химической связи в веществе); T – температура окружающей среды.

После расчета величины τ можно найти вероятность безотказной работы (ВБР) системы межвитковой изоляции низковольтной электрической машины по выражению

$$\text{ВБР} = 1 - \frac{\tau_{\text{ст}}}{\tau}, \quad (2)$$

где $\tau_{\text{ст}}$ – время старения витковой изоляции.

В результате по описанной методике был произведен расчет ВБР межвитковой изоляции конструкции провод ПЭТВ, пропиточный состав

МЛ-92, и ПЭТ-155, пропиточный состав КО-916К. Расхождение результатов, примерно, 7 %. Расхождение значений результатов расчета ВБР объясняется тем, что в расчете по предлагаемой методике не учитывается взаимодействие между пропиточным составом и эмалевой изоляцией.

УДК 541.6

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.Н. МОРАДИМОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. П.Б. ШИБАЕВ

На сегодняшний день монокристаллы получили очень широкое применение, в частности и в энергетике. Монокристаллы ценны как материал, обладающий особыми физическими свойствами. Они способны менять свои свойства под влиянием внешних воздействий (света, механических напряжений, электрических и магнитного полей, радиации, температуры, давления). Поэтому изделия и элементы, изготовленные из монокристалла, применяются в качестве различных преобразователей в радиоэлектронике, квантовой электронике, акустике, вычислительной технике и др. В «сердце» каждого телевизора, каждого мрЗ-плеера, каждого сотового телефона, компьютера находится монокристалл: подложка из кремния с нанесенной на нее микросхемой. В любом из этих приборов есть и другой монокристалл – кварцевый, который отсчитывает время и фильтрует электрический сигнал. Особый монокристалл – искусственный алмаз. Алмазные инструменты используются для обработки деталей из самых твердых материалов, для бурения скважин при разведке и добыче полезных ископаемых, служат опорными камнями в хронометрах высшего класса для морских судов и других, особо точных приборах. Уже несколько лет турбинные лопатки изготавливают из так называемой монокристаллической стали, состоящей из параллельно ориентированных кристаллов. Это дает перспективное развитие энергетике.

Монокристаллы металлов и материалы с длинными участками высокоориентированных кристаллов также нашли широкое применение при производстве деталей, подвергающихся большим нагрузкам. Бурно развивающаяся лазерная техника также не в последнюю очередь нуждается в современных монокристаллах. Для работы при высоких температурах широко применяются тугоплавкие металлы, например молибден и вольфрам.

Монокристаллы вольфрама и молибдена, полученные при помощи зонной плавки, используются для изготовления турбин, атомных силовых установок, сопел реактивных и прямоточных воздушно-реактивных двигателей, обшивок головных частей ракет, ионных двигателей и во многих других устройствах и механизмах. Поликристаллические вольфрам и молибден применяются для изготовления анодов, катодов, нитей накаливания в лампах, высокотемпературных электрических печей. В то же время многие ценные свойства были найдены только у синтетических кристаллов. Исходное вещество для выращивания монокристаллов может быть в твёрдом (в частности, в порошкообразном), жидком (расплавы и растворы) и газообразном состояниях.

Наиболее распространёнными способами искусственного выращивания монокристаллов являются кристаллизация из раствора и из расплава. В первом случае кристаллы растут из насыщенного раствора при медленном испарении растворителя или при медленном понижении температуры.

Метод Чохральского применяется при выращивании монокристаллов иттриево-алюминиевого граната, ниобата лития и полупроводниковых монокристаллов. Этот метод является самым распространённым при выращивании кремния. Метод Стокбаргера широко используется в промышленном производстве крупных монокристаллов флюорита, фтористого лития, сернистого кадмия и др.

Преимуществами метода Вернейля является отсутствие флюсов и дорогостоящих материалов тиглей; отсутствие необходимости точного контроля температуры; возможность контроля за ростом монокристалла.

Метод кристаллизации из газовой фазы широко используется для получения монокристалльных плёнок и микрокристаллов для интегральных схем и других целей.

С помощью очень тонких методов выращивания сегодня стало возможным получать монокристаллы самых разнообразных веществ. Они почти совершенны и больше не содержат двух и одномерных неупорядоченностей. Они являются почти точной моделью идеального твёрдого тела и выполняют собственные задачи, прежде всего, служат для исследования свойств твёрдых тел без помех со стороны различных дефектов в кристаллической решетке. К сожалению, в нашей стране потребность в монокристаллах после развала сектора высоких технологий невелика, а на внешнем рынке сильно давление китайских коллег. Однако в будущей перспективе все изменится, так как все большее внимание уделяется новым технологиям и их разработкам.

УДК 544.08

НОВЫЙ САМОРЕГЕНЕРИРУЮЩИЙСЯ ФИЛЬТР ДЛЯ ЦИКЛОНА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙСЯ В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

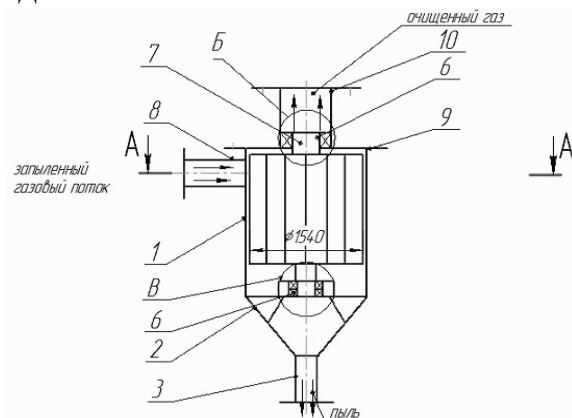
Р.Р. ИБРАГИМОВ, КГТУ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук О.Г. ЧУДАКОВА

Причиной возникновения заболеваний у людей наиболее часто бывает промышленная пыль, характер которой зависит от ее состава. Чем мельче пылевые частицы, тем дольше они находятся во взвешенном состоянии, проникая в мельчайшие поры кожи, бронхи и альвеолы. В зависимости от вида вдыхаемой пыли различают многие виды пневмокониозов. Мельчайшие частицы пыли могут быть настолько малы, что визуально их не замечают, и нахождение пыли в воздушном пространстве могут показать только приборы, которые подтвердят необходимость своевременного устранения пыли из производственного цеха.

В ранних работах были определены размеры частиц пыли; цель данной работы заключается в правильном выборе аппарата для специфического производства, такого как на мукомольном производстве ООО «Лаишевский ПищекOMBинат».

Внедренный саморегенерирующий фильтр-циклон относится к сухому методу очистки, являющийся наиболее оптимальным для данного вида производства. Осуществленный расчет такого аппарата показывает его высокую производительность для мукомольного цеха, а также экономичность и самокупаемость. Фильтр в циклоне расположен звездообразно, для максимальной площади через который пропускается загрязненный воздух. Расчет частиц пыли дал возможность подбора оптимального материала для фильтра, используемого в мукомольном производстве. Предложенный прибор для контроля состояния воздуха цеха – пылемер и газогидродинамический датчик.



Боковой разрез циклона с саморегенерирующимся фильтром

УДК 541.6

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ ПОЛИМЕРЫ

М.М. КАШАПОВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. асс. А.Е. БУНТИН

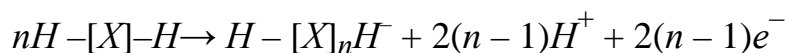
Использование органических полимеров в качестве проводников электрического тока нам позволило после ряда достижений ученых в области химии. Американским исследователям Алану Хигеру и Алану Мак-Диармиду и японскому химику Хидеки Сиракаве в 2000 году была присуждена нобелевская премия по химии за «открытие и развитие области электропроводящих полимеров». А в 2003 году удостоен нобелевской премии российский ученый Гинзбург за разработку теории проводимости в полимерах. Открытие Хигером, Мак-Диармидом и Сиракавой высокой электропроводности модифицированных полимеров оказало исключительное влияние на науку о полимерах, положило начало исследованиям «синтетических металлов» и послужило основой для получения целого ряда новых материалов, пленок и волокон, которые могут проводить электрический ток. Проводящие полимерные материалы стали применяться в качестве ингибиторов коррозии, антистатических покрытий, защитных экранов от электромагнитного излучения, а также служить для создания источников тока и оптических окон с регулируемой областью прозрачности.

Основной отличительной особенностью структуры металлов от полимеров является отсутствие молекул в металлах. Известно, что полимерные вещества не проводят электрический ток, в связи с отсутствием свободных электронов. Электропроводящие полимеры сочетают в себе механические свойства пластмассы и высокую электропроводность металлов, обусловленную наличием «Электронного облака». При помощи специальных методов органического синтеза, одним из которых является дегидрирование, данные свойства можно достаточно точно отрегулировать. Перспективным направлением использования электропроводящих полимеров явилась миниатюризация в микроэлектронике с использованием в электронных твердотельных схемах компонентов нужной конфигурации с размерами молекулярного уровня, использование полимеров в конденсаторах, элементах памяти компьютеров, фотопреобразователях.

В традиционных полимерах валентные электроны связаны ковалентной связью типа sp^3 -гибридизации. Такие «сигма-связанные электроны» имеют низкую мобильность и не вносят вклад в электропроводность материала.

Проводящие же полимеры имеют непрерывную цепочку ячеек из sp^2 -гибридизованного углерода. Один валентный электрон каждой ячейки находится на p_z орбитали, которая ортогональна трём другим сигма-связям. Электроны на этих делокализованных орбиталях приобретают мобильность, когда материал легируют путём окисления, то есть, заменяя атом одного элемента на атом с большим количеством электронов, тем самым удаляя некоторые делокализованные электроны, аналогично, как и в кремневых полупроводниках, заменяя атом кремния на атом с более высокой электроотрицательностью, такие как фтор или бор в зависимости от типа проводимости. Таким образом, p -орбитали формируют зону, и электроны в рамках этой зоны становятся подвижными. Самые высокие значения проводимости, известные в настоящее время, получены для эластичного полиацетилена с достоверным значением около 80000 См/см.

Разработано множество методов синтеза полимеров. Большинство проводящих полимеров изготавливаются путём окисления связи моноциклического предшественника. Такая реакция влечёт за собой дегидрирование:



Одной из проблем является, как правило, низкая растворимость полимеров. Однако в некоторых случаях молекулярная масса не должна быть высокой, чтобы достичь желаемых свойств.

В будущем проводящие полимеры найдут свое применение в создании молекулярных компьютеров. К примеру, молекулы, изменяющие свою конфигурацию и строение под действием света, так называемые молекулярные переключатели, приведут к созданию наноразмерных устройств хранения информации. А на одном сантиметре пространства, занимаемом кремневым транзистором в современном компьютере, могут быть размещены до тысячи молекулярных переключателей, что пропорционально увеличит производительность компьютера.

УДК 621.315.3

ВЛИЯНИЕ ВИДА ПРИЛОЖЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ РАЗРЯДА В ТВЕРДЫХ СЛОИСТЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ

О.В. КАРПИЦКИЙ, ТПУ, г. Томск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.И. МЕРКУЛОВ

Слоистые диэлектрики находят широкое применение в различных областях техники (в качестве разделительного диэлектрика обмоток электрических машин, трансформаторов и др.). В процессе их эксплуатации под воздействием приложенного напряжения в них может развиваться скользящий разряд на границе раздела слоев. Механизм развития такого разряда изучен недостаточно, что требует его дополнительного изучения. Знание механизма разряда на границе раздела слоев, изучение его основных закономерностей, влияние на его развитие различных факторов позволит прогнозировать работу таких конструкций.

В данной работе проведены исследования влияния вида приложенного напряжения на развитие разряда в слоистых композиционных материалах, представляющих собой композицию из ПММА (оргстекло) в качестве подложки и различных материалов (имидофлекс, стеклотекстолит, стекломиканит, стеклолакоткань, лавсановая и полиэтиленовая пленки), приклеенных к подложке с помощью эпоксидного клея на основе смолы ЭДб.

В результате проведенных исследований установлено, что развитие разряда на переменном и постоянном токе в процессе воздействия напряжения протекает аналогичным образом. Однако обнаружено, что на постоянном токе развитие разряда в слоистых композиционных материалах, как правило, сопровождается расслоением компонентов композиции за счет разогрева слоя клеящего лака.

Наряду с этим также обнаружено:

1. В композициях с тонкими слоистыми материалами толщиной порядка 20...40 мкм (лакоткань, лавсановая и полиэтиленовая пленка) развитие разряда сопровождается пробоем пленки и выходом канала на их внешнюю поверхность.

2. В композициях слоистых материалов, имеющих толщину более 50...100 мкм (имидофлекс, стеклотекстолит, стекломиканит, стеклолакоткань и др.), происходит заглубление канала разряда в толщу этих материалов и его последующее развитие по границе раздела клеящего лака и пленки.

УДК 621.039.53

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А.А. ЛОБОДА, А.О. ПРАСЛОВ, ОГТИ (ф) «ОГУ», г. Орск

Науч. рук. ст. преп. Л.В. БОРОДУЛИНА

Развитие науки, техники и технологий, связанных с созданием, исследованием и использованием объектов с наноразмерными элементами, уже в ближайшие годы приведет к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности. Одной из таких сфер является машиностроение.

В работе рассмотрены возможные направления перспективного развития машиностроения с внедрением нанотехнологий:

- Специальные покрытия и эмульсии позволят увеличить ресурсы режущих и обрабатывающих инструментов.

- Углеродный нанокompозит, многократно превосходящий по свойствам углеродные материалы традиционной технологии, обеспечит высокую точность и работоспособность традиционных элементов современного машиностроения – торцевые уплотнения высокотемпературных агрессивных сред, антифрикционные вкладыши газодинамических подшипников. Например, эти решения позволяют снизить погрешность обработки с 40 мкм до сотен нанометров при стоимости такого отечественного станка около 12 тыс. долл. и затратах на модернизацию не более 3 тыс. долл. Равные по точности серийные зарубежные станки стоят не менее 300–500 тыс. долл. При этом в модернизации нуждаются не менее 1 млн активно используемых металлорежущих станков из примерно 2,5 млн станков, находящихся на балансе российских предприятий.

- Многофункциональные наноструктурные пленки (МНП) дают возможность получать сверхтвердые материалы с одинаковой твердостью, но различными значениями модуля упругости. Прогресс в области создания твердых износостойких наноструктурных пленок связан с приданием им качественно новых характеристик и многофункциональности, что помимо высокой твердости и износостойкости включает низкий коэффициент трения, термическую стабильность и жаростойкость.

- Применение нанопорошков позволяет гибко регулировать свойства продуктов на разных стадиях формирования, организовать большие объемы производства при небольших капитальных затратах и высоком качестве продукции.

Таким образом, активное использование нанотехнологий позволит увеличить надежность машиностроения и вывести его на новый более качественный уровень.

УДК 543.544.5.068.7; 621.315.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ПВХ ПЛАСТИКАТОВ МЕТОДАМИ ХРОМАТОГРАФИИ

Е.В. ШАТОВА, О.А. АНИСИМОВА, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.С. КИМ

В течение всего времени эксплуатации кабелей, влияние внешних факторов приводит к ухудшению свойств материала оболочки в результате старения, что ведет к снижению эксплуатационной надежности кабеля. На ПВХ пластикаты наибольшее влияние оказывает тепловое старение. На процессы, протекающие в ПВХ пластике при тепловом старении, оказывают влияние, как элементы конструкции кабеля, так и состав. Таким образом, наличие брони приводит к образованию конденсата между броней и оболочкой, что в свою очередь ускоряет процесс старения ПВХ пластика.

В данной работе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определен состав конденсата кабелей КВБбШв и КВБбШв нг-LS для трех времен старения 190, 370, 420 часов. Данные марки имеют одинаковую конструкцию, но в кабеле типа нг-LS для оболочки используется ПВХ пластикат, содержащий антипирен в количестве до 50 вес. частей.

Анализ показал, что основную часть конденсата составляет пластификатор -диоктилфталат (ДОФ), а также продукты его разложения.

Для всех образцов конденсата кабеля КВБбШв получено примерно одинаковое содержание ДОФ ~30 масс. %. В конденсате кабеля типа нг-LS количество ДОФ изменяется при времени старения 190 ч – 18 масс. %, 370 ч – 5 масс. %, 420 ч. – 16 масс. %. Количество продуктов разложения ДОФ в конденсате кабеля КВБбШв практически остается неизменным. В кабеле типа нг-LS наблюдается изменение как концентрации ДОФ, так и продуктов его разложения с течением времени старения. При этом общее содержание пластификатора и продуктов разложения сохраняется неизменным.

Это свидетельствует о том, что в обычном ПВХ пластике процесс испарения и конденсации ДОФ протекает равновесно на протяжении всего времени старения, а в пластике типа нг-LS на эти процессы накладывается процесс диффузии мелких фракции других компонентов пластика.

Это может приводить к изменению содержания мелкодисперсных фракций антипирена по толщине оболочки, что изменяет скорость диффузии пластификатора.

УДК 621.315

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ЭМАЛЬИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ МАРОК ПЭЭА, ПЭТД-180, ПЭФД-2-200 К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

А.П. ЛЕОНОВ, И.Н. ШУЛИКИН, Н.К. НИЯЗОВ, ТПУ, г. Томск

Электрические машины являются одной из самых массовых продукций электротехнической промышленности. Наиболее распространенными являются низковольтные электрические машины. Значительная часть всех видов низковольтных электрических машин выходит из строя из-за отказа ее системы изоляции, поэтому к ней предъявляют высокие требования по надежности. В условиях конкурентной борьбы на рынке более востребована надежная продукция, поэтому проблема обеспечения надежности систем изоляции электрических машин является актуальной на сегодняшний день.

Известно, что базовый ресурс работы различных узлов любого электрооборудования закладывается при его изготовлении, при этом большое значение имеют как качество исходных элементов, так и оказываемые технологические воздействия.

На сегодняшний день создаются новые марки обмоточных проводов и большую практическую ценность имеет экспериментальная оценка качества эмалевого изоляционного слоя и ее стойкость.

В качестве объектов исследования в данной работе были выбраны обмоточные провода марок ПЭЭА, ПЭТД-180, ПЭФД-2-200.

Проанализировав существующие методики оценки технологических свойств эмалевых проводов, была выбрана методика комплексной оценки технологической устойчивости эмальпроводов по изменению пробивного напряжения и приращению дефектности.

Дефектность определялась по результатам испытаний в электролите. Часть испытуемых образцов помещается в электролит в состоянии поставки, а часть после технологических воздействий (намотка образцов на стержень, выдержки в растворителях (ацетон, уайт-спирит, ксилол, скипидар) и наматывании на стержень) под действием переменного напряжения определяется точное количество дефектов.

Также стойкость изоляции к технологическим воздействиям определялась по изменению пробивного напряжения, т. е. сравнивалась величина пробивного напряжения у образцов в состоянии поставки и после выдержки в растворителях.

СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ В ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕ МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА

Д.П. ЧУЖОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

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

Использование электрохимических конденсаторов («суперконденсаторов») в качестве накопителей энергии для гибридной электрической передачи маневрового тепловоза позволит не только эффективно использовать запасенную энергию рекуперативного торможения для последующего пуска и разгона локомотива, но и применять накопители для запуска тепловозного дизеля.

Применение конденсаторных модулей российской фирмы ЭСМА, имеющих высокую удельную мощность, малый саморазряд, широкий диапазон рабочих температур и срок службы более 15 лет, дает возможность полностью отказаться от стартерной аккумуляторной батареи тепловоза при использовании на тепловозе гибридной электрической передачи.

По расчетам, проведенным для тепловоза ЧМЭЗ, энергия, необходимая для запуска дизеля, составляет 162,5 Вт·ч, а энергия заряженной аккумуляторной батареи составляет 13500 Вт·ч. Однако, из-за малой удельной мощности, после двух попыток запуска дизеля, аккумуляторная батарея оказывается полностью разряжена. Кроме того, аккумуляторная батарея требует технического обслуживания не реже, чем один раз в месяц.

Батарея электрохимических конденсаторов лишена подобных недостатков и, при запасаемой энергии всего 7220 Вт·ч, может осуществлять, при необходимости, более сорока попыток запуска дизеля без потери своих свойств, даже при низких температурах, когда аккумуляторная батарея теряет работоспособность.

Замена аккумуляторной батареи на электрохимические конденсаторы позволит сократить расходы на эксплуатацию локомотива на 2,5–3 млн рублей за 15 лет.

УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОЛЛЕКТОРНО-ЩЕТОЧНОГО УЗЛА ТЯГОВОЙ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р.Е. МАКСИМОВ, Н.Н. ЗАЙНУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН

Электрический скользящий контакт (ЭСК) стал объектом исследования со времени создания электрического двигателя. Для токопровода и токосъема с подвижных частей электродвигателя применялись в разное время, и применяются сейчас графитовые щетки, ртутные контакты, пружинные металлические пластинки, проволоки, подпружиненные ролики и т. д.

Прогресс развития ЭСК развивался от подбора материалов до создания их методами прессования медных и бронзовых порошков, что влекло повышенный износ сопряженных пар контакта щеткодержателя, коллектора. Поиск материалов, обладающих большой износостойкостью, привел от применения натуральных графитов к применению электрографитированных, металлографитированных, а в последнее время к смазывающим материалам с полимерной матрицей.

Исторически сложилось так, что объектом исследования стал один из элементов скользящего контакта – электрическая щетка. В силу различного соотношения площадей трения, при коэффициенте перекрытия порядка 0,03–0,1, щетка изнашивается чрезвычайно быстро, делая механизм ЭСК мало работоспособным.

У нас в стране и в целом в мире физике явлений в ЭСК посвящено немало работ. Однако работа контакта сопровождается столь сложными явлениями, что изучение их и правильное объяснение представляет во многом по данным исследований Арнольда не разрешенную проблему. Основные процессы, вызывающие выход из строя ЭСК сводятся к следующему:

- окислению контактной поверхности;
- явлениям, связанным с прохождением электрического тока;
- механическому износу от трения щеток;

- совместному действию содержащихся в атмосфере корродирующих примесей;

- пластической деформации металла коллектора.

Для повышения надежности работы ЭСК применяются различные методы. Одним из них является создание на поверхностях трения тонких переходных слоев, не влияющих на процесс передачи электрического тока через контакт, но резко снижающих вероятность схватывания, сваривания и интенсивности механического изнашивания.

Это позволяет сделать вывод об имеющейся возможности применения смазочных композиций с электропроводящим наполнителем в ЭСК тяговой электрической машины (ТЭМ).

Правильно подобранный количественный и качественный состав композиции позволит одновременно удовлетворить электрическим и механическим ограничениям, накладываемым на ЭСК, как самой конструкцией, так и чрезвычайно жесткими условиями эксплуатации, что в конечном итоге приведет к повышению надежности в работе всей тяговой электрической машины. Надежность ЭСК во многом зависит от технического состояния элементов коллекторно-щеточного узла. Поэтому на стадии проектирования и эксплуатации необходимо поддерживать заданный уровень надежности электрощеток, коллектора, щеткодержателей, подшипников и др.

УДК 73.49.23

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

А.В. ДУБИНИН, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.Г. КОЛОБОВ

В связи с нарастающей проблемой истощаемости природных ресурсов, а также ухудшающейся экологической обстановкой, всё более актуальным видом транспорта становится гибридный электромобиль. В качестве накопителя энергии для гибридного электромобиля предполагается использовать аккумуляторную батарею и суперконденсатор.

Модель аккумуляторной батареи

В качестве модели аккумуляторной батареи воспользуемся схемой замещения рис. 1. Упрощённая схема замещения будет выглядеть так, как показано на рис. 2.

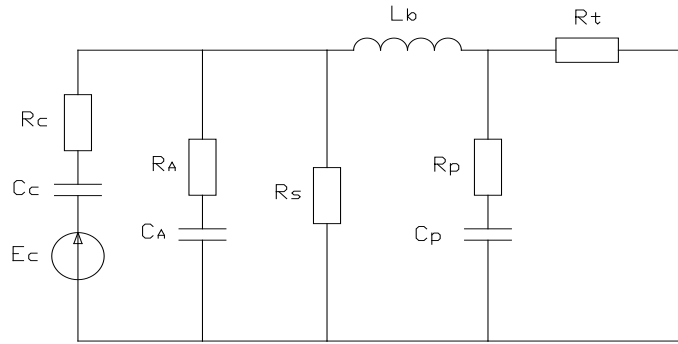


Рис. 1. Схема замещения аккумуляторной батареи

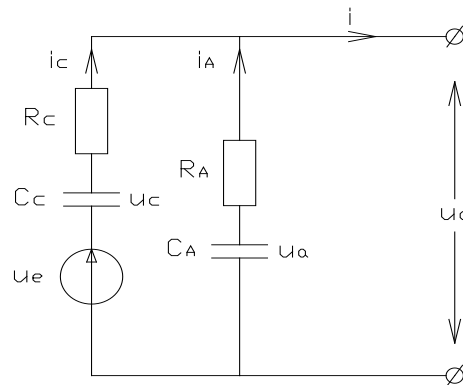


Рис. 2. Упрощённая схема замещения аккумуляторной батареи

На рисунках: C_c – ёмкость, характеризующая основной заряд аккумуляторной батареи; R_c – внутреннее сопротивление батареи. Этот элемент характеризует коэффициент заряда/разряда батареи; E_c – ЭДС, характеризующая начальный заряд батареи; $R_A - C_A$ – цепь, характеризующая возможность быстрого получения и отдачи батареями энергии; L_b – индуктивность, характеризующая ограниченность нарастания тока заряда/разряда; $R_p - C_p$ – цепочка, характеризующая паразитную ёмкость электродов батареи; R_t – сопротивление электродов батареи.

При использовании в составе накопителя энергии аккумуляторная батарея либо находится в режиме заряда, либо является источником питания мощных потребителей, коими являются двигатели, приводящие в движение гибридный электромобиль. В обоих режимах работы можно пренебречь саморазрядом батареи, а значит и сопротивлением R_s схемы замещения. Поскольку батарея подключается к бортовой сети достаточно длинными проводами, имеющими относительно большое сопротивление и индуктивность, поэтому сопротивлением R_t , индуктивностью L_b и цепочкой $R_p - C_p$ можно пренебречь.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

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

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

Одной из основных задач современного промышленного производства является повышение качества, конкурентоспособности и экономичности выпускаемой продукции, повышение ее надежности, снижение стоимости, материалоемкости и энергопотребления. Поэтому особое влияние на решение этой задачи оказывает надежность работы контактной системы электроснабжения.

Целью работы является обеспечение эксплуатационной надежности контактной системы электрической машины постоянного тока, создание методик исследования и прогнозирования их показателей надежности в эксплуатации.

Длительная эксплуатационная надежность оценивается как вероятность того, что система при определенных условиях будет в полном объеме выполнять свои задачи. На практике решающим фактором является длительность перерыва в подаче электроэнергии на подвижной состав. В связи с этим были проведены исследования, целью которых было определение влияния перерывов в питании от контактной сети на маршрутную скорость поезда. На основе этих исследований предложено в качестве допустимого считать двухминутный перерыв в подаче напряжения из системы тягового электроснабжения на электроподвижной состав.

Для оценки надежности системы тягового электроснабжения железных дорог целесообразно представить структуру системы таким образом, чтобы были видны как взаимосвязи в системе, так и параметры отдельных ее элементов. Упрощенно ее можно рассматривать как последовательную систему, которая может быть полностью выведена из строя при отказе одной из составляющих. Таким образом, данные о выходах из строя отдельных частей и их элементов могут являться основой для оценки надежности всей системы в целом. Система тягового электроснабжения рассчитана таким образом, чтобы в нормальных условиях был возможен режим движения с интервалом следования поездов 2 мин. Основными критериями оценки при этом являются: допустимое падение напряжения, токовые нагрузки в контактной сети и мощность тяговой подстанции.

УДК 621.311.24; 621.548

АНАЛИЗ И ВЫБОР ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А.В. БИЧКОВ, КГТУ, г. Казань

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

канд. техн. наук А.В. ИВАНОВ

Современные экологическая и экономическая ситуации привели к активному развитию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, которые особенно актуальны для ряда районов России, удалённых от источников централизованного тепло- и электроснабжения и обладающих в то же время значительными ветроэнергетическими ресурсами. Всё это обусловило проблему выбора ветроэнергетической установки (ВЭУ), предназначенной для получения тепла, отличающейся от используемых в настоящее время ВЭУ, ещё большей простотой, надёжностью и дешёвой конструкцией.

Для решения поставленной проблемы необходимо провести анализ структуры устройства современных ВЭУ, одним из назначений которых является отопление и горячее водоснабжение автономных объектов.

Большинство этих ВЭУ по своей структуре можно подразделить на следующие группы:

1. ВЭУ, предназначенные для питания нескольких маломощных бытовых приборов (БП) переменного тока. Устройство нагрева (УН) выполняет роль балластной нагрузки (БН).

2. ВЭУ, предназначенные только для нагрева. БН отсутствует, к инвертору взамен нескольких БП подключено мощное УН.

3. ВЭУ, отличающиеся от схем второй группы отсутствием инвертора, а УН непосредственно подключено к аккумуляторной батарее.

4. ВЭУ по схеме: электрический генератор (ЭГ) – УН.

Проведённый анализ позволяет сделать вывод: в районах с высоким ветроэнергетическим потенциалом экономически целесообразно применение ВЭУ четвёртой группы, но раздельное расположение ЭГ и УН существенно повышает стоимость ВЭУ. Поэтому, с целью ещё большего удешевления ВЭУ, предназначенной для целей теплоснабжения, предлагается использовать электрическую машину, непосредственно преобразующую вырабатываемую в ней электрическую энергию в тепловую.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКРЕНИЯ В ЩЕТОЧНО - КОЛЕКТОРНОМ УЗЛЕ НА НАДЕЖНОСТЬ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**А.З. БУЛАТОВ, А.В. КУЧКОВСКИЙ, Г.Г. ГАЗИЗОВА, Е.В. РЮМИН,
Н.Р. ЗАЙНУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань**
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. **Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН**

Основным показателем качества электрических машин является надежность. При проектировании производственного расчета показателей с экономическими оптимальными показателями надежности, необходимо провести расчет для ряда вариантов. Оптимальные значения показателей надежности должны быть получены в результате технико-экономического расчета.

Для расчета качественной оценки надежности прежде всего следует разработать структурную схему, в которой отражены эксплуатационные факторы и функциональная связь между узлами электрической машины.

К щеткодержательному аппарату предъявляются в условиях эксплуатации повышенные требования. Стабильность коммутационного процесса во многом зависит от рельефа коллектора. Неровности поверхности коллектора при высокой скорости способны вызвать отрыв щетки с искрообразованием, а в некоторых случаях сколом щетки. И в этом месте образуется дуга, тем самым образовывается подгар коллектора.

Необходимо учесть, что коммутационная надежность машин постоянного тока (МПТ) определяется их потенциальной устойчивостью, степенью искрения и износа щеток. Сильное искрение щеток на коллекторе – наиболее часто встречается неисправность МПТ. Сильное искрение на коллекторе свидетельствует о неисправности обмотки якоря катушек возбуждения. При длительной работе машины допускается слабое искрение, приблизительно у половины щеток. Если искрение происходит под большей части щеток, то на коллекторе остаются следы почернения, а на щетках следы подгара. Такое искрение допускается только при кратковременной перегрузке или при изменении направления вращения якоря.

Для оценки влияния конструкции щеточно-коллекторного узла тяговых двигателей на степень искрения были разработаны и исследованы модели различных устройств щеточного аппарата, что позволило определить относительное смещение элементов этих узлов при различных ускорениях.

В статье Девлекамова Р.Н. «Прогнозирование искрения в щеточном контакторе коллекторной машины и оценка её коммутационной надежности» предложено уравнение искрообразования в щеточном контакторе машин постоянного тока, на основе которого разработана методика его прогнозирования.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие выводы:

- при номинальном режиме работы тягового электродвигателя (ТЭД) для полюсов (ДП) примерно в 2 раза выше, чем абсолютное значение ЭДС от подпитки ДП;

- с ростом тока нагрузки и частоты вращения якоря ТЭД ширина его областей безыскровой работы (ОБР) сужается, а её средняя линия смещается в зону отпитки ДП. При этом коэффициент коммутационной надежности двигателя снижается;

- наименьшей ширине ОБР и минимальному коэффициенту коммутационной надежности ТЭД соответствует режим его максимальной нагрузки.

УДК 621.313

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НЕФТЯНОЙ КАЧАЛКИ НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИММЕТРИЧНЫХ И НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМАХ

М.А. ГУРКИН, А.Р. МУГАЛИМОВА, МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Р.Г. МУГАЛИМОВ

Актуальным является энергосбережение. Нефтяные качалки приводятся в движение с помощью традиционных асинхронных двигателей, энергетические показатели которых недостаточно высокие из-за низкого коэффициента мощности. В настоящее время разработаны энергосберегающие асинхронные двигатели с индивидуальной компенсацией реактивной мощности, коэффициент мощности которых равен единице [1]. Электроприводы нефтяных качалок могут работать в нестандартных режимах, например, от несимметричных источников напряжения, аварийных режимах, таких как обрыв фазы обмотки статора, сгорания предохранителя в

фазах источника питания и других. При работе в несимметричных режимах ухудшаются технико-экономические показатели асинхронного электропривода. Кроме того, электропривод может не выполнить технологическую задачу, что приводит к аварийным ситуациям. Целью и новизной данной работы является исследование способов и технических средств, позволяющих повысить технико-экономические показатели асинхронных электроприводов нефтяных качалок, работающих от несимметричных источников питания. Цель достигается путем формирования кругового вращающегося магнитного поля с помощью конструктивных изменений обмоток статора, числа витков обмоток, количества обмоток, их расположения в пространстве и регулирования электрических параметров. Для достижения цели авторами создан программный комплекс, позволяющий моделировать вращающееся магнитное поле асинхронных двигателей при заданных конструктивных параметрах, характеристик обмоток, законов изменения токов, протекающих по ним, и получать рабочие характеристики.

Литература:

1. Пат. 2112307 RU, МКИ 6 Н02 К 17/28. Асинхронная компенсированная электрическая машина / Савицкий А.Л., Мугалимов Р.Г., Савицкая Л.Д. // Открытия. Изобретения. 1998. №15.

УДК 621.313

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ

О.А. ФИЛИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Щеткодержатель – элемент конструкции электрической машины, обеспечивающий давление на щетку, контакт щетки с коллектором или контактным кольцом, равномерное нажатие и свободное перемещение щетки в обойме (окне) и удобный доступ для ее замены.

Надежная работа скользящего контакта электрических машин во многом зависит от правильного выбора конструкции щеткодержателей и эксплуатации щеточно-коллекторного узла.

В двигателях, применяемых в городском транспорте, щеткодержатели крепятся обычно к подшипниковому щиту, что позволяет сделать станину двигателя в виде трубы, без торцевых стенок. Благодаря конструкции с развёрнутым относительно кронштейна корпусом щеткодержателя достигается уменьшение тангенциальных размеров, но зато увеличиваются

аксиальные. Эта конструкция имеет довольно большое распространение на двигателях городского транспорта и некоторых других. Для машин с более низкими напряжениями с успехом применяется запрессовка пальцев в кронштейн на пластмассе, например изодине. Этот материал имеет достаточно высокую электрическую прочность (9 кв/мм) и относительно хорошую влагостойкость. (Изодин ВТУ ОЭПП 503-042-58 Фенолформальдегидная смола, органический наполнитель (бумага) Компрессионное пресование). Не требуется дополнительная пропитка лаком.

В результате отверждения связующего вещества изделие приобретает механическую прочность уже в пресс-форме при температуре прессования и теряет способность размягчаться при повторном нагревании: смола в отвержденном изделии неспособна плавиться и растворяться.

Проанализировав опытным путем двигатель малой мощности обнаружили, что, благодаря этому материалу, который является хорошим изоляционным материалом, повышается вибростойкость на щёточно-коллекторном узле.

УДК 621.311.04

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р.Д. ХАМИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

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

Технологический процесс энергетического производства представляет собой непрерывную цепь превращений энергии:

- процесс производства энергии;
- процесс транспорта энергии и ее распределение между потребителями, реализуемый с помощью электрических сетей;
- процесс потребления энергии, состоящий в ее преобразовании в другие виды энергии или в изменении ее параметров.

В настоящее время выявлено несколько экономических и технологических задач на пути решения проблем в современном электроснабжении:

Экономические:

- необходимость удешевления электроэнергии, снижение удельного расхода первичных энергетических ресурсов на единицу энергии и использование нетрадиционных источников энергии, в связи с возрастающей напряженностью топливного баланса.

Технологические:

- требования надежности в работе энергопредприятий; наличия резервов мощности на электростанциях; наличия сетевого резерва и резервов пропускной способности для надежного питания потребителей, особенно потребителей первой категории; развития энергетики опережающими темпами по сравнению с ростом потребности в энергии;
- повышение пропускной способности сетей (разработка новых схем, использование кабеля нового поколения, изменение источников напряжения);
- переход на другие классы напряжения;
- оптимизация загрузки силового оборудования;
- рациональное применение инновационного оборудования с учетом будущего развития и ориентированности в области электроснабжения.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА ЭЛЕКТРОЩЕТОК ГЕНЕРАТОРА ГП-311Б ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ10Л

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

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

Целью этого исследования является поиск возможностей увеличения срока службы электрощеток и уменьшения износа щеток во время работы.

Рекомендуется новый технологичный вариант электрощеток тягового генератора, позволяющий устранить недостатки существующих конструкций. Внедрение данного варианта в эксплуатацию позволяет положительно решить следующие важные показатели как ресурс, себестоимость, технологичность, надежность.

Рекомендуемая электрощетка принципиально отличается по конструктивным признакам и по сроку эксплуатации от существующих. Химический состав и пропорции компонентов составных электрощеток, их размеры не отличаются от серийных. Конструктивные параметры генератора и щеткодержателя также остаются неизменными. Это подтверждает отсутствие малейшего технологического риска при эксплуатации нового вида электрощеток.

При эксплуатации генератора происходит постоянный и непрерывный износ электрощеток. Ориентировочная стоимость недоиспользован-

ной верхней части электрощетки составляет 40 % от общей ее стоимости. Изношенные щетки не восстанавливаются и подлежат замене вместе с дорогостоящими элементами конструкции, такими как:

- наконечники луженные (материал – медь);
- материалы для соединения токоведущего провода с угольно-графитовой частью щетки (электропроводящий клей, конопатка);
- неизношенная часть электрощетки (материал – графит, медь, сажа);
- провод неизолированный плетеный (материал – медь).

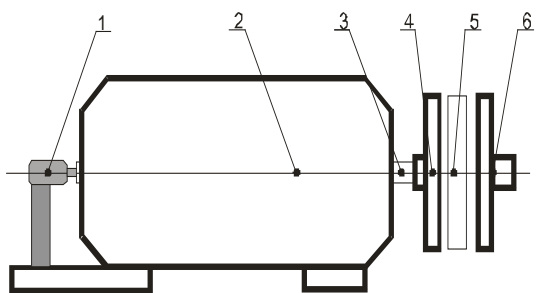
Проведенные эксплуатационные испытания в условиях реальной работы подвижного состава показали следующее. Ресурс рекомендуемых электрощеток превышает 40–50 % по сравнению с существующими. Трудоемкость обслуживания снижается до 70 %. При этом надежность их работы не снижается.

УДК 681.2

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ БЕЗ ДЕМОНТАЖА С ПОМОЩЬЮ АПК «ОМИД»

В.Н. БЕЛОГУСЕВ, С.В. ЗВЕРЕВ, А.Г. ДЕМЬЯНОВ, МарГТУ,
г. Йошкар-Ола

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



1 – энкодер; 2 – электрический двигатель; 3 – вал двигателя; 4 – первая полумуфта, 5 – диск с эталонным моментом инерции; 6 – вторая полумуфта

зависимость углового ускорения выходного вала от угловой скорости $\varepsilon_1(\omega)$, с помощью энкодера. В режиме холостого хода уравнение движения имеет следующий вид:

$$M(\omega) = j \cdot \varepsilon_1(\omega). \quad (1)$$

В настоящий момент для определения момента инерции вращающихся частей электрического двигателя необходимо проведение сложных, длительных и не достаточно точных испытаний, регламентируемых ГОСТ 11828-86.

Предлагаемый способ поясняет рисунок и реализуется следующим образом: двигатель 2 запускается на холостом ходу, при этом определяется

На полумуфту 4 закрепляется элемент муфты, обладающий эталонным моментом инерции j_3 . Двигатель запускается, определяется угловое ускорения системы «выходной вал и эталонный элемент» $\varepsilon_2(\omega)$. В режиме холостого хода уравнение движения имеет следующий вид:

$$M(\omega) = (j + j_3) \cdot \varepsilon_2(\omega). \quad (2)$$

В режиме холостого хода вращающий момент двигателя всегда равен одной и той же величине, приравниваем правые части выражения (1) и (2) и определим момент инерции вращающихся частей электрического двигателя:

$$j(\omega) = j_3 \cdot \frac{\varepsilon_2(\omega)}{\varepsilon_1(\omega) - \varepsilon_2(\omega)}. \quad (3)$$

Для реализации данного метода был создан АПК «ОМИД», который позволяет автоматически получить все основные эффективные характеристики двигателя, что позволит значительно повысить экономическую эффективность испытаний ЭД. На данный способ определения момента инерции электрического двигателя подана заявка на изобретение.

Литература:

1. Котельнец И.Ф. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 384 с.

УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЩЕТОЧНОГО УЗЛА ГЕНЕРАТОРА ГП311Б

А.В. КУЧКОВСКИЙ, А.З. БУЛАТОВ, А.Н. ХУСНУТДИНОВ,
Г.Г. ГАЗИЗОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН

В связи с тем, что в настоящее время в России используется устаревший локомотивный парк, возникает необходимость модернизации узлов старых локомотивов и повышения их надежность.

Целью данной работы является повышение срока службы щеток путем модернизации щеточного узла, уменьшения экономических затрат на обслуживание генератора. Удорожание щеток на 100–200 % все равно будет дешевле, чем простой локомотива на ремонте в депо.

Основным направлением исследований является разработка электрощеток повышенной износостойчивости и модернизация щеточного узла. Это приведет к повышению срока службы щеток на 20–30 %.

Приведенные экспериментальные исследования дали следующие важные результаты. Значительно увеличен ресурс электрощеток, который достигает 30–40 %. Снижается трудоемкость монтажных и демонтажных работ. Сокращается время профилактических работ.

УДК 697.3:539.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ

А.Н. ХУСНУТДИНОВ, И.Г. АХМЕТОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН

Актуальность работы определяется следующим: существующие методы теплопередачи имеют очень высокий уровень потерь. Трубы, используемые для межквартирного теплоснабжения, имеют потери тепла до 40 % и более. Для исключения этих потерь предлагается многослойная конструкция трубопроводов, изготавливаемая из полиэтилена или полипропилена. Данная конструкция труб практически исключает потери тепла на участках передачи.

Предлагаемая конструкция многослойных труб имеет новизну и запатентована. Аналитический обзор показывает, что отсутствуют аналоги рекомендуемых труб.

Учитывая, что многослойные трубы в практике теплоснабжения отсутствуют, возникает необходимость исследования температурных режимов, гидравлических параметров и напряжения в элементах конструкции. Все это даст возможность использовать результаты экспериментальных исследований для проектирования и эксплуатации.

Полученные результаты испытаний являются актуальными и значимыми, так как использование многослойных труб в эксплуатации даст возможность довести уровень потерь до нуля.

Для исследования температурных режимов, гидравлических параметров, напряжения в элементах конструкции потребуются разработки соответствующих методик исследования и расчета, где будут использованы новейшие достижения в области экспериментальных работ обработки данных методами интегро-дифференциальных исчислений методов теории вероятности математической статистики и планирования эксперимента.

На основании проведенных экспериментальных исследований будут сделаны рекомендации для опытно-промышленного производства многослойных полиэтиленовых труб.

УДК 621.1.006

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СРЕДНЕЙ ВМЕСТИМОСТИ

С.В. ЧИНАКОВ, М.В. РУМЯНЦЕВ, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. науч. сотр. В.А. ГЛУШЕНКОВ

Современное автомобилестроение развивается по пути повышения энергетической эффективности и экологической чистоты подвижного состава. Прорывным шагом в данном направлении вполне можно считать оснащение транспортного средства (ТС) гибридной силовой установкой (ГСУ) и бортовым накопителем энергии.

Для реализации снижения расхода энергии при работе в городском цикле движения наиболее подходящей является ГСУ последовательного типа, имеющая основные преимущества: вал теплового двигателя не имеет механической связи с ведущими колесами, что позволяет выбрать ДВС малой мощности и обеспечить его работу в экономичном режиме; тяговый электродвигатель выполняется на полную мощность, реализуемую приводом.

Гибридный автобус сочетает в себе маневренность и экологическую безопасность, значительно опережая по энергетической эффективности традиционный автобус и даже троллейбус. Особое внимание при проектировании систем тягового привода уделяется оптимизации расчетов и выбора электрооборудования: тягового электродвигателя, энергоустановки, накопителя энергии. Основная проблема – размещение тягового оборудования в кузове низкопольного ТС. Габариты используемых электродвигателей не позволяют обойтись без подъёмов пола, что препятствует выполнению полностью низкопольного подвижного состава и создаёт неудобства.

Другим направлением решения проблемы может стать использование подвижного состава с тяговым приводом, содержащим мотор-колеса, где в качестве двигателя используются вентильные машины. Данный привод позволяет снизить затраты на установленную мощность; получить экономию электроэнергии; повысить надёжность работы ТС.

По результатам проведенных работ разработана методика расчетов тяговых приводов ТС различной вместимости с гибридными энергоустановками (ГЭУ), учитывающая основные режимы работ в городском цикле движения и работу на уклонах и подъёмах, а также исследована возможность применения вентильных машин для транспортного средства. Определены требуемые мощности вентильных машин для ТС различной вместимости и возможность вписывания их в мотор-колесо.

УДК 628.9

СОСТАВНАЯ ЭЛЕКТРОЩЕТКА С ПОВЫШЕННЫМ РЕСУРСОМ

В.Е. ПЛОТАРЕВ, Н.М. АЛЯМОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН

Проблема повышения ресурса электрощеток машин постоянного тока является актуальной. Электрощетка является составной, химический состав и пропорции не отличаются от серийных, конструкция машины и щеткодержателя также остаются неизменными, это подтверждается отсутствием технологического риска при эксплуатации. Основной идеей является увеличение ресурса электрощеток (от 30 % до 40 %), путем изменения конструкции.

При эксплуатации электродвигателя происходит постоянный износ электрощеток, электрощетки не восстанавливаются и подлежат замене вместе с дорогостоящими элементами. Ориентированная стоимость недоиспользованной верхней части – 40 % от общей стоимости.

Предлагаемая технология позволяет использовать верхнюю часть электрощетки многократно в результате использования сменной вставки, что позволяет снизить эксплуатационные затраты (экономия на дорогостоящих элементах конструкции, которые являются отходами), сокращается время профилактических работ до 70 % (отпадает необходимость отворачивания и закрепления болта наконечника токопроводящего шунта электрощетки).

Проведены многочисленные экспериментальные исследования электрощеток новой конструкции. Получены многочисленные результаты.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Д.Н. ИВАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью проведения исследования было выявление современных методов повышения пропускной способности линий электропередач.

Для удовлетворения быстрорастущих потребностей электросетевые компании вынуждены постоянно модифицировать существующие сети, применяя следующие классические методы: строительство дополнительных линий электропередач, замена проводов на большие поперечные сечения, расщепление фазы.

Указанные методы хотя и применяются в настоящее время, однако имеют ряд существенных недостатков, требуют значительных капиталовложений, временных затрат и получения разрешений на строительство.

В настоящее время существуют решения, не имеющие недостатков вышеописанных методов. Эти решения обеспечивают увеличение пропускной способности имеющихся линий за счёт применения специальных проводов или установки линейных вольтодобавочных трансформаторов для автоматического поддержания нормального уровня напряжения в линии.

Специальные провода за счёт своей конструкции получают более компактными по сравнению с проводом АС и при том же диаметре имеют большее сечение алюминия. За счёт того, что вместо стального сердечника используются алюминиевые проволоки, провод имеет меньшую массу. Такие особенности влекут за собой меньшие механические напряжения в опорах в случаях применения проводов равного диаметра или позволяют увеличить полезное электропроводящее сечение при равных механических напряжениях в опорах.

Установка линейных вольтодобавочных трансформаторов обеспечивает регулирования напряжения в пределах $\pm 15\%$ и не требует столь больших затрат, по сравнению с реконструкцией ВЛ. При этом монтаж и пуско-наладка не требуют длительного времени и могут производиться без отключения потребителей.

УДК 621.311.4

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.А. ХАМИТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Целью работы является определение перспектив развития, анализ проблем системы электроснабжения.

Перспективы развития:

разработка и внедрение малозатратных, быстрокупаемых мероприятий на всех стадиях генерации электрической и тепловой энергии, при транспорте энергоносителей;

улучшение качества электроэнергии;

увеличение пропускной способности линий электропередач;

снижение потерь электроэнергии при ее транспортировке и распределении;

повышение устойчивости энергосистем;

оптимизирование и автоматизирование режимов работы электрической сети;

снижение расходов электроэнергии на собственные нужды;

повышение экономичности работы основного электро- и теплотехнического оборудования;

разработка альтернативных решений использования энергии на основе нетрадиционных подходов, а также с использованием возобновляемых источников.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА КОЛЛЕКТОРОВ ГЕНЕРАТОРА ГП-311Б ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ10Л

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

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

Целью проведения этих исследований является определение окончательного срока службы коллекторов генератора для последующей его модернизации и продления срока службы.

Эти мероприятия являются актуальными, так как эти тепловозы отлично себя зарекомендовали, имеются в настоящий момент в достаточно большом количестве и, конечно, устарели как морально, так и физически. Но в настоящий момент парк тепловозов не может быть заменен ввиду некоторых трудностей.

Перспективы развития заключаются в разработке и внедрении мало-затратных мероприятий и легкое их внедрение в эксплуатацию не только для того, чтобы эти узлы смогли продлить ресурс коллектору, но и чтобы он был лучше не только со стороны прочности, но и работоспособности.

Это достигается путем модернизации отдельных узлов:

- применение новых технологий по улучшению прочности коллектора;

- применение новых материалов с лучшими показателями и уменьшение веса коллектора;

- замена старой изоляции.

Уменьшение искрения между коллектором и щетками является одним из основных факторов ухудшения работы коллекторного узла, так и выведение его из строя.

УДК 697.3

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

И.Г. АХМЕТОВА, А.Н. ХУСНУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Р.Г. ИДИЯТУЛЛИН

Из применяемых в настоящее время видов изоляции тепловых сетей наибольшее распространение получила изоляция на основе минеральной ваты. Она отличается относительной дешевизной и простотой монтажа. Минеральная вата как изоляция трубопроводов имеет ряд существенных недостатков: величина тепловых потерь составляет 10–16 %; при наземной прокладке изоляция имеет неэстетичный вид и легко повреждается; теплоизоляционные свойства снижаются при увеличении влажности; при высыхании изоляции ее свойства полностью не восстанавливаются.

Тепловая изоляция на основе базальтового волокна имеет несколько лучшее значение тепловых потерь (8–10 %), но имеет те же самые недостатки, что и обычная минеральная вата.

В последнее время все больше применяется пенополиуретановая (ПГТУ) изоляция. Ее можно разделить на изоляцию, напыляемую непо-

средственно на проложенные трубопроводы и другие элементы и конструкции, и предварительно изолированные трубопроводы. Напыленная ППУ-изоляция имеет величину тепловых потерь около 8 %. Она удобна при изоляции нестандартного оборудования, например баков запаса воды, однако подвержена быстрому разрушению при воздействии физических факторов. Компоненты для приготовления смеси для напыления достаточно дорогостоящи. Требуются обученные специалисты. При нанесении изоляции выделяются вещества, вредные для человека. Обязательно работа в респираторах.

Предварительно изолированные ППУ-трубопроводы свободны от многих перечисленных недостатков. Имеют достаточно низкую величину тепловых потерь 4–6 % через изоляцию. Долговечна. Имеет только несколько недостатков: дороговизна, высокие требования к качеству монтажа трубопроводов, обязательное использование при прокладке трубопроводов в ППУ-изоляции системы ОДК.

В последнее время ряд разработчиков предлагает использовать в качестве тепловой изоляции различные мастики, наносимые на трубопровод. Однако испытания этих мастик показали, что, несмотря на обладание определенными теплоизоляционными свойствами, они еще не пригодны к промышленному использованию и требуют доработки.

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

УДК 544.2

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ НАНОСЕКУНДНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОННЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ПУЧКАМИ

Н.В. АНДРЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Р.М. БАЯЗИТОВ

В качестве исходного материала для исследований использовались полупроводниковые пластины монокристаллического кремния р-типа проводимостью ориентации (100) и (111) с удельным сопротивлением $1 \div 20$ Ом·см (марок КЭФ-1, КЭФ-4,5, КЭФ-20, КДБ-10), монокристаллического полуизолирующего арсенида галлия ориентации (100) марки АГП-1, монокристаллического германия ориентации (100) марки ГДГ-45. Плоскопараллельные пластины толщиной 200–400 мкм после механической и хи-

мико-механической полировки бомбардировались в камере ионно-лучевого ускорителя ИЛУ-3 ионами как типичных донорных и акцепторных, так и изовалентных и малорастворимых в кристалле примесей: P⁺, As⁺, B⁺, C⁺, In⁺, Bi⁺ в кремний, Te⁺, Si⁺ в арсенид галлия, P⁺ в германий. Имплантация осуществлялась в камере ускорителя при температуре 20 °С, при этом плотность тока, как правило, не превышала 1 мкА·см⁻², чтобы избежать нагрева образцов в процессе бомбардировки. Энергия и доза ионов определялись требованиями эксперимента и варьировалась от 30 до 120 кэВ и от 10¹⁴ до 2·10¹⁷ ион·см⁻², что обеспечивало получение ИЛС с эффективной толщиной 0,01–0,4 мкм. Для равномерного распределения дозы на поверхности образца пучок сканировался по площади пластин диаметром до 76 мм.

Для устранения радиационных дефектов и электрической активации внедренной примеси использовались и сопоставлялись обычный термический отжиг (ТО), импульсно-лазерная и импульсно-ионная обработки. Изохронный ТО осуществлялся, как правило, при температуре до 900 °С (для кремния) в кварцевой трубе в потоке сухого азота в течение 10÷30 мин. Такой режим обеспечивает, с одной стороны, эффективный отжиг радиационных нарушений и достаточно высокую степень электрической активации внедренной в кремний примеси и, с другой стороны, еще не вызывает заметного ее диффузионного перераспределения.

УДК 621.313.333

ИДЕНТИФИКАТОР СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Т.А. ГЛАЗЫРИНА, А.С. ГЛАЗЫРИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.С. БОРОВИКОВ

В настоящее время регулируемый асинхронный электропривод получил большое распространение вследствие наличия высококачественных силовых транзисторных ключей IGBT, MOSFET, HEXFET и специализированных быстродействующих микроконтроллеров из серии Motor Control. Асинхронный электропривод без механического датчика скорости обладает повышенными эксплуатационными показателями и подходит для регулирования скорости производственных механизмов в диапазоне 1 : 100. Одним из методов динамической идентификации параметров и координат

АД является применение расширенных фильтров Калмана (ФК). Для реализации ФК разработана специальная линеаризованная математическая модель асинхронного двигателя (АД) в пространстве состояний пригодная для рекуррентной процедуры оценивания. Эталонная математическая модель АД является нелинейной и представляется в нормальной форме Коши. Разработаны имитационные модели в программе Matlab/Simulink, позволяющие оценить работу ФК в динамических режимах работы разомкнутого и замкнутого асинхронного электропривода. Полученные исследования показали, что ФК дает приемлемые результаты по оценке основных параметров АД в установившихся режимах и удовлетворительные в переходных режимах во всех динамических режимах работы векторного асинхронного электропривода. Следует рекомендовать процедуру калмановской фильтрации для построения идентификаторов состояния нагруженных бездатчиковых векторных асинхронных электроприводов, работающих с большинством типов производственных механизмов.

УДК 621.313

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Д.Д. АХУНОВ, Р.Ф. ДАВЛЕТШИН, И.И. ЯРУЛЛИН,
А.Р. САХАБУТДИНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Ю. КОРНИЛОВ

Анализ метрологических характеристик измерительных трактов преобразователей частоты в составе электроприводов переменного тока показывает, что их можно отнести к одному из подклассов информационно-измерительных и управляющих систем.

Применяемые в настоящее время на производстве устройства измерения метрологических характеристик измерительных трактов электроме- ханических систем, несмотря на высокую надежность по целому ряду характеристик (точность, быстродействие, стоимость и др.), не удовлетворяют современным требованиям, кроме того они обеспечивают контроль одной-двух физических величин.

Поэтому создание универсальных информационно-измерительных поверочных устройств, обеспечивающих требуемую по ГОСТ точность

измерений, и разработка единой методики оценки погрешностей измерительных трактов преобразователей частоты является актуальной проблемой.

В докладе рассмотрены метрологические характеристики (погрешность средства измерений, чувствительность, цена деления шкалы, вариация показаний и др.), оказывающие влияние на эффективность работы системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Систематизированы существующие методики, разработанные для выявления и устранения погрешностей информационно-измерительных устройств, входящих в состав электромеханических систем. Предложена методика оценки погрешностей измерительных трактов электромеханической системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель в процессе функционирования.

УДК 621.313; 622.692

О ЗАКОНАХ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

О.В. КАБАРГИНА, О.В. НИКУЛИН, УГНТУ, г. Уфа
Науч. рук. канд. техн. наук, проф. В.А. ШАБАНОВ

В бурении для привода буровых лебедок и насосов и в транспорте нефти для привода магистральных насосов широко используются нерегулируемые синхронные двигатели (СД). Поэтому для таких технологических установок представляет интерес использование полупроводниковых преобразователей частоты для регулирования уже установленных СД. С экономической точки зрения такое решение выгоднее, чем замена синхронных двигателей на комплектные частотно-регулируемые электроприводы с асинхронными двигателями (АД).

При частотном регулировании СД и АД желаемым законом регулирования является такой, при котором во всем диапазоне регулирования скорости поддерживается постоянство перегрузочной способности двигателя. Максимум момента для неявнополюсных СД

$$M_M = \frac{3UE}{\omega_0 x_d}, \quad (1)$$

где U – напряжение питания на выводах СД; E – ЭДС в обмотке статора, наведенная магнитным полем возбуждения; x_d – индуктивное сопротивление.

В практических расчетах момент по выражению (1), как правило, принимается за предел статической устойчивости и для явнополюсных СД.

С использованием (1) закон частотного регулирования СД в относительных величинах можно преобразовать к виду $\gamma \cdot i_f = \mu_c \cdot \alpha$, где

$$\gamma = \frac{U_{1\phi}}{U_{1\text{ном}}}; \alpha = \frac{f_1}{f_{1\text{ном}}}; \mu_c = \frac{M_c}{M_{c.\text{ном}}} \quad i_f = \frac{i_B}{i_{B.\text{ном}}},$$

где f_1 и $f_{1\text{ном}}$ – текущее и номинальное значения частоты; M_c и $M_{c.\text{ном}}$ – текущее и номинальное значения статического момента на валу; i_B и $i_{B.\text{ном}}$ – текущее и номинальное значения тока возбуждения.

Законы частотного регулирования АД и СД будут совпадать только в том случае, если ток возбуждения СД изменяется по закону $i_B = \gamma/\alpha$. На буровых установках и в транспорте нефти изменение тока возбуждения СД используется, обычно, для поддержания коэффициента мощности близким к единице. В докладе показано также, что изменение тока возбуждения может использоваться для упрощения законов регулирования напряжения и частоты. Поэтому, в общем случае, законы частотного регулирования АД и СД могут не совпадать.

УДК 62-83:621.313

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ СИГНАЛОВ НА КАЧЕСТВО МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

К.Ю. ЕФИМОВА, А.Н. ЕЛАКОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.В. ЛОМАКИН

Целью работы являются: исследование влияния ограничителей сигналов на качество модального управления электропривода.

В работе рассмотрены следующие задачи: синтез узла токовой отсечки, анализ характеристики двигателя с узлом токовой отсечки.

Актуальность: недостатком системы модального управления является отсутствие ограничения координат при больших изменениях входных воздействий. Улучшить свойства электропривода с суммирующим усилителем при больших изменениях входных воздействий можно с помощью нелинейных обратных связей – отсечек. Задачу исключения токовой связи в зоне рабочих нагрузок и введения сильного токоограничения в зоне больших нагрузок выполняет так называемая токовая отсечка.

При введении токоограничителей в динамическую модель электропривода переходная характеристика модального управления стала близка к

переходной характеристике подчиненного управления. Однако за счет ограничения координат снизилось быстродействие системы, увеличились перерегулирование и колебательность.

УДК 621.771.016

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ТОЛЩИНЫ ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ ПРОКАТНОМ СТАНЕ

С.А. ПЕТРЯКОВ, МГТУ им. Г.Н. Носова, г. Магнитогорск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.Р. ХРАМШИН

Задачей системы автоматического регулирования толщины полосы (САРТ) является получение проката заданной толщины с улучшенными показателями по продольной разнотолщинности. На рисунке представлена осциллограмма отклонения толщины от заданной для полосы толщиной 6 мм широкополосного стана 2000 горячей прокатки ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК»).



Сигнал отклонения выходной толщины от заданной системы диагностики
стана 2000 горячей прокатки

На приведенной осциллограмме можно наблюдать значительное отклонение толщины головного участка от средней толщины полосы в сторону уменьшения. Величина отклонения составляет 5–8 %, длительность порядка 15 с, что соответствует прокатке около 40 м полосы. Данный вид разнотолщинности имеет место при прокатке полос различного сортамента независимо от исходной толщины.

Возникла необходимость применения дополнительных мер по устранению указанного типа разнотолщинности. Для этого был применен способ регулирования, согласно которому подается дополнительное управляющее воздействие на гидравлические нажимные устройства, обеспечивающее разведение валков на головном участке полосы с последующим их возвращением в заданную позицию для прокатки основного участка.

Экспериментальные исследования показали, что наибольший эффект наблюдается при разведении валков нескольких первых клетей чистовой группы. Использование данной коррекции позволило практически полностью устранить уменьшение толщины металла на головном участке. Полученные результаты дают основания для дальнейшего совершенствования данного способа регулирования. Также рассматривается возможность применения самообучающегося алгоритма для расчета параметров коррекции на головном участке полосы.

УДК 621.3

ОБНАРУЖЕНИЕ НАРУШЕНИЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

И.Р. ЛАТИПОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.Ю. КОРНИЛОВ

Качество выполняемых операций электротехнического комплекса в ремонтных предприятиях является основой экономической эффективности производственного цикла. Исследование качества функционирования затруднено тем, что признак нарушения можно обнаружить только в конце производственного цикла, когда товар или оборудование, бывшее в ремонте, уже отпущено и эксплуатируется. Явные признаки нарушения обнаруживаются при испытании и контрольном измерении. Признаком нарушения качества скрытых работ (инструментальное измерение крайне усложнено и требует специального лабораторного оборудования) является постепенное увеличение повторных ремонтов и продление технологической операции.

Для разработки математической модели зависимости технологических установок наиболее целесообразно использовать общие методы теории надёжности, описывающие процедуры поиска отказавших элементов в сложном оборудовании, так как такие модели могут помочь сформулировать важные для практики инженерные рекомендации.

Задача состоит в том, чтобы на основании априорной вероятности отказа элемента оборудования и известной стоимости проведения проверки найти оптимальный порядок проверки элементов оборудования. Для каждой проверки рассчитывается математическое ожидание затрат на ее осуществление, эффективность и возможность при использовании данной

проверки исключить последующие. Рассчитать на модели специального вида – кусочно-линейные процессы, описывающие зависимость отказов от произведённых изменений, модернизаций и ремонта оборудования. Таким образом, задача сводится к составлению программы испытаний (поиска отказа) по критерию «вероятность отказа – стоимость проверки».

УДК 621.313.2

АНАЛИЗ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КЛЕТИ ПРОКАТНОГО СТАНА

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

Нагрузочные диаграммы электроприводов широкополосного стана горячей прокатки стана являются основными характеристиками, необходимыми для анализа работы электрического и механического оборудования. Для действующих прокатных станов их расчет необходим при формировании новых и уточнении существующих программ прокатки. Применительно к главным электроприводам стана 2000 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») этот вопрос возник в связи с переходом на прокатку трубной заготовки (полосы толщиной до 16 мм), прокатка которой не предусмотрена на станах подобного типа. Особенностью нагрузочных диаграмм электропривода клетки является то, что существенную часть времени цикла занимают динамические режимы разгона и торможения при наличии металла в валках. Соответственно динамическая составляющая тока двигателя оказывает существенное влияние на формирование полного тока.

В связи с изложенным возникла необходимость разработки математических моделей, позволяющих эффективно выполнять расчет нагрузочных диаграмм, а также методики проверки по нагреву электродвигателей, освобождающей от громоздких расчётов и применимой для электроприводов как постоянного, так и переменного тока.

Автором разработана методика проверки по нагреву, связывающая эквивалентный ток двигателя непосредственно с технологическими параметрами, которая включает:

- набор требуемых исходных данных;
- последовательность (алгоритм) расчета тахограмм электроприводов технологической линии;

- математические соотношения для расчета основных параметров цикла прокатки: длительности цикла, обжатия и вытяжки по клетям;
- математические соотношения для определения установившихся значений скоростей электроприводов для каждой клетки.

Расчет эквивалентного тока значительно упрощается и позволяет при коррекции технологических параметров сразу же получать значение эквивалентного тока двигателя без промежуточных расчетов нагрузочной диаграммы. Разработанная методика реализована в виде официально зарегистрированного программного обеспечения и используется при анализе и согласовании технологических программ стана 2000 горячей прокатки и толстолистного стана 5000 ОАО «ММК».

УДК 681.513.5

АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРОВ СОСТОЯНИЯ

В.В. АПОЛОНСКИЙ, ИГЭУ, г. Иваново

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

Аналитический расчет параметров регулятора состояния (РС) в условиях, когда параметры объекта управления (ОУ) известны лишь приближенно, может давать неудовлетворительные результаты. В связи с этим возникает необходимость проводить настройку параметров РС.

Задача настройки ставится как задача оптимизации по критерию Харрингтона, в связи с этим исследовались два метода оптимизации: симплекс и Девидона-Флетчера-Пауэлла (ДФП). В результате проявились недостатки этого подхода, выраженные в появлении локальных минимумов, большого числа итераций поиска оптимального значения.

Применение эталонной модели системы дает единственную точку экстремума, что исключает возникновение локальных минимумов целевой функции и положительно сказывается на процессе поиска оптимальных параметров РС.

Использование априорной информации об ОУ позволяет сократить время настройки и соответственно число опытов за счет снижения размерности задачи. При таком подходе варьированию подвергаются 1–2 параметра ОУ с пересчетом параметров РС на каждом шаге поиска.

Применение эталонной модели для автоматической настройки параметров РС с наблюдателем состояния (РС с НС) также дает устойчивую

сходимость процесса поиска. Данный подход целесообразно применять в случае, когда невозможно непосредственно измерить все координаты состояния ОУ.

Исследование проводилось на примере двухмассовой электромеханической системы. В результате выполнения настройки с варьированием параметров РС, ДФП метод дает оптимальные параметры РС за 20÷40 итераций поиска, а симплекс метод – за 40÷60. Аналогичные показания дает настройка параметров РС с НС. При варьировании параметров коэффициента жесткости C_{12} и момента инерции J_2 ОУ метод ДФП дал оптимальные параметры РС за 15÷30 итераций поиска, а симплекс метод – за 25÷45.

УДК 539.171

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В НЕФТЯХ И НЕФТЕПРОДУКТАХ ПАРАФИНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Э.Г. ГАЗИЗОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Определение концентрации парафинов в нефтях и нефтепродуктах – актуальная задача с точки зрения выбора методов переработки сырья, а также, что может быть более важно – с образованием асфальтопарафиновых отложений (АСПО) на стенках бурильных труб и трубопроводов, снижая объем добычи, эффективность переработки и приводящих к авариям. Их определение традиционными методами по ГОСТ 2177-99 (ИСО 3405-88) представляет собой трудоемкую и длительную по времени задачу. Актуальной является проблема разработки метода экспресс-анализа парафинов.

Нами предложен способ селективного, оперативного и более точного анализа парафинов в нефтях и нефтепродуктах. Сущность способа заключается в следующем. При облучении на длине волны $\lambda = 1,85$ мкм происходит поглощение энергий молекулами парафиновых звеньев и молекулы переходят в возбужденное состояние. Способ включает возбуждение в образце, помещенном в постоянное магнитное поле, сигналов спин-эхо ядерного магнитного резонанса (ЯМР), измерение времен релаксации T_{2i} без облучения и T_{2i}^* при облучении образца в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра, вычисление относительного изменения времен релаксации по формуле $\Delta T_{2i} = \frac{T_{2i}^* - T_{2i}}{T_{2i}}$ и определение концентрации C_i фракции по фор-

муле $C_i = k1_i + k2_i(\Delta T_{2i})^{k3i}$. Анализ парафинов осуществляли устройством, состоящим из релаксометра ЯМР на частоту 12,4 МГц и некогерентного перестраиваемого БИК-излучателя, имеющего длину волны излучения 1,85 мкм.

Результаты измерений нефти с добавкой в нефть парафина н-декана $C_{10}H_{22}$ в количестве 0,5; 1 и 1,5 г дали корреляции между концентрацией парафина Π и ΔT_{2B}^* . Аналитически зависимость для ΔT_{2B}^* можно описать уравнением

$$\Pi = 0,02(\Delta T_{2B}^*)^3.$$

То есть концентрацию парафинов можно определить из измерений изменений времен релаксации ΔT_{2B}^* по формуле

$$C_i = k1_i + k2_i(\Delta T_{2i})^{k3i},$$

где коэффициенты $k1 = 0$, $k2 = 0,02$, $k3 = 3$.

Таким образом, возбуждая ИК-излучением молекулярные колебания парафиновых звеньев и измеряя изменение времен спин-спиновой релаксации, можно оперативно определять их количество в образце.

УДК 621.313.333

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ДАТЧИК СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Л.Е. КОЗЛОВА, А.С. ГЛАЗЫРИН, ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ю.С. БОРОВИКОВ

Наиболее распространенным типом электродвигателя современного электропривода (ЭП) является асинхронный двигатель (АД). Наиболее полно полезные свойства АД в составе ЭП можно использовать, лишь зная мгновенные величины всех координат (скорости, момента, потокосцепления ротора и статора и т. д.) и параметров схемы замещения АД, в первую очередь сопротивление роторных обмоток. Одним из методов динамической идентификации параметров и координат АД является применение нейроэмуляторов – моделей АД, полученных с применением искусственной нейронной сети (ИНС).

При составлении тренировочного набора для ИНС используются мгновенные значения токов, напряжений статора и скорости АД, снятые экспериментально в режимах пуска, реверса, торможения, наброса и сброса нагрузки. Для исключения импульсных помех к массивам измеренных

данных применяется алгоритм нелинейной цифровой фильтрации. Отфильтрованные экспериментальные данные подвергаются прямому преобразованию Парка. Для избежания переобучения ИНС часть экспериментальных данных выделена в специальный контрольный массив, не задействованный для тренировки ИНС. В ходе исследований были проведены численные эксперименты по синтезу нейроэмуляторов с такими функциями активации искусственных нейронов как сигмоидальная и тангенциальная; варьировались количество скрытых слоев и нейронов в скрытом слое, параметры задержанных сигналов.

В результате были получены работоспособные имитационные модели нейроэмуляторов АД, позволяющие производить оценку скорости вращения ротора без датчика скорости с приемлемой погрешностью.

УДК 62-83:681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ КАК УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

М.В. ЕРЕМЕЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Проектирование механизмов-манипуляторов требует решения таких задач, как создание манёвренности, устойчивости в работе, выбор правильного соотношения полезных и холостых ходов.

Промышленный робот-манипулятор имеет «механическую руку» (одну или несколько) и вынесенный пульт управления или встроенное устройство программного управления, реже ЭВМ. Он может, например, перемещать детали массой до 30 кг в радиусе действия его «механических рук» (до 2 м), выполняя от 200 до 1000 перемещений в час, в зависимости от технологического задания. Промышленные роботы – автоматы имеют преимущество перед человеком в скорости и точности выполнения ручных однообразных операций. Наиболее распространены роботы-манипуляторы с дистанционным управлением и «механической рукой», закрепленной на подвижном или неподвижном основании. Оператор управляет движением манипулятора, наблюдая работу непосредственно на телевизионном экране. Робот снабжается «телевизионным глазом» – передающей телевизионной камерой. Часто робот оснащают обучающейся автоматической системой управления. Если такому роботу «показывают» последовательность

операций, то система управления фиксирует всё в виде программы управления и затем точно воспроизводит при работе.

Роботы-манипуляторы используют для работы в условиях относительной недоступности, либо в опасных, вредных для человека условиях. В 60-х гг. появились подводные роботы-манипуляторы разнообразных конструкций и назначения: от глубоководных управляемых аппаратов с «механическими руками» (в частности, для захвата образцов породы со дна моря) и ползающих по морскому дну платформ с исследовательской аппаратурой до подводных бульдозеров и буровых установок.

Роботы-манипуляторы показали себя как надежные, высокоточные системы управления на производстве. Таким образом, исследование развития робототехники является актуальной задачей.

УДК 621.314.001.5

РАЗРАБОТКА ТИРИСТОРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

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

Надежная работа электроприводов (ЭП) клеток непрерывного прокатного стана может быть обеспечена лишь в том случае, если будет обеспечен динамический запас выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя (ТП) в режимах ударного приложения нагрузки в момент захвата полосы и в начальный момент разгона при прокатке с ускорением. Дополнительное увеличение запаса обеспечивает повышение надежности ЭП, однако приводит к увеличению потребления реактивной мощности, зависящей при постоянстве тока нагрузки от степени регулирования выпрямленной ЭДС.

Теоретические и экспериментальные исследования динамических режимов главных электроприводов широкополосного стана 2000 горячей прокатки ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» позволили определить уровень потребляемой реактивной мощности, составляющий 0,6–1,2 Мвар на клетку, что приводит к потерям электрической энергии в пределах 1,3–2 млн кВт·ч/год. Такие потери определяют необходимость проведения мероприятий по уменьшению потребления реактивной энергии при сохранении высоких показателей надежности ЭП.

С целью улучшения энергетических показателей разработана концепция систем двухзонного регулирования, в основу которой положен принцип перераспределения запаса выпрямленной ЭДС ТП в установившемся и динамических режимах. Это позволяет уменьшить величину запаса за счет более рационального его использования. В рамках названной общей концепции предложены способ и система зависимого управления потоком возбуждения в функции выпрямленной ЭДС ТП. Суть способа заключается в том, что задающее воздействие на регулятор внешнего контура в цепи возбуждения формируется пропорциональным номинальной выпрямленной ЭДС. Для ограничения запаса выпрямленной ЭДС ТП при отработке ударного приложения нагрузки разработаны системы двухзонного регулирования скорости с переключением координаты, регулируемой по цепи возбуждения.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования разработанных систем двухзонного регулирования продемонстрировали возможность снижения запаса выпрямленной ЭДС ТП практически без ухудшения динамических показателей и надежности работы электропривода. Улучшение энергетических показателей обеспечивается практически без капитальных затрат за счет снижения вторичного напряжения преобразовательного трансформатора.

УДК 681.5:62-63

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ФИРМЫ MITSUBISHI ELECTRIC

Г.В. ЗАЛЯЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Целью работы является программирование нового лабораторного стенда частотного регулируемого электропривода фирмы Mitsubishi Electric.

Всё программное обеспечение основано на стандартах компании Microsoft (OPC и др.), что обеспечивает пользователю широкий спектр коммуникационных возможностей и понятный интерфейс. Комплекс MELSOFT состоит из трёх основных блоков:

1. Визуализация.
2. Программирование.
3. Связь.

Программное обеспечение для визуализации делится на 4 версии: MX4 SCADA, MX4 HMI, GT Works2, MX Sheet.

Программирование контроллеров осуществляется с помощью программы GX IES Developer. GX IES Developer – это мощный пакет программирования и документирования. Он поддерживает внедрение всего диапазона программируемых контроллеров Mitsubishi, начиная от начального планирования проекта и заканчивая ежедневной эксплуатацией.

Программа MX Sheet позволяет пользователям собирать данные с программируемых контроллеров и анализировать их, используя знакомые средства и функции. Кроме этого, MX Sheet способна анализировать и отображать данные, поступающие в реальном времени, в виде таблиц, графиков и диаграмм.

В настоящее время идет комплектация блоков и элементов стенда за счет помощи предприятий спонсоров и разработка конструкции стенда. Для создания учебно-лабораторного стенда подобран сервопривод фирмы «Mitsubishi Electric» серии FR-A700 мощностью 0,75 кВт, номинальной скоростью вращения 3000 об/мин и сервоусилитель серии MR-J3 мощностью 0,75 кВт.

Предположительно комплектация будет закончена в феврале 2010 года.

УДК 621.314.26:64.382

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ ДВУХФАЗНОЙ ШИМ

А.Е. ПОЛЯКОВ, С.Д. МИРОНОВ, УлГТУ, г. Ульяновск
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.Н. СИДОРОВ

Представленный в докладе способ управления 2-фазной ШИМ осуществляется на основе скалярного принципа управления на несущей частоте, превышающей частоту питающего напряжения сети при её 4-кратном переключении силовых транзисторов на каждом периоде несущей частоты, происходящим в моменты равенства вырабатываемой в модуляторе 1-фазного опорного сигнала пилообразной формы и 3-фазного модулирующего сигнала $\bar{x}(t) = [x_a(t) \quad x_b(t) \quad x_c(t)]$, который получают потактными изменениями величины и формы гармонического 3-фазного задающего сигнала $\bar{X}(t) = [X_a(t) \quad X_b(t) \quad X_c(t)]$ той же частоты, согласно за-

зависимости $\bar{x}(t) = \bar{z}(t) \cdot \bar{X}(t)$ с помощью 3-фазной переключательной функции $\bar{z}_i(t) = [z_{ai}(t) \quad z_{bi}(t) \quad z_{ci}(t)]$, каждая фаза которой образована чередованием тех или иных тактовых импульсов $z_{i=1,2,..6}$ единичной амплитуды длительностью $\pi/3$, делящих период задающего сигнала $X_A(t)$ с момента прохождения через нуль положительную сторону, на шесть равных промежутков времени.

Для этого фазные значения модулирующих сигналов предлагается формировать согласно зависимостям:

$$\begin{aligned}x_a(t) &= z_{ai}(t) \cdot X_A(t) + z_2(t) - z_5(t); \\x_b(t) &= z_{bi}(t) \cdot X_B(t) - z_1(t) + z_4(t); \\x_c(t) &= z_{ci}(t) \cdot X_C(t) - z_3(t) + z_6(t).\end{aligned}$$

Здесь:

$$\begin{aligned}z_{ai}(t) &= (z_1(t) + z_3(t) + z_4(t) + z_6(t)); & X_A(t) &= \mu \sin(k\omega_0 t); \\z_{bi}(t) &= (z_2(t) + z_3(t) + z_5(t) + z_6(t)); & X_B(t) &= \mu \sin(k\omega_0 t - 2\pi/3); \\z_{ci}(t) &= (z_1(t) + z_2(t) + z_4(t) + z_5(t)); & X_C(t) &= \mu \sin(k\omega_0 t + 2\pi/3),\end{aligned}$$

где ω_0 – круговая частота сети; $k = \omega/\omega_0$ – кратность отношения частоты задающего сигнала к частоте сети; μ – глубина модуляции напряжения.

УДК 621.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРАХ

Н.Р. ФАСХИЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

При определении оптимальной напряженности электрического поля в межэлектродном пространстве снимают графики зависимости скорости выпадения воды при отстое эмульсии, обработанной предварительно в электрическом поле, от напряженности поля. Данная зависимость имеет экстремальный характер. Возникновение экстремума некоторые авторы объясняют дроблением наиболее крупных капель эмульсии в электрическом поле большой напряженности. Другие же авторы считают, что причиной возникновения экстремальной зависимости может быть ослабление силового взаимодействия капель эмульсии за счет электрического пробоя между ними в полях с напряженностью выше критической. Подобный ме-

ханизм также позволяет объяснить и ослабление эффекта от воздействия электрического поля на эмульсию при повышении проводимости нефти.

Для количественной оценки связи между напряженностью поля, проводимостью эмульсии и мощностью трансформаторов рассматривают следующую схему, где сопротивление нагрузки трансформатора представляют в виде параллельно соединенной емкости C , образуемой электродами, и сопротивления R , определяемого проводимостью эмульсии в межэлектродном пространстве. Если площадь электродов S , расстояние между ними l , диэлектрическая проницаемость эмульсии ϵ и ее проводимость χ , то величины C и R можно определить по формулам

$$R = \frac{l}{S\chi}, C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{l}, \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}. \quad (1)$$

Пользуясь правилом пересчета нагрузки трансформатора в его первичную цепь, заменяют рассматриваемую цепь подключения электродов эквивалентной. При этом считают, что активное сопротивление реактора и трансформатора гораздо меньше активного сопротивления нагрузки, а индуктивное сопротивление реактора гораздо больше индуктивного сопротивления трансформатора при коротком замыкании.

При больших проводимостях эмульсии, задавая значение напряженности электрического поля E в межэлектродном пространстве, получают следующее выражение для определения номинальной мощности трансформатора

$$N_T = \frac{U_{20}^2}{R} = E^2\chi V = N_{T0}V, \quad (2)$$

где N_{T0} – требуемая мощность для поддержания напряженности поля E в единице объема; V – полный объем электрического поля, U_{20} – напряжение на электродах.

УДК 681.54

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

У.М. МВАКУ, КГЭУ, г. Казань

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

Современный этап развития промышленного производства характеризуется переходом к использованию передовой технологии, стремлением добиться предельно высоких эксплуатационных характеристик как дейст-

вующего, так и проектируемого оборудования, необходимостью свести к минимуму любые производственные потери. Все это возможно только при условии существенного повышения качества управления промышленными объектами, в том числе путем широкого применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Технико-экономическими предпосылками создания АСУТП являются, прежде всего, рост масштабов производства, увеличение единичной мощности оборудования, усложнение производственных процессов, использование форсированных режимов (повышенные давления, температуры, скорости реакций), появление установок и целых производств, функционирующих в критических режимах, усиление и усложнение связей между отдельными звеньями технологического процесса.

В последнее время в развитии многих отраслей промышленности появились новые факторы, связанные не только с повышением требований к количеству и качеству выпускаемой продукции, но и с напряженностью в области трудовых ресурсов. Рост производительности труда, в том числе путем его автоматизации, становится практически единственным источником расширения производства. Указанные обстоятельства предъявляют новые требования к масштабам использования и к техническому уровню АСУТП, к обеспечению их надежности, точности, быстродействия, экономичности, т. е. к эффективности их функционирования.

Поэтому на первый план выдвигается задача оптимального управления технологическими процессами, решить которую без развитой АСУТП в большинстве случаев невозможно.

UDC 681.54

THEORETIC-EXPERIMENTAL FUNDAMENTALS OF AUTOMATING TECHNOLOGICAL COMPLEXES

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

The present stage in the development of industrial production is characterised by transition to high technology use, aspiration to achieve extremely high operational characteristics both operating, and the projected equipment, the necessity to reduce any industrial losses to minimum. All this is possible only under the condition of essential improvement of the quality of management by in-

dustrial targets, including by the wide application of the automated control systems by technological processes.

Technical and economic preconditions of creating the automated control systems by technological processes are, first of all, growth of scales of manufacture, increase in individual capacity of the equipment, complication of productions, use of the forced modes (elevated pressures, temperatures, speeds of reactions), occurrence of installations and the whole manufactures functioning in critical modes, strengthening and complication of communications between separate links of technological process.

Recently in the development of many industries there have been new factors connected not only with the increase of requirements to the quantity and quality of let-out production, but also with the intensity in the fields of manpower. Labour productivity growth, including by its automation, becomes almost unique source of expansion of manufacture. The specified circumstances make new demands to scales of use and to technological levels of the automated control systems by technological processes, to the maintenance of their reliability, accuracy, speed, profitability, i.e. to efficiency of their functioning.

Therefore, the optimum control problem is put forward on the foreground by technological processes, the solution of which is impossible without the developed automated control systems by technological processes.

СЕКЦИЯ 5. ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

УДК 621.311.04

ДИСТАНЦИОННАЯ ИНДИКАЦИЯ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПО ДАННЫМ ПЛАМЕННОЙ СПЕКТРОРАДИОМЕТРИИ И СПЕКТРОМЕТРИИ

Н.Ф. ЛОКТЕВ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

Рассматриваются результаты пламенной спектрометриии и спектрометрии на предмет определения микроструктуры дисперсной фазы продуктов сгорания из измерений абсолютных спектров яркости продуктов сгорания и спектров поглощения излучения пламенем, а также определения спектральных оптических характеристик золя продуктов сгорания. Результаты выполненных ранее экспериментальных исследований на пла-

менных измерительных комплексах и методом отбора проб продуктов сгорания на многоходовых кюветах показали существенное влияние золя продуктов сгорания на радиационный теплообмен. Выполненная диагностика спектров ослабления, поглощения и рассеяния излучения и излучательной способности золя продуктов сгорания для различных газовых ингредиентов топлива (метана, пропан-бутана и ацетилена) показала, что оптическая плотность и микроструктура золя в пламенах зависит от молекулярного состава топлива, а также изменяется по мере движения продуктов сгорания в струях. Выполнены расчеты эмиссии газовой фазы продуктов сгорания с учетом равновесных и неравновесных процессов излучения и определены спектральные каналы для дистанционной диагностики дисперсной фазы продуктов сгорания. Оптимальными для целей дистанционной диагностики золя продуктов сгорания являются длины волн λ , мкм : 0,287; 0,34; 0,6; 1,08; 2,62; 4,15. Полученные сведения по спектрам эмиссии и поглощения излучения золем продуктов сгорания использованы для определения его микроструктуры. Наиболее тонкодисперсным является золь при сжигании метана, фракция средней дисперсности образует золь при сжигании пропана-бутана. Наиболее крупнодисперсный золь и наибольшая его оптическая плотность наблюдается при сжигании ацетилена. При сгорании смеси различных ингредиентов газового топлива рекомендовано считать, что сгорание каждого ингредиента является независимым процессом, что дает возможность оперативного моделирования радиационных характеристик золя в сложных по ингредиентному составу топливах. С нормировкой оптических характеристик на оптическую плотность дисперсной фазы, полученную из эксперимента.

УДК 629.125:551.521

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА В МНОГОКАМЕРНЫХ ТОПКАХ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Р.А. ЗАГИДУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

Решение задач радиационного теплообмена в топочных устройствах и энергетических установках сопряжено со значительными трудностями, обусловленными высокой неоднородностью поля температуры по объёму камеры сгорания и в газоходах, многокомпонентностью ингредиентного состава продуктов углеводородного топлива, наличием струйных течений

(циркуляции) воздушной массы и турбулентных неоднородностей. Кроме того, продукты сгорания включают в себя дисперсную фазу продуктов сгорания – сажестый аэрозоль, как следствие недогорания топлива и как результат генерации сажевых частиц в процессе пиролиза углерода в продуктах сгорания. Выполненные анализы результатов эмиссии пламён показали наличие неравновесного излучения в УФ и ИК частях спектра как результат хемилюминесценции в процессах горения топлива. Рассматриваются вопросы замкнутого моделирования радиационного теплообмена, когда вычисляется химический состав продуктов сгорания, скорость радиационного выхолаживания и распределение температуры по объёму топочной камеры и распределение потоков теплового излучения по тепловоспринимающим поверхностям камеры сгорания. Особое внимание уделяется многокамерным топкам, позволяющим существенно увеличить паропроизводительность котельной установки при сохранении объёма топочной камеры.

Анализируются оптические характеристики различных ингредиентов газовой и дисперсной фаз продуктов сгорания и особенность радиационного теплообмена в котлах различных конструкций и соотношение вкладов в теплообмен радиационного, конвективного и диффузионного теплообмена. В многокамерной топке с подовым, матричным горелочным устройством, формирующим восходящий поток пламени, конвективный теплообмен практически отсутствует, кроме потолочной части камеры сгорания, что существенно облегчает расчёты потоков тепла на тепловоспринимающие поверхности.

УДК 536.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ И АКСИАЛЬНОЙ КРУТКИ ВОЗДУХА НА ТЕМПЕРАТУРУ ФАКЕЛА КОТЛА ТГМ-84А

Р.Г. ГИЛЬФАНОВ, Д.Г. ХУСАИНОВ, И.Г. ГАРАЕВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.А. ТАЙМАРОВ

В наше время достаточно немало были проведены эксперименты с исследованием температур внутри топочного пространства. Измерение температур происходило как контактными, так и бесконтактными способами. При совместном исследовании температуры факела в топочном объёме контактными и бесконтактными способами результаты становились более

убедительными. Однако мало было проведено исследований температур факела в зависимости от тангенциальной и аксиальной крутки воздуха, поэтому данная работа является актуальной.

В данной работе проводились эксперименты на котле № 1 ТГМ-84А Казанской ТЭЦ-3, для определения температуры факела использовались термозонд и ОППИР-017. Аксиальная крутка воздуха, от нулевого до максимального, регулируется перегородкой, которая может быть закрыта и открыта. Тангенциальная крутка воздуха, от нулевого до максимального, регулируется поворотом лопаток через штурвал. Лопатки аксиального завихрителя неподвижны.

При исследовании влияния тангенциальной и аксиальной крутки воздуха на температуру факела были получены следующие результаты: для котла № 1 ТГМ-84/А с нагрузкой 260 т/ч при закрутке от нулевой до максимальной аксиальной и тангенциальной крутки воздуха температура факела в лючках на отметке 6,2 м будет выше на 4 %, на отметке 10,8 м будет выше на 6 %; площадь температурного поля в 1200 °С на отметке 6,2 м увеличивается при закрутке воздуха от нулевой до максимальной крутки в 3 раза, на отметке 10,8 м в 5,7 раза для котла ТГМ-84/А № 1 КТЭЦ-3 при паровой нагрузке 260 т/ч (если принять температурное поле круглым); температурное поле смещается от заднего экрана к фронту котла при закрутке воздуха от нулевой до максимальной крутки: 1-й и 2-й горелки на 0,2 м (на отметке 6,2 м), на 0,3 м (на отметке 10,8 м); 3-й и 4-й горелки на 0,1 м (на отметке 6,2 м), на 0,9 м (на отметке 10,8 м); все горелки на 0,4 м (на отметке 6,2 м), на 0,6 м (на отметке 10,8 м). Температурное поле смещается от заднего экрана к фронту котла при закрутке воздуха от нулевой до максимальной для: 1-й и 2-й горелки на 0,2 м (на отм. 6,2 м), на 0,3 м (на отм. 10,8 м); 3-й и 4-й горелки на 0,1 м (на отм. 6,2 м), на 0,9 м (на отм. 10,8 м); все горелки на 0,4 м (на отм. 6,2 м), на 0,6 м (на отм. 10,8 м).

УДК 551.583

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ И КЛИМАТ

Я.С. САФИУЛЛИНА, М.С. САДЫКОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. **Н.И. МОСКАЛЕНКО**

В настоящее время стала общепризнанной важность антропогенных воздействий на окружающую среду и временные тренды изменения климата на Земле, которые проявляются через механизм парникового эффекта,

вызванного изменениями оптических свойств газовой и дисперсной фаз атмосферы и подстилающей поверхности.

Ранее предполагалось, что будущие изменения климата связаны с возрастанием концентрации CO_2 . Однако, широкий комплекс исследований, показал, что антропогенные изменения климата в большей степени обусловлены малыми оптически активными газовыми компонентами и атмосферными аэрозолями, парниковый эффект которых усиливается через воздействие на оптические свойства облаков и рост влагосодержания в атмосфере. Исследования парникового эффекта и его влияния на временные тренды изменений климата относятся к среднеглобальной атмосфере, в то время как структурные характеристики атмосферы значительно различаются в зависимости от региона и времени года. В связи с этим предложено выполнение зонального моделирования парникового эффекта антропогенных выбросов с использованием статистических данных по структурным характеристикам атмосферы по многолетним результатам исследований аэрологического и космического зондирования атмосферы. В качестве фоновых структурных моделей используется библиотека, синтезированная в интересах глобального моделирования спектров излучения естественных фонов Земли и атмосферы для аэрокосмических систем и разработки статистических моделей спектров уходящего излучения. В интересах получения необходимых исходных данных выполнены исследования ингредиентного состава продуктов сгорания топлив и продуктов промышленного производства методом тонкоструктурной спектроскопии, когда концентрация ингредиента определяется по поглощению излучения в линиях отдельных ингредиентов, а их идентификация выполняется по тонкой структуре спектров молекулярного поглощения.

УДК 536.3

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПЕНИ ЧЕРНОТЫ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.Р. ЗАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Работа посвящена изучению нормальной спектральной и интегральной степени черноты промышленных огнеупоров (динас, шамот, высоко-

глиноземистый огнеупор). В данной работе исследуется интегральная степень черноты при нагреве на воздухе.

Для экспериментальных исследований интегральной излучательной способности материалов принят радиационный метод, так как дает наименьшую погрешность по сравнению с калориметрическим и нестационарным методами.

Схема экспериментальной установки для определения интегральной степени черноты огнеупоров приведена на рисунке.

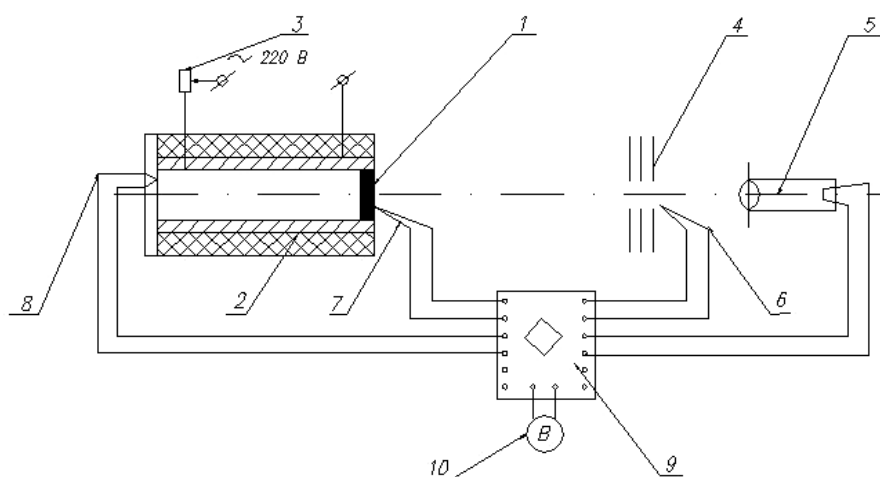


Схема экспериментальной установки для измерений интегральной излучательной способности футеровочных материалов: 1 – исследуемый образец; 2 – электрическая печь для нагрева образцов; 3 – трансформатор типа ЛАТР; 4 – экран; 5 – приемник инфракрасного излучения (ТЕРА-50); 6, 7 и 8 – термопары; 9 – блок переключатель; 10 – цифровой милливольтметр

Конструкция опытной установки позволяет производить нагрев и измерение радиационных характеристик образцов на воздухе в температурном интервале 700–1000 °С.

Максимальная погрешность эксперимента при измерении спектральной степени черноты составила 15 %, а при изменении интегральной степени черноты при температуре 1000 °С – 16 %. Температура образцов измерялась двумя хромель-алюмелевыми термопарами с диаметром термоэлектродов 0,25 мм, которые укладывались на глубину 0,6 и 1,2 мм в специальные канавки и приклеивались к образцу огнеупорной обмазкой.

УДК 621.311.04.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

И.Ш. УСМАНОВА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

Рассмотрено решение некоторых задач переноса излучения методом численного моделирования на ПЭВМ по параметрам спектральных линий поглощения колебательно-вращательных и вращательных спектров оптически активных газовых составляющих, входящих в состав продуктов сгорания различных топлив и атмосферных выбросов дымовых газов. Основной характеристикой, определяющей спектральные яркости структурно неоднородной по температуре и химическому составу среды является функция спектрального пропускания, которые вычисляются по атласам параметров спектральных линий и известному полю распределения температуры и концентрации ингредиентов, включая оптически неактивные компоненты. Используются несколько модификаций формы контуров спектральных линий: контур Лоренца с экспоненциальным спадом крыльев линий, контур Фойгта. Приводятся схемы быстрых расчетов монохроматических коэффициентов поглощения спектральных линий с последующим их использованием для расчетов монохроматических функций спектрального пропускания, монохроматических спектральных яркостей и потоков излучения. Их интегрирование по волновым числам в узких спектральных интервалах обеспечивает получение спектральных интенсивностей и потоков излучения, а интегрирование по всему спектральному диапазону и телесному углу – получение полых потоков теплового излучения. Анализируются результаты ранее выполненных расчетов и тонкие эффекты в задачах переноса, обусловленных острой селекцией спектров поглощения излучения в структурно неоднородных средах. Полученные результаты рекомендуется использовать при решении задач дистанционной диагностики ингредиентного состава продуктов сгорания оптическим методом, так как метод численного моделирования позволяет получить функции спектрометра в том числе и при высоком спектральном разрешении, измеренных спектров эмиссии при поглощении излучения продуктов сгорания.

УДК 621.311.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ИЗ СПЕКТРОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.М. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Н.И. МОСКАЛЕНКО

Рассматриваются методы определения параметров спектральных линий (интенсивностей полуширин и положение центров) из спектров высокого разрешения $\Delta = 0,06-0,2 \text{ см}^{-1}$, выполненных при различных температурах, в том числе и высоких (2100 К). Особое внимание обращается на использование минимизационных методов при численном задании аппаратных функций спектрометра. Последняя измеряется по узким спектральным линиям. Преимуществом минимизационного метода является его гибкость, позволяющая использовать в процедуре обработки спектров априорную информацию об условиях измерений и о параметрах линий. Например, в связи с тем, что положение многих спектральных линий, известно, их можно не включать в число искомых параметров. Важно и то обстоятельство, что минимизационный метод позволяет оценить среднеквадратичные ошибки восстановления параметров линий. Исключение высокочастотных шумов достигается сглаживанием измеренных спектров сплайном виде полинома пятой степени. Уровень фона (базовая линия) при обработке спектров является искомой функцией и определяется итерационной процедурой по последовательному уточнению параметров линий. Другим минимизационным методом является разделение спектра оптической толщины на индивидуальные контуры с последующим их восстановлением до истинных по известной аппаратной функции спектрометра высокого разрешения. Приводятся примеры восстановленных спектров по параметрам спектральных линий для различных газовых ингредиентов. Полученные сведения используются для определения интегральных интенсивностей полос излучения и рекомендуются для разработки высокотемпературных атласов параметров линий и при решении обратных задач определения полей температуры и состава продуктов сгорания в котельных установках и технологических агрегатах различного функционального назначения.

УДК 532.5:621.694

**РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДОЛЬНОГО РЕБРА С УЧЕТОМ
ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ТЕПЛООБМЕНА ПО ЕГО ДЛИНЕ
В АППАРАТЕ ТИПА «ТРУБА В ТРУБЕ»**

А.Я. ЗОЛОТОНОСОВ, КГАСУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Я.Д. ЗОЛОТОНОСОВ

В современных теплообменных устройствах для интенсификации процессов теплопередачи и сокращения габаритов теплообменной аппаратуры широко используются оребренные (развитые) поверхности. Для расчета оребренной поверхности наибольшее распространение получил метод теплового расчета по одномерной модели. Точные решения с учетом двумерности температурного поля строятся на базе дифференциального уравнения второго порядка в виде уравнения Лапласа. Существенно возрастает сложность математического описания процесса переноса тепла в длинных ребрах переменной высоты, установленных в проточной части теплообменных устройств типа «труба в трубе» с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор». Оребрение в таких каналах вызвано требованиями дальнейшей интенсификации процесса теплообмена (со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи), поскольку с водной стороны его среднее значение равно $1300 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, а со стороны пара, вследствие срыва конденсатной пленки с поверхности вращающегося канала и перехода с пленочного режима конденсации в «пленочно-капельный» режим конденсации, $\bar{\alpha}_n = 21000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Тепловой расчет таких ребер строится на нелинейном дифференциальном уравнении второго порядка в виде уравнения Пуассона,

$$\frac{\partial^2 T_p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_p}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T_p}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T_p}{\partial z^2} = \frac{2\bar{\alpha}}{\lambda \delta} (T_p - T_{\text{ж}}),$$

которое совместно с уравнением движения, энергии и теплопроводности стенок канала является математической моделью сопряженной задачи теплообмена в аппарате типа «труба в трубе» с оребренной проточной частью. Численная реализация рассматриваемой задачи осуществляется методом конечных элементов, заключающимся в сведении исходных дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям, решаемым обычными методами. Линеаризация полученной системы выполняется методом Ньютона. Для решения системы линейных алгебраических уравнений применяется метод сопряженных градиентов.

СЕКЦИЯ 6. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ

УДК 621.187.000.57:620.9

НАНОБИОЦИДЫ КАК СПОСОБ БОРЬБЫ С БИООБРАСТАНИЯМИ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЭЦ

Т.П. СИНЮТИНА, Т.С. ИВАНОВА, М.А. УДАЧИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

При разработке методов борьбы с биообрастаниями на конкретном производственном объекте необходим учет как характеристик условий обитания биообразателей, так и учет биологических особенностей биообразателей. Решение проблемы биообрастаний на Казанской ТЭЦ-1 невозможно без учета социально-экологических аспектов, таких как использование вод на нужды предприятия, а затем их сброс в городское озеро. Методы борьбы с биообрастаниями в системе водоводов ТЭЦ-1 не должны отрицательно сказываться на гидробиоценозе мезотрофного озера.

Изучено влияние пяти нанобиоцидов на моллюск дрейссену. Биоцидные нанокавитанты – направленно-ориентированные макромолекулярные изомеры на основе линейных высокомолекулярных и хелатных линейных высокомолекулярных соединений, катализаторов и перекиси водорода в буферной стабилизирующей среде.

Исследовано биоцидное действие составляющих нанобиоцидный препарат: перекиси водорода и катализатора. Показано, что обе составляющие вызывают смертность биообразателей. Использование в системах трубопроводов ТЭЦ перекиси водорода как биоцидов против биообрастаний не представляется возможным, поскольку она является коррозионной.

Проведенное исследование воздействия нанобиоцидов на биообразателей позволило определить концентрации, необходимые для 100 % смертности дрейссены в системе трубопроводов в течение 1–4 суток. Из исследованных препаратов – нанобиоцидов – два обладают помимо биоцидного антикоррозионным действием. Получены закономерности увеличения биоцидного эффекта в зависимости от дозы нанокавитанта и времени его воздействия на биообразателей.

Исследован процесс нейтрализации нанобиоцидов после их воздействия на организмы. Определены дозы нейтрализатора и степени разбавления для снятия биоцидного эффекта для различных тест-объектов (рыбы, дафнии).

УДК 632.15

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ И ЦИНКА 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. Промышленные выбросы вредных веществ в последний период по Нижнекамску составляют 76,1 тыс. т в год. Основными источниками поступления тяжелых металлов в листовую опад являются промышленные предприятия города.

Для определения содержания меди и цинка в листовом опаде берёзы повислой использовался листовая опад, собранный по 3 маршрутам с учетом расположения по отношению к источникам загрязнения.

Анализы химического состава листового опада выявили содержание цинка и меди, входящих в перечень тяжелых металлов II класса опасности, встречающихся в окружающей среде промышленных городов.

Минимальная концентрация меди в листовом опаде составила 5,99 мг/кг сухой массы. Она отмечена в парковой контрольной зоне, на других станциях концентрация меди была выше и составила 6,0–7,0 мг/кг сухой массы. Таким образом, максимальные концентрации меди отмечены вблизи предприятий химической промышленности, объекта энергетики и автомагистрали с высокой интенсивностью автомобильного движения (7 мг/кг сухой массы). Предельно допустимые концентрации меди в почве – 3 мг/кг почвы.

Минимальная концентрация цинка в листовом опаде составила 34 мг/кг сухой массы. Она также отмечена в парковой контрольной зоне, где концентрации цинка варьировали от 54 до 48 мг/кг сухой массы. Максимальная концентрация цинка в листовом опаде составила 91 мг/кг сухой массы. Если в зоне предприятия химической промышленности концентрация цинка варьировала от 48 до 60 мг/кг сухой массы листового опада, то в районе автомагистрали с высокой интенсивностью автомобильного движения она составила 91 мг/кг сухой массы. Предельно допустимые концентрации цинка в почве – 23 мг/кг почвы.

Таким образом, листовая опад березы повислой в условиях города является накопителем таких загрязняющих веществ, как медь и цинк.

УДК 502.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ОЗЕРАХ СРЕДНИЙ И НИЖНИЙ КАБАН ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.Р. АСХАДУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, проф. М.Л. КАЛАЙДА

Среди загрязнителей гидросферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, металлы, в первую очередь, тяжелые относятся к числу важнейших. В значительной мере это связано с биологической активностью многих из них. На живой организм физиологическое действие металлов различно и зависит от природы металла, типа соединения, в котором он существует в природной среде, а также его концентрации.

Проведено исследование химического состава гидробионтов, собранных в условиях разной степени антропогенной нагрузки с озер Средний и Нижний Кабан. На анализ химического состава были отобраны моллюски, личинки хирономид, молодь рыб, плотва, а также рогоз, произрастающий в прибрежной зоне озер. Параллельно проводилось исследование почвы.

Рентгенофлуоресцентным методом в гидробионтах выявили наличие следующих металлов: Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ga, Zr.

В гидробионтах с озера Средний Кабан из особо опасных тяжелых металлов обнаружены: хром, никель. Концентрация хрома в моллюсках 0,07 мг/г зольного остатка. Концентрации умеренно опасных тяжелых металлов варьировали в сухой массе (мг/кг): Cu – 20,0–30,0, Zn – 4,0–70,0.

В результате проведенного исследования выявлены различия в присутствии тяжелых металлов в гидробионтах из мест с разной степенью техногенной нагрузки. Максимальные концентрации тяжелых металлов обнаружены в озере Средний Кабан.

УДК 547.565:613.2:641

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КОКТЕЙЛЕЙ НА ОСНОВЕ БЕЛОГО ВИНА

Г.Е. СУЛТАНОВА, КГТУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, проф. М.И. ЕВГЕНЬЕВ;

канд. хим. наук, с.н.с. А.А. ЛАПИН;

д-р техн. наук, проф. М.К. ГЕРАСИМОВ

Изучение способности продуктов, получаемых из природного сырья, ингибировать свободнорадикальные процессы, в настоящее время не теряет своей актуальности.

В настоящее время группами ученых установлено, что антиоксиданты фенольной природы в смесях могут проявлять синергетическое увеличение активности.

Нами впервые изучены эффекты синергизма и антагонизма антиоксидантной активности ряда слабоалкогольных коктейлей. Коктейли готовили на основе белого натурального полусладкого вина Мускат (Краснодарский край) с использованием отфугованных свежавыжатых натуральных соков апельсина (Марокко), лимона (Испания), мандарина (Испания), яблочного восстановленного сока «Добрый» (ЗАО «Мултон», Московская обл.). Измерение антиоксидантной активности проводили методом кулонометрического титрования электрогенерированным хлором на автоматизированном серийном кулонометре «Эксперт-006-антиоксиданты» ООО «Эконики-Эксперт» г. Москва по сертифицированной методике. Результаты представлены на рисунке.



Приведенные величины суммарной антиоксидантной активности коктейлей,

$$\text{где } \text{CAOA}^{\text{excess}} = \text{CAOA}_{\text{эксперим}} - \text{CAOA}_{\text{расчетная}}$$

УДК 621.31 1.04

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
НАПИТКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
(С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ
АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ)**

В.И. БЕЛЯЕВА, КГТУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.К. ГЕРАСИМОВ;
канд. хим. наук, ст. науч. сотр. А.А. ЛАПИН, Центральная аналитическая
лаборатория хроматографических методов анализа КГЭУ

В настоящее время установлена прямая связь между ростом содержания в организме человека свободных радикалов и возникновением наиболее опасных заболеваний.

Воздействие отрицательных факторов на организм можно уменьшить за счет систематического употребления биологически активных добавок, пищевых продуктов и напитков, обладающих высокой антиоксидантной активностью.

Цель работы – исследование общей антиоксидантной активности напитков для выявления наиболее активных продуктов; составление рецептур с выраженными антиоксидантными свойствами.

Антиоксидантную активность (АОА) образцов измеряли на кулонометре «Эксперт 006 – антиоксиданты» по сертифицированной методике. Для составления рецептур напитков с выраженными АОА свойствами мы провели исследование купажированных в различном соотношении овощных и фруктовых соков, чаев и напитков собственного производства и предприятий общественного питания.

Полученные данные дают основание сделать вывод, что при составлении рецептур напитков с выраженными АОА свойствами следует учитывать эффекты синергизма и антагонизма при смешении компонентов. Считается, что регулярное потребление овощей, фруктов, а также их соков, оливкового масла, красного вина, чая значительно снижает риск патогенетических заболеваний. Вот почему увеличение потребления продуктов, обладающих повышенной АОА, может стать существенным элементом социальных программ профилактики фатальных заболеваний и их осложнений.

УДК 574.4/.5

РАСЧЕТ СПОРТИВНО-РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА БАЗЕ ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН

М.Ф. ХАМИТОВА, КГЭУ, г. Казань

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

Среди возможных перспективных направлений использования водного фонда г. Казань – организация культурного рыбного хозяйства любительского и спортивного рыболовства (КРХ) на базе озера С. Кабан – водоеме охладителя КТЭЦ-1. Отработанные термальные воды энергоустановок позволяют значительно продлить вегетационный период и создать оптимальный температурный режим для роста и развития рыбы.

Зарыбление водоема линем и щукой позволяет не только организовать базу спортивного рыболовства, но и перевести растительную и малоценную биологическую массу в ценную рыбопродукцию. Изымание рыбной продукции из водоема будет способствовать снижению трофии водоема, что приведет к улучшению водной экосистемы озера.

На 3–4 год развития хозяйства планируется повышение численности линя, а на 5–6 год – щуки благодаря естественному воспроизводству. Так как биотические и абиотические условия в озере можно считать благоприятными для естественного воспроизводства выращиваемых видов, то посадка молоди на второй год развития хозяйства и далее может не проводиться, за исключением годов, в которые нерест не удался ввиду неблагоприятных условий и в случае заниженных показателей численности рыбы в озере.

По проведенным расчетам для организации культурного рыбного хозяйства любительского и спортивного рыболовства на базе водоема охладителя Казанской ТЭЦ-1 оз. С. Кабан, необходимо посадить 110 тыс. годовиков линя и 33,6 тыс. годовиков щуки. Кормление рыб и другие приемы интенсификации рыбоводного процесса не предусмотрены. При реализации данного рыбоводного проекта необходимо предусмотреть лицензирование деятельности по организации спортивного и любительского рыболовства. Оценка экономических показателей и возможность улучшения экосистемы методами аквакультуры позволяют считать реализацию данного хозяйства целесообразной. Особенностью данного проекта является возможность сочетания развития спортивного комплекса по гребле на озере к Универсиаде 2013 года с базой спортивного рыболовства.

УДК 502, 175:665

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Р.Р. ХАЗИЕВА, КГЭУ, г. Казань

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

Проблема сохранения качества воды является одной из актуальных. Науке известно более 2,5 тыс. загрязнителей природных вод. К числу наиболее распространенных опасных веществ относятся нефтепродукты.

Основными источниками поступления нефтепродуктов в водоемы являются сточные воды различных предприятий, а также в результате аварий на нефтепроводах. Актуальность количественного определения нефтяных загрязнений постоянно повышается, поскольку нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами антропогенного происхождения. В последние 15–20 лет техногенное загрязнение водоносных горизонтов питьевой воды нефтепродуктами различного характера стало практической проблемой многих регионов России и Зарубежья. Подобные загрязнения наносят вред, как рекам, так и рыбноводным хозяйствам. В связи с этим возникает задача разработки плана мероприятий, необходимых при чрезвычайных ситуациях разлива нефтепродуктов. Проблему нефтяного загрязнения рассмотрим на примере рыбхоза «Борок».

ООО «Рыбхоз Борок» – полносистемное прудовое рыбноводное хозяйство, расположенное в Кстовском районе Нижегородской области на р. Шава. Специализация хозяйства – выращивание сеголетков и товарного карпа. В состав хозяйства входит одамбированный русловой нагульный пруд, три зимовальных и запасный пруд. Водоснабжение осуществляется самотеком. Вода из р. Шава поступает в нагульный пруд и обводной канал, из которого происходит запитывание зимовальных прудов.

12 марта 2007 года в Нижегородской области произошла авария на нефтепродуктопроводе Альметьевск – Нижний Новгород, в результате которой в реку Шава и пруды ООО «Рыбхоз Борок» вылилось, по разным оценкам, от 40 до 2000 кубометров дизельного топлива.

В результате аварии в прудах рыбхоза часть рыбы погибла, а оставшаяся живой была уничтожена, так как не подлежала реализации из-за несоответствия требуемому качеству. Загрязнение прудов нефтепродуктами не позволило вести рыбноводный процесс, а для восстановления деятельно-

сти рыбхоза потребуются не менее 3 лет. В связи с возрастанием количества аналогичных ситуаций необходима разработка мероприятий по деятельности рыбоводных хозяйств в условиях нефтяного загрязнения.

УДК 639.3.041.2

МАКЕТ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ

Г.А. МАШКОВЦЕВ, С.А. УДАЧИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Ю.В. ЧУГУНОВ

Инкубация икры – развитие оплодотворённой икры рыб в водоёме или в рыбоводных (инкубационных) аппаратах до выведения молоди. Возможность искусственного осеменения икры открыта С. Якоби (1758, Германия), автором так называемого «мокрого» способа искусственного осеменения икры. Начало искусственному рыборазведению в России положено в 1854 г. В.П. Врасским, создавшим «сухой», или «русский», способ искусственного осеменения икры. Перед инкубацией икру осеменяют «мокрым», «сухим» или «полусухим» способами.

Макет лабораторной установки инкубации икры собран на основе аппарата Вейса и имеет в своем составе инкубационную камеру, термостабилизирующий аквариум, водяную помпу с функцией регулирования объема подаваемой воды, медный змеевик для подачи охлаждающей жидкости, датчик температуры, система автоматического регулирования температуры, систему обогащения воды кислородом.

Для уменьшения мертвой зоны в основании аппарата Вейса в макете для создания направленного потока жидкости была использована модифицированная форсунка, предложенная Казанским.

Проведены испытания макета лабораторной установки инкубации икры на примере икры карповых пород. По результатам испытаний были внесены коррективы в конструкцию форсунки, выбраны оптимальные соотношения коаксиального и радиальных отверстий.

При повышенных температурах окружающей среды проведено испытание охлаждающей системы макета лабораторной установки инкубации икры с использованием медного змеевика. Определены флуктуации температуры при использовании охлаждающей системы, предложено техническое решение по оптимальной реализации данной системы в лабораторных условиях.

УДК 575.597.5

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ РЫБОЛОВСТВО НА КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В КОНЦЕ 20-ГО СТОЛЕТИЯ

С.А. УДАЧИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. биол. наук, ст. науч. сотр., доц. Ф.М. ШАКИРОВА

Любительское рыболовство является фактором, серьезно влияющим на состояние рыбных запасов внутренних водоемов, что вызывает необходимость разработки мер по рациональной их эксплуатации в условиях интенсивного любительского лова.

Кроме прямого влияния любительского рыболовства на численность рыб и состояние их запасов, оно может воздействовать на экосистемы водоема, в частности, с санитарно-гигиенических позиций. Исследование влияния любительского рыболовства на состояние рыбных запасов водохранилищ Волжского каскада, в том числе и Куйбышевского выявило, что в ихтиофауне этих водоемов доминируют фитофильные виды рыб, поэтому основное значение в уловах имеют лещ, плотва, щука, судак, берш, окунь, ерш и др. Отмечено, что видовой состав уловов и улов, приходящийся на 1 рыболова, зимой и летом различаются. Зимние уловы в видовом отношении менее разнообразны и в них преобладают такие малоценные виды, как окунь, густера, ерш. Различается и интенсивность лова по сезонам, преобладая в летний период. Средняя продолжительность лова в большинстве водохранилищ зимой и летом отличается незначительно и составляет около 6–7 часов. Количество выходов на лов за сезон составляет 15–17 раз. Средний улов на рыбака в зимний период невелик – около 1 кг в день, тогда как в летний период в Куйбышевском водохранилище на 1 рыбака приходится до 17 кг. По данным ихтиологических анализов, основу уловов во всех волжских водохранилищах составляет лещ, который преобладает во всех орудиях лова.

На основании проведенных исследований на водохранилищах Волжского каскада были разработаны конкретные предложения по упорядочению любительского рыболовства и увеличению промысловых уловов для каждого водоема. Однако в силу известных причин большинство предложенных мероприятий остались нереализованными, хотя, по нашему мнению, они не потеряли актуальность до сих пор.

УДК 556.115

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОД ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН В РАЙОНЕ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-1 ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Л.Р. ХАБИБУЛЛИНА, КГЭУ, г. Казань

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

В природе находится огромное количество микроорганизмов. Живут они в тесном сообществе и с растительным, животным миром, и с человеком.

Вода является благоприятной средой для развития микроорганизмов. В воду они попадают разными путями: из воздуха, из почвы, со сбросами сточных вод сельского хозяйства, жилищных коммуникаций, различных предприятий.

Изучение взаимодействия микроорганизмов с другими живыми организмами и с окружающей средой имеет важное значение для благополучного существования всей экосистемы.

Жизнедеятельность водных бактерий лежит в основе многих важных процессов, обуславливающих качество воды. Изучение динамики развития бактериопланктона позволяет проследить изменение качества вод в местах антропогенного воздействия.

В связи с этим был исследован микробиологический состав воды озера Ср. Кабан в разные сезоны года (зима, весна, лето и осень) на водозаборе и на сбросе вод Казанской ТЭЦ-1. В связи с этим, производился посев бактерий из проб воды на определение общего микробного числа сапрофитных бактерий и количества колиформных бактерий методом разведений с последующим высевом на плотные питательные среды.

Результаты экспериментов показали, что в разное время года численность колиформных бактерий и показатель общего микробного числа различны. Максимальное количество бактерий отмечалось весной и осенью. Весной это увеличение, вероятно, связано с перемешиванием вод во время паводка и взмучиванием бактерий из донных отложений и осенью с ветреной погодой.

Наибольшие значения общего микробного числа сапрофитных бактерий, как показателей органического загрязнения, отмечены в месте сброса вод Казанской ТЭЦ-1 в летний период года. Наибольшая численность колиформных бактерий, как показателей фекального загрязнения, также обнаружена в летнее время на сбросе вод.

СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 66.021.1

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Г. АФАНАСЕНКО, (ф) УГНТУ, г. Стерлитамак

Гидромеханические процессы – процессы механического воздействия на среду, направленные на образование и разделение неоднородных систем. Кроме этого, гидромеханические процессы включают вопросы гидравлики, связанные с перемещением различных потоков в трубопроводах или аппаратах.

Процессы механического разделения и смешения неоднородных систем широко применяются в самых разных отраслях промышленности, разработка новых и повышение эффективности существующих конструкций аппаратов является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Одним из направлений интенсификации гидромеханических процессов является использование вихревого движения потоков газа или жидкости, при котором их малые элементы (частицы) перемещаются не только поступательно, но и вращаются около некоторой мгновенной оси. Более стабильной и структурно устойчивой формой вихревого движения компонентов является закрученное движение, при котором вращение происходит вокруг неподвижной, относительно корпуса аппарата, оси.

Вихревое движение оказывает на обрабатываемую систему комплексное действие различных сил и явлений, к которым можно отнести центробежные и инерционные силы, локальную кавитацию, гидравлические удары, интенсивные турбулентные пульсации, различные вихревые эффекты и т. д. Поэтому вихревое движение приводит, с одной стороны, к интенсификации процесса смешения неоднородной системы и сопутствующее ей ускорение обменных процессов за счет увеличения удельной поверхности контакта фаз и гидродинамической неустойчивости межфазной поверхности, а с другой – к увеличению сил, разделяющих эти самые неоднородные системы. Проще говоря, закрученное движение в зависимости от его свойств и параметров может интенсифицировать как смешение, так разделение гетерогенных смесей. Так компьютерное моделирование движения бинарной смеси через трубу круглого сечения, в которой стати-

чески установлено закручивающее устройство, выполненное в виде однозаходного шнека, выявило, что с ростом скорости вводимого потока качество смешения сначала увеличивается, но при достижении критического значения начинает уменьшаться. Данное явление связано с ростом центробежных сил при увеличении интенсивности закрутки.

Таким образом, применение вихревых аппаратов для проведения гидромеханических процессов может существенно повысить интенсивность и энергоэффективность смешения и разделения неоднородных систем.

УДК 66.021.2.063.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕД В АППАРАТАХ ВИХРЕВОГО ТИПА

В.Г. АФАНАСЕНКО, Е.А. НИКОЛАЕВ, Е.В. БОЕВ, (ф) УГНТУ,
г. Стерлитамак

Перемешивание в жидких средах широко применяется в химической промышленности для приготовления эмульсий, суспензий и получения гомогенных систем (растворов), а также для интенсификации химических, тепловых и диффузионных процессов. В последнем случае перемешивание осуществляют непосредственно в предназначенных для проведения этих процессов аппаратах, снабженных перемешивающими устройствами.

В отдельную группу можно выделить аппараты, в которых для интенсификации процесса смешения используются различные способы создания вихревого движения сред, т. е. такого движения, при котором малые элементы (частицы) потока перемещаются не только поступательно, но и вращаются около некоторой мгновенной оси.

Аппараты вихревого типа можно разделить на 2 группы: аппараты без вращающихся элементов – статические аппараты вихревого типа и аппараты с вращающимися элементами – динамические аппараты вихревого типа.

В статических аппаратах вихревого типа турбуллизация потока производится за счет установки в корпусе аппарата неподвижных элементов, которые позволяют менять направление движения потока, при которых возникают локальные зоны интенсивного завихрения. Закрученное движение, как частный вид вихревого движения, можно получить при тангенциальном подводе среды, а также при использовании механических закручивающих устройств.

К динамическим аппаратам вихревого типа относят устройства, которые в качестве рабочего органа содержат ротор, при вращении которого и создаётся вихревое движение потока, поэтому их часто называют – роторные аппараты вихревого типа.

Каждая группа аппаратов обладает своими преимуществами и недостатками, так динамические аппараты хоть и более интенсивно воздействуют на обрабатываемую среду, но имеют сложность конструктивного оформления и, соответственно, повышенную стоимость. Статические аппараты, напротив, отличаются простотой конструкций, неприхотливостью в эксплуатации, низкими затратами на изготовление и эксплуатацию, но данная группа аппаратов не может конкурировать с динамическими по интенсивности воздействия на обрабатываемый поток.

Таким образом, к проблеме исследования вихревого движения и повышения эффективности процесса смешения в аппаратах вихревого типа следует подходить комплексно, рассматривая аппараты различных типов и оптимизируя их для заданных процессов.

УДК 621.311

ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Л.А. ВЕТКИНА, КГЭУ, г. Казань

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

Использование современных неразрушающих методов диагностики позволяет выявлять и устранять дефекты электрооборудования на ранней стадии развития и снижать затраты на капитальный ремонт, а также повышать надежность электроснабжения. В данное время нормальная работа систем электроснабжения (СЭС) обеспечивается надежной работой силовых кабельных линий (КЛ), которые и выбраны в качестве объекта диагностирования.

Идеальная диагностика должна определять место повреждения (ОМП) КЛ, остаточный ресурс КЛ, вероятность отказа КЛ, способы продления эксплуатационного срока и повышения надежности КЛ. Учитывая реальное положение, – кризис, изношенность оборудования, недостатки финансирования научных учреждений, – вероятность появления такой диагностики в России невелика, а зарубежные методики и приборы, обеспечивающие их проведение, весьма дороги.

Метод импульсной рефлектометрии применяют для предварительной локализации низкоомных повреждений. Для этого в КЛ посылают ко-

роткие импульсные сигналы, затем принимают отраженные сигналы из линии и определяют расстояние до места повреждения по временной задержке отраженного от повреждения сигнала относительно посланного. Результатом отражения исследования является получение рефлектограммы линии. Отечественными приборами, которые реализуют данный метод, являются рефлектометры РЕЙС-105М, РЕЙС-205 и РЕЙС-305.

Недостатком метода являются трудности в распознавании на рефлектограмме импульсов, отраженных от различных неоднородностей (обрывы, короткие замыкания, места ухудшения изоляции и контактов и т. д.), по их полярности, амплитуде, форме и характерным искажениям.

Для усовершенствования рассматриваемого метода мы рассматриваем следующие направления в исследовании: выявить возможность определения рефлектометрами наличия частичных разрядов в повреждениях кабелей с твердой изоляцией; определить возможность выявления дефектов на ранней стадии развития с помощью рассматриваемого метода; математическое моделирование метода рефлектометрии для кабелей с твердой изоляцией.

УДК 621.316.06

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

М.Е. ВИХРОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. ЦЫРУК

В последнее время всё более широкое распространение получают ответственные потребители, которые предъявляют особые требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии. Это потребители первой категории и особой группы по надежности электроснабжения.

Основные причины нарушения электроснабжения потребителей показаны на диаграмме.



Причины остановок ответственных потребителей

На основании данных Leonardo Power Quality Initiative – rapport 2.1 и UPS European Guide CEMEP часовая стоимость простоя ответственных потребителей, связанная с перебоями электроснабжения, составляет:

- в сфере телекоммуникаций – 1 800 000 €
- в сфере операций по кредитным картам – 2 500 000 €
- в банковской сфере – 6 000 000 €
- в сфере производства полупроводников – 3 800 000 €
- в сфере автомобилестроения – 6 000 000 €

Для предотвращения нарушения питания электроприемников первой категории и особой группы должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. В качестве такого источника могут выступать статические, динамические и гибридные источники бесперебойного питания (ИБП).

ИБП обеспечивают бесперебойное электроснабжение ответственных потребителей, но каждый тип ИБП имеет свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при построении конкретной схемы электроснабжения.

УДК 621313:620.9

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Р.В. ГОЛЯЕВ, КГЭУ, г. Казань

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

Кабельные линии непосредственно после их сооружения и в процессе эксплуатации подвергаются разнообразным испытаниям, с помощью которых выявляются ослабленные места или дефекты в изоляции и защитных оболочках кабелей, соединительной и концевой арматуры и других элементах кабельных линий. Причины возникновения таких ослабленных мест весьма различны. Они могут возникать при изготовлении кабеля и арматуры на заводе из-за конструктивных недостатков кабеля и арматуры, при небрежной прокладке кабельных линий, при некачественном выполнении монтажных работ.

При длительной эксплуатации кабельных линий большое значение имеет диагностика и ликвидация дефектов. Выявление этих повреждений на ранней степени развития позволит существенно повысить надежность работы распределительных сетей. Наиболее целесообразно для выявления

таких дефектов изоляции организовать непрерывное диагностирование присоединений в рабочих режимах. Вероятность принятия правильного решения оперативным персоналом существенно возрастает в случае, когда удастся определить место локального дефекта изоляции и его степень. Для дальнейшего повышения надежности функционирования кабельных линий требуется внедрение моделирования развития дефектов изоляции, которое позволит повысить надежность функционирования кабельных линий в процессе эксплуатации, что существенно снизит амортизационные расходы, а также повысит безопасность и безаварийность электрических сетей.

Цель работы состоит в разработке математической модели кабельной линии. В ходе данной работы предполагается анализ существующих математических моделей кабельных линий, подробное изучение механизмов электрического и теплового пробоя, которые начинают свое развитие из-за появления дендритов, разработка классификации основных дефектов, а также создание программного обеспечения для моделирования развития дефектов в твердой изоляции.

УДК 621.311.24

МЕРЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В.А. ГРОЗНЫХ, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.И. КУДРИН

По данным Европейской ассоциации ветроэнергетики в РФ установленная суммарная мощность ВЭС в 2008 году составляла 16,5 МВт. Среди достоинств ветроэнергетики обычно отмечают: экологию, неисчерпаемость, экономию горючих энергоносителей, автономное питание при использовании дизель генераторов, одновременное питание от ВЭУ и сети электроснабжения.

Стоит отметить, что для РФ целесообразно использовать положительный опыт Германии, Дании, США по поощрению производителей электроэнергии, использующих возобновляемые источники. Необходимо подготовить проект соответствующего закона, предусматривающего следующее:

1. Энергосистемы покупают электроэнергию у ВЭС по ценам, обеспечивающим окупаемость этого энергетического оборудования в течение нескольких лет (5–7). Энергосистеме государство должно выплачивать

компенсацию в зависимости от разницы между ценой электроэнергии, купленной у владельцев возобновляемых источников и средними тарифами.

2. Ввозимое из-за рубежа сложное технологическое оборудование для использования энергии возобновляемых источников и запчасти ВЭУ, гидротурбины и гидрогенераторы малых и микро ГЭС их системы управления и т.п. не должны облагаться таможенными пошлинами и НДС.

3. При оплате предприятием заграничных поставок такого оборудования Государство не должно требовать депонирования в российских банках средств, равных величине авансового платежа на период поставки оборудования, так как это приводит к удвоению требуемых инвестиций и сокращает половину средств.

4. Должен быть увеличен срок исполнения импортных контрактов в поставке сложного технологического оборудования для использования возобновляемых источников энергии до 6 месяцев с оплаты аванса (вместо 3).

5. Прибыль, полученная производителями энергии на возобновляемых источниках, не должна облагаться налогами в течение 5 лет.

6. Государство должно выделять в бюджете средства на компенсацию расходов коммерческих банков по представлению долгосрочных беспроцентных кредитов производителям энергии на возобновляемых источниках и производителям соответствующего отечественного оборудования.

Стимулирование развития ВИЭ может обосновываться следующими предпосылками:

1. Реализация региональных проектов ВИЭ с целью повышения безопасности энергоснабжения.

2. Ежегодные конференции по ВИЭ.

3. Создание Правительственной программы по ВИЭ.

4. Необходимость опускаться на региональный уровень (создание региональных центров).

5. Стимулирование ВИЭ при поддержке Правительства за счет тарифной политики.

Отсталость в развитии ВИЭ объясняется следующими причинами:

1. Огромные запасы нефти и газа, которые позволяют руководству РФ торговать национальными богатствами, не задумываясь о завтрашнем дне. Следовательно, энергетический, а самое главное, сопутствующий ему финансовый коллапс стране не грозит.

2. Пытаясь упростить развитие энергетики, возводятся электростанции-гиганты, при этом приносятся в жертву надежность электроснабжения и энергетическая безопасность всей страны.

3. Экологические доводы в силу большой площади и большого запаса водных ресурсов не принимаются во внимание.

Развитие ВИЭ в РФ целесообразно по вышеперечисленным причинам и позволило бы решить проблему с энергетически голодающим севером, а также с малыми поселениями.

УДК 621.311:658.562

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ

Л.В. ДЕРЕНДЯЕВА, ВятГУ, г. Киров

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. В.В. ЧЕРЕПАНОВ

При наличии в системах электроснабжения потребителей и в электрических сетях энергосистем элементов с нелинейными вольтамперными характеристиками, возникает несинусоидальность формы кривой напряжения. Контроль за выполнением норм качества электроэнергии должен осуществляться в точках общего присоединения. В этих же точках необходимо выполнять и расчет несинусоидального режима. Для уменьшения затрат на подготовку данных и объема памяти для ЭВМ необходимо применять эквивалентирование электрических сетей.

Задача эквивалентирования трактуется обычно как преобразование исходной математической модели в другую, более простую, но сохраняющую основные, существенные при решении поставленной задачи свойства системы. Упрощенная модель электрических сетей должна удовлетворять некоторым требованиям, которые называются критериями эквивалентности.

В качестве критериев эквивалентности, принимаемых при расчетах режимов высших гармоник, предлагается применить равенство исходного режима ветвей и узлов примыкания до преобразования схемы замещения $\dot{U}_{\text{пр}}$, $\dot{I}_{\text{пр}}$ и после его выполнения $\dot{U}_{\text{пр}}^{\text{Э}}$, $\dot{I}_{\text{пр}}^{\text{Э}}$:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{\text{пр}} &= \dot{U}_{\text{пр}}^{\text{Э}}, \\ \dot{I}_{\text{пр}} &= \dot{I}_{\text{пр}}^{\text{Э}}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Схема замещения электрической сети в точке примыкания представлена на рисунке.

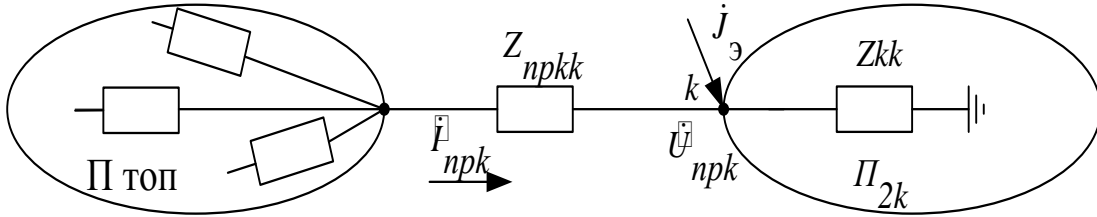


Схема замещения электрической сети в точке замыкания

Удовлетворение условия (1) обеспечивает неизменность рассматриваемого исходного режима непреобразуемой подсистемы Птоп после замены преобразуемых подсистем упрощенной моделью. Выполнение условия (1) зависит от точности моделирования сопротивления ветви замыкания, равному узловому сопротивлению эквивалентируемой подсистемы $Z_{kk}^{\text{Э}}$ и эквивалентного источника тока, подключенному к узлу замыкания. Если в эквивалентируемой подсистеме есть источники высших гармоник, заданные узловыми токами $j_j^{\text{П}2}$, то эквивалентный источник в узле замыкания определяется следующим образом:

$$j_{\text{пр}k}^{\text{Э}} = \frac{1}{Z_{kk}^{\text{Э}}} \cdot \sum_{j=1}^m Z_{lp} \cdot j_j^{\text{П}2}, \quad (2)$$

Здесь $Z_{kk}^{\text{Э}}$ – собственное узловое сопротивление подсистемы Птоп относительно узла замыкания; Z_{lp} – узловое сопротивление между узлами l и p подсистемы П2k до эквивалентирования.

Напряжение в k -м узле замыкания после эквивалентирования:

$$\dot{U}_{\text{пр}k}^{\text{Э}} = \sum_{j=1}^n Z_{ij}^{\text{Э}} \cdot j_j. \quad (3)$$

Здесь $Z_{ij}^{\text{Э}}$ – собственные и взаимные узловые сопротивления подсистемы Птоп; j_j – задающие токи подсистемы Птоп.

Удовлетворение предложенных критериев эквивалентности обеспечивает неизменность рассматриваемого исходного режима непреобразуемой подсистемы Птоп после замены преобразуемых подсистем упрощенной моделью.

УДК 621.313:620.9

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

И.А. ЗИГАНГИРОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

В современных условиях роль диагностики при эксплуатации оборудования значительно увеличивается. При этом очевидно, что система диагностики трансформаторов, как, впрочем, 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, как известно, производится по комплексу контролируемых параметров и их нормативам. Основным документом, регламентирующим перечень испытаний трансформаторов при вводе в работу и в процессе эксплуатации, предельно-допустимые значения контролируемых параметров и периодичность контроля, является «Объем и нормы испытаний электрооборудования», позволяющий реализовывать принцип комплексного подхода к оценке состояния силовых трансформаторов и принятия решений по их дальнейшей эксплуатации.

Целью данной работы является создание программно-аппаратного комплекса, который бы самостоятельно обрабатывал информацию, полученную диагностирующим оборудованием, выстраивал их в удобной компоновке для сравнения со стандартными и редактирования (перевод данных в программные продукты по изучению и обработке данных).

Разработанный программный комплекс должен работать совместно с диагностическим комплексом. В качестве диагностического оборудования выбран комплекс спектральной диагностики трансформаторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) исследовать диагностирующее оборудование;
- 2) провести эксперименты по диагностике и получить результаты диагностики;
- 3) изучить языки программирования и выбрать из них оптимально подходящий для создания программного комплекса.

УДК 620.179.14

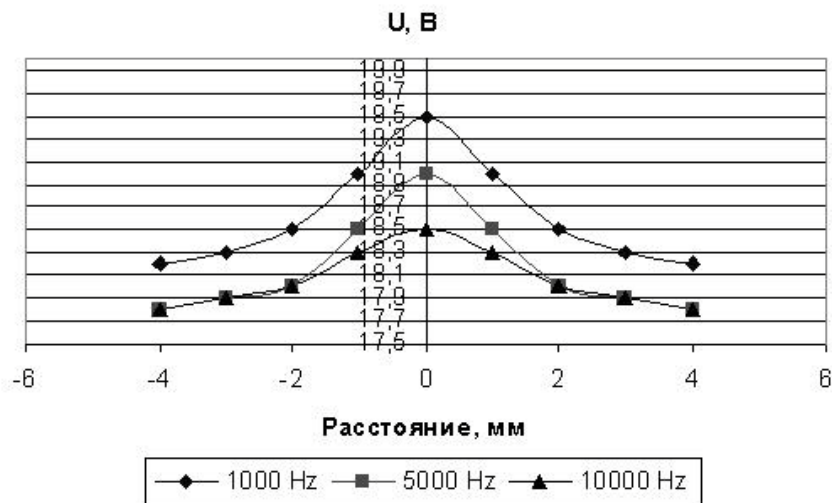
РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

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

Коррозионное и напряженно-деформированное состояние технологических аппаратов могут быть определены датчиком, состоящим из: двух генераторных катушек, включенных друг с другом таким образом, чтобы было достигнуто замыкание магнитных потоков, каждой из катушек – в кольцо включенных параллельно, и двух измерительных катушек, расположенных между генераторными и включенных последовательно при использовании определенной частоты.

Принцип действия датчика основан на явлении потерь на гистерезис и вихревые токи при перемагничивании ферромагнитных материалов.

Были проведены исследования в области пластических деформаций нескольких образцов различных марок технологической аппаратной стали. По результатам измерений были построены графики зависимостей выходного сигнала датчика от положения датчика на образце при различных частотах в соответствии с рисунком.



Зависимость выходного сигнала датчика от положения датчика на образце

Разработанный датчик позволил повысить чувствительность интроскопа, улучшить выявляемость напряженно-деформированных участков, коррозионных поражений и повысить точность оценки остаточного ресурса.

УДК 621.311.04

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ВИБРАЦИЮ

Р.Ш. ИСХАКОВ, КГЭУ, г. Казань,
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.Ю. МАРКИН

Вопрос вибрационной диагностики электрических двигателей является актуальным во всех сферах промышленности, так как предприятия оснащены большим количеством станочного оборудования и нагнетательными аппаратами, имеющими электрические двигатели. Вибрация электродвигателей негативно влияет на оборудование и производственный процесс: быстрый износ и вывод из строя оборудования, нарушение качества продукции, возникновение серьезных аварий. Вибрация может быть вызвана электромагнитными или механическими причинами.

В данной работе рассмотрены основные электромагнитные и механические причины возникновения вибрации. Проведен анализ существующих методов диагностики.

Для предотвращения и предупреждения аварийных режимов работы электродвигателей, применяют различные виды вибрационной диагностики. В данной работе ведется классифицирование методов и способов диагностики вибрации электродвигателей. Также рассмотрен анализ существующих систем мониторинга и диагностики с использованием средств измерения вибрации.

УДК 621.316.176.001

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТОКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Н.А. КАСЬЯНИКОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. И.М. ХЕВСУРИАНИ

Сущность регулирования напряжения за счет воздействия на потоки реактивной мощности по элементам электрической сети заключается в том, что при изменении реактивной мощности изменяются потери напряжения в реактивных сопротивлениях.

В настоящее время остро стоит проблема о снижении затрат на электроэнергетическую составляющую в процессе производства. Вследствие использования нерационального уровня напряжения и нерационального управления потоками реактивной мощности увеличиваются потери активной мощности: $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$, а значит перерасходуется электроэнергия, экономичность снижается, себестоимость продукции возрастает.

На современном этапе для решения проблемы регулирования напряжения в промышленных сетях электроснабжения необходимы анализ и разработка комбинированной системы для рационального регулирования потоков реактивной мощности, учитывающей взаимосвязь электроприемников между собой.

В работе были рассмотрены основные типы компенсирующих устройств на конденсаторных батареях:

- нерегулируемое компенсирующее устройство;
- устройство с переключением треугольник-звезда;
- ступенчатый источник реактивной мощности;
- статический тиристорный компенсатор;
- комбинированное устройство компенсации реактивной мощности с микропроцессорным управлением.

Целью работы является анализ существующих устройств для управления потоками реактивной мощности и систем, управляющими непосредственно самими компенсирующими устройствами, выявление среди них наиболее перспективных для повышения эффективности электроснабжения путем рационального использования технических возможностей источников реактивной мощности.

УДК 621.313.620.9

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Д.Б. КОРНИЛОВ, КГЭУ, г. Казань

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

За последние 20 лет происходило постепенное изменение концепции диагностики оборудования: обоснование неэффективности регламентных испытаний и переход от концепции регламентных испытаний к концепции испытания оборудования по его техническому состоянию. Одновременно

решалась задача создания системы диагностики в режиме автоматизированного мониторинга параметров оборудования под рабочим напряжением «on-line». Для обеспечения диагностирования оборудования под рабочим напряжением разрабатывались соответствующие методы и реализующие их технические средства. К таким методам, прежде всего, следует отнести методы регистрации частичных разрядов (ЧР), позволяющие обнаруживать локальные быстро развивающиеся дефекты. По существу, метод регистрации ЧР является единственным, позволяющим в процессе разрушения изоляции обнаруживать развивающиеся локальные дефекты. Использование характеристик ЧР в качестве диагностических параметров оборудования, прежде всего, требует применения наиболее информативных характеристик, исходя из имеющихся норм, сформированных по результатам исследований.

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 621.313

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСТРЕФОРМИРОВАННОЙ МОСКОВСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В.С. КОЖИЧЕНКОВ, МЭУ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. **Б.И. КУДРИН**

Вырабатываемая генерирующей организацией электрическая энергия реализуется через розничный или оптовый рынки в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31.08.2006 г. № 529 «О совершенствовании порядка функционирования оптового рынка электрической энергии (мощности)».

При этом единственным критерием участия при реализации электрической энергии через розничный или оптовый рынок является размер установленной генерирующей мощности генерирующих объектов.

Производители электрической энергии, установленная генерирующая мощность генерирующих объектов которых в совокупности не превышает 25 МВт, вправе и обязаны продавать исключительно на розничном рынке электрическую энергию (мощность) собственной выработки покупателям электрической энергии (мощности), точки поставки которых находятся в границах зоны деятельности гарантирующего поставщика.

Договоры купли-продажи электрической энергии между производителем электрической энергии и покупателем электрической энергии заключаются при условии выполнения следующих требований, а именно: покупателем электрической энергии соблюдены все ранее существовавшие условия изменения и расторжения договора с гарантирующим поставщиком; покупатель не участвует в торговле электрической энергией на оптовом рынке в соответствующих точках поставки; производитель электрической энергии компенсирует гарантирующему поставщику дополнительные расходы, связанные с расторжением (изменением) договора и необходимостью приобретения непоставленного по данному договору объема электрической энергии у иного поставщика электрической энергии до окончания текущего периода регулирования. Фактически это означает обязанность согласования договора купли-продажи электрической энергии с гарантирующим поставщиком.

Продажа электрической энергии может осуществляться по нерегулируемым ценам, указанным в договоре купли-продажи по согласованию сторон, и по регулируемым ценам, ежегодно утверждаемым региональным органом исполнительной власти в области регулирования тарифов.

При установленной генерирующей мощности генерирующих объектов свыше 25 МВт требуется, в обязательном порядке, приобретение статуса субъекта оптового рынка – участника обращения электрической энергии (мощности) на оптовом рынке.

УДК 621.311.04

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ
В КАБЕЛЯХ С ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ**

А.М. ЛАРИОНОВА, С.Н. ЛАРИОНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.В. РОЖЕНЦОВА

Комплекс эксплуатационных воздействий на изоляцию приводит к ухудшению ее состояния и диэлектрических характеристик. Математическое моделирование дефектов твердой изоляции кабелей позволяет получить сведения о динамике роста дефектов и благоприятствующих этому факторах. В схемах замещения изоляция обычно представляется в виде различных комбинаций последовательных и параллельных соединений емкостей и активных сопротивлений. Поэтому изменения характеристик изоляции моделируются путем снижения величины емкости фазы по отношению к земле или другим элементам или путем увеличения активной проводимости изоляции. Очевидно, что различные дефекты изоляции приводят к различным отклонениям величины соответствующих емкостей и активных сопротивлений. Существует также зависимость указанных величин от места или объема дефекта изоляции. Однако стоит отметить, что исследование образцов кабеля, состаренных в условиях эксплуатации, несет в себе информацию, которую невозможно получить ни путем моделирования, ни лабораторными экспериментами. Ярким примером этого может служить недавнее обнаружение в отдельных кабелях, изготовленных в 80–90-х годах, областей повышенной деструкции, в которых примерно 75 % периметра периферического слоя изоляции практически полностью охвачено электрохимическим старением: водные триинги сливаются между собой, образуя «непрерывный фронт» деградации. Очевидно, что прогнозировать и промоделировать такое явление практически невозможно.

В работе рассматриваются существующие методики определения технического состояния твердой изоляции кабельных линий, базирующаяся на анализе зависимости входного сопротивления от частоты, авторов Лебедева Г.М., Бахтина Н.А., Брагинского В.И., а также математическая модель роста триингов в сшитой полиэтиленовой изоляции автора Резинкиной М.М. Приводится анализ достоинств и недостатков рассмотренных моделей.

УДК 621.31

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО УРОВНЯМ РАЗБАЛАНСИРОВАННОЙ ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

А.В. КОНДРАТЬЕВ, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. ЦЫРУК

Оценка качества электроэнергии производилась в трехфазных системах, являющихся разбалансированными (асимметричной): когда напряжения и токи каждой из фаз имеют различную амплитуду и/или ее сдвиг по фазе не равен 120° . Такие системы часто встречаются и их исследование – важная и актуальная задача.

На первом этапе были классифицированы электроприемники по влиянию на качество электроэнергии: линейная нагрузка (чисто активная нагрузка – лампы накаливания, печи сопротивления); нелинейная нагрузка (электрические двигатели, преобразователи, силовая электроника и т. д.); резкопеременная (ударная) нагрузка.

Проведенные затем измерения на рассматриваемых объектах (предприятия химической промышленности и в ВУЗе) показали наличие в ряде случаев отклонения показателей качества электроэнергии от требований ГОСТ 13109-97.

По итогам исследования сделан вывод о несоответствии показателей качества электроэнергии требованиям ГОСТ 13109-97 по приведенным показателям:

- выявлено наличие высших гармонических составляющих напряжения, доля которых превышает нормативное значение (предельно допустимое значение коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения);

- выявлено несоответствие установившегося отклонения напряжения нормально допустимому значению.

Виновником отклонения показателей качества электроэнергии в части превышения значения высших гармонических составляющих напряжения являются питающиеся от рассмотренных узлов электроустановки – нелинейные и ударные нагрузки.

Настоящая работа проводится при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации.

УДК 621 311

КОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА

Н.С. МИРОНОВА, Р.А. САЛАХОВА, КГЭУ, г. Казань

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

В энергообеспечении России есть несколько существенных проблем: отсутствие свободных мощностей в местных централизованных электрических и тепловых сетях, высокие затраты на технологическое присоединение к централизованным электрическим и тепловым сетям, низкая надежность и качество энергоснабжения от централизованных сетей, высокие тарифы на электрическую и тепловую энергию. И в связи с этим в последние годы широкое распространение получила тенденция перехода на автономные локальные источники электрической и тепловой энергии. Преимуществом такого решения является существенное уменьшение потерь при транспортировке электричества и тепла, уменьшение затрат на строительство или реконструкцию существующих электрических и тепловых сетей для вновь строящихся или реконструируемых объектов, а также получение энергии практически по себестоимости её производства.

Решением насущной проблемы энергообеспечения промышленного производства являются комбинированные (когенерационные) установки по производству электрической и тепловой энергии (Мини-ТЭЦ). Автономность Мини-ТЭЦ даёт гарантию от перебоев или аварийных отключений, такие установки имеют эффективность использования энергоресурсов на 30–40 % выше, чем оборудование, вырабатывающее только электроэнергию или только тепло. Двигатели когенераторных установок (газопоршневые, микротурбинные, газотурбинные) экологичны и работают на всевозможно разном топливе.

Теперь, с целью более выгодного экономического и технического функционирования когенераторных установок, предлагается заменить газопоршневые двигатели на двигатели Стирлинга. Основные качества двигателя Стирлинга – экономичность, невысокие уровни производимых при работе шумов и вибраций, возможность использовать различные виды топлива, малая токсичность отработавших газов, большой ресурс, сравнимые размеры и масса, хорошие характеристики крутящегося момента – все эти параметры дают возможность машинам Стирлинга в ближайшее время значительно потеснить двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

УДК 621.313

АУДИТОРСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ю.В. КОШАРНАЯ, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Б.И. КУДРИН

Проблема энергосбережения в нашей стране не только четко определена, но и указана государственными органами в Федеральном законе «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ.

Однако чтобы реально оценить объемы энергосбережения на каждом отдельном объекте и дать рекомендации по внедрению энергосберегающих мероприятий, необходимо проводить энергоаудит.

Концепция энергоаудита, основанная на применении имеющихся утвержденных отраслевых и иных нормативов по энергопотреблению, основанных на применении среднего, неприменима. Глава правительства четко сказал («Известия», № 235): «В большинстве случаев действует принцип уравниловки, когда некая средняя норма, выделенная на человека, в равных пропорциях раскидывается на 12 месяцев. Все счета каждому должны выставляться только по показаниям приборов учёта».

Новая концепция энергоаудита предполагает представление всего предприятия в виде совокупности/перечня зданий и сооружений, выделенных как материально (физически), так и в качестве подотчетного объекта, обязательно оснащенного приборами учета. Выстроенные в Н-кривую распределения величины пообъектного электропотребления, проанализированные по месяцам, неделям, дням, сменам, позволяют выявить аномальные точки-объекты и оценить объем энергосбережения. Таким образом, только с помощью приборного учета реализуется фиксация энергосбережения, которую должны производить технологи производства. Цель новой концепции энергоаудита – уйти от описательных предположений или расчетов объемов энергосбережения, основанных на труднопроверяемых или трудноконтролируемых сведениях об энергопотреблении.

Вывод: лишь инструментальный учёт, информационное сопровождение, ценологическая оценка результата, отказ от многих методик, основанных на положениях электротехники (однозначность) и электроэнергетики (гауссовость), но используемых для объектов электрического хозяйства потребителей, позволят к 2020 г. повысить энергоэффективность экономики страны на 40 %.

УДК 621.31.9.001.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПРИ РАЗВИТИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д.А. КРЕТОВ, ТГУ, г. Тольятти

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

Участившиеся в последнее время аварии на объектах электроэнергетики ставят задачу поиска причин этих аварий. Необходимо рассматривать различные причины возникновения аварий и просматривать ответные реакции системы. Однако в большинстве случаев для восстановления причин аварии не хватает данных. Решить эту проблему возможно при помощи компьютерного моделирования систем электроснабжения.

Моделирование систем электроснабжения является сложным процессом, так как необходимо учитывать различные факторы, влияющие на систему в целом и на различные ее элементы в частности. Для создания полноценной модели, необходимо создать отдельные модели элементов системы. Одним из таких элементов, являющимся одним из важных, при возникновении аварийной ситуации, это элементы релейной защиты и автоматики (РЗа).

При создании моделей РЗа необходимо учитывать различные аспекты. Одним из них является то, что в современных системах электроснабжения наряду с современными микропроцессорными реле применяются и аналоговые, механические реле. Также важной задачей является моделирование измерительных трансформаторов, так как они в первую очередь являются связывающим звеном между системой электроснабжения и системой релейной защиты и при возникновении аварийных ситуаций и от их поведения зависит – сработает ли защита.

Возможно несколько подходов к моделированию устройств РЗа. Первым можно назвать метод, когда в созданной модели не столь важно, как именно поведет себя защита. Упрощенная модель может быть реализована с помощью логических функций. То есть при возникновении аварийной ситуации мы задаем условие, что при превышении значений определенных параметров возникает ответная реакция на отключение. Этот метод прост в реализации, но не отражает действительной картины аварии. Защита, реализованная таким образом, срабатывает всегда. Однако при реальных аварийных ситуациях релейная защита может не сработать.

В российской электроэнергетике всё более широкое распространение получают устройства РЗиА на микропроцессорной (МП) элементной базе. Они обладают рядом несомненных достоинств, однако их применение может вызывать затруднения. Одна из таких особенностей – специфические требования к трансформаторам тока (ТТ) и токовым цепям. Создание модели ТТ позволит адекватно оценивать влияние внешних и внутренних параметров системы на устройства различных типов РЗиА.

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ СИСТЕМНЫХ АВАРИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.А. КУЗНЕЦОВ, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ВАХНИНА

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – это сложный производственный комплекс, все его элементы участвуют в едином производственном процессе, основными специфическими особенностями которого являются быстротечность явлений и неизбежность повреждений аварийного характера – коротких замыканий (КЗ) в электрических установках. Поэтому при проектировании уделяется большое внимание вопросам надёжности, обеспечению качества электроэнергии и электромагнитной совместимости.

Системные аварии являются самыми глобальными проблемами в контексте качества электроэнергии и длятся от нескольких секунд до нескольких месяцев. Системная авария – это аварийное нарушение режимов работы ЭЭС, приведшее к потере устойчивости единой ЭЭС и разделению ее на «мелкие» части. Они, как правило, возникают из-за ошибок в расчетах при проектировании, недостатка генерируемых мощностей, в результате климатических условий и других факторов.

Был проведен анализ причин потери устойчивости ЭЭС. Часть аварий начиналась из-за неблагоприятных климатических условий:

- 13 июля 1977 года в Нью-Йорке (США) произошло 25-часовое отключение электроснабжения по причине попадания молнии в линию электропередач (ЛЭП);

- 11 августа 1996 года на территории США произошло 10-часовое отключение электроснабжения, из-за жаркой погоды, произошел пожар в

подлеске под ЛЭП, тем самым вызвал ионизацию воздуха, что привело в свою очередь КЗ в проводниках линии;

- 9 октября 2007 года без электричества осталось 25 тысяч домов в австралийском штате Квинсленд, из-за шторма были оборваны несколько ЛЭП;

- 14 октября 2007 года из-за непогоды (сила осадков превысила норму в два раза) оказалась обесточена часть Подмосковья.

В результате выявлено, что климатические условия являются одним из основных факторов возникновения системных аварий, на устранение которого обслуживающий персонал не может оказать воздействия.

Таким образом, необходимо уделить большое внимание к разработке систем защиты ЭЭС, для локализации и недопущения каскадного развития аварий, возникающих из-за неблагоприятных условий.

УДК 621.311.1

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

М.А. КУЛАГА, МЭИ (ТУ), г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.А. ЦЫРУК

В настоящее время для промышленных потребителей кратковременные нарушения питания опасны не менее, чем длительные. Поэтому в качестве цели следует рассматривать бесперебойность работы потребителей, т. е. в электроснабжении могут быть перебои, но за счёт различных противоаварийных мер (относящихся как к электроснабжению, так и к электропотреблению) их воздействие должно быть сведено к минимуму. Задача обеспечения бесперебойной работы промышленных потребителей может быть решена за счёт применения двусторонних мер:

- возможного снижения числа нарушений электроснабжения из-за коротких замыканий (КЗ) и подобных причин;

- возможного снижения чувствительности промышленного производства к кратковременным нарушениям электроснабжения.

Задача восстановления нормальной работы электроприёмников сводится к восстановлению нормальной работы электродвигателей, так как они составляют основу большинства технологических процессов. Для уменьшения глубины провалов напряжения при аварийных режимах (КЗ) можно рекомендовать следующие средства и способы:

- увеличение располагаемой мощности источников питания в схемах автономного электроснабжения;
- увеличение мощности трансформаторов в системе электроснабжения;
- применение средств генерации реактивной мощности с быстродействующими системами регулирования напряжения;
- замена самозапуска двигателей на их автоматический повторный пуск (увеличение времени даёт возможность существенно снизить токи);
- быстродействующее автоматическое отключение части наименее ответственных электроприёмников;
- быстрое гашение поля синхронных двигателей или их отключение;
- параллельная работа трансформаторов, подключённых к различным источникам.

Выбор конкретных способов ограничивается временными рамками и финансовыми возможностями.

В настоящее время нормативная база для разработки и применения противоаварийных мер, направленных на бесперебойность работы потребителей при большинстве кратковременных нарушений электроснабжения, полностью отсутствует. Нужны как общие указания по снижению числа и интенсивности кратковременных возмущений в электрических сетях и по предотвращению воздействия этих возмущений на непрерывные технологические процессы у потребителей, так и конкретные указания, снабжённые подробными методиками.

УДК 621.313

ФАЗНЫЕ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

М.С. МАКЕЕВ, ТГУ, г. Тольятти

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.И. КАРКОВСКИЙ

Производительность современных вычислительных комплексов позволяет легко решать сложные инженерные задачи чисто математически численными методами. Именно это стимулирует проблему апробации корректности алгоритмов и программ, с помощью которых ведутся вычисления, и проблему достоверности получаемых результатов, их обозримости и удобства практических применений.

В предлагаемой статье проведен переход от общеизвестных математических уравнений фазных потокосцеплений асинхронной машины, не-

сущих абстрактное представление о физических процессах, протекающих в ней к более компактной и емкой форме записи.

Потокоцепление каждой фазы машины формируется шестью составляющими. Используя общепринятые обозначения величин и параметров АД, для потокоцепления первой фазы статора можно составить выражение:

$$\Psi_A = l_1 i_A - \frac{l_m}{2} i_B - \frac{l_m}{2} i_C + l_m \cos \omega_r t \cdot i_a + l_m \cos(\omega_r t + 120^\circ) \cdot i_b + \\ + l_m \cos(\omega_r t - 120^\circ) \cdot i_c.$$

Принимая далее, что и в статоре, и в роторе протекают системы токов прямых последовательностей (токи первых фаз $i_A = I_{m1} \cos \omega t$, $i_a = I_{m2} \cos(\omega t - \theta)$), и используя их свойство $i_A + i_B + i_C = 0$, исходное выражение Ψ_A можно привести к виду:

$$l_1 i_A - \frac{l_m}{2} i_B - \frac{l_m}{2} i_C = l_1 i_A - \frac{l_m}{2} (i_B + i_C) = \left(L_{\sigma 1} + \frac{3}{2} l_m \right) i_A = (L_{\sigma 1} + M) i_A = L_1 i_A,$$

где $L_1 = L_{\sigma 1} + M$ – полная индуктивность фазы статора; $M = 3/2 l_m$ – взаимная индуктивность статора. Дальнейшие преобразования позволяют разделить полные потокоцепления фазы на потокоцепления рассеяния и главное. $\Psi_A = L_{\sigma 1} I_{m1} \cos \omega t + M [I_{m1} \cos \omega t + I_{m2} \cos(\omega t - \theta)]$, а также ввести намагничивающий ток i_0 фазы А: $I_{m0} \cos(\omega t - \gamma) = I_{m1} \cos \omega t + I_{m2} \cos(\omega t - \theta)$, где $I_{m0} = \sqrt{I_{m1}^2 + I_{m2}^2 + 2I_{m1}I_{m2} \cos \theta}$; $\gamma = \arctg I_{m2} \sin \theta / (I_{m1} + I_{m2} \cos \theta)$, и получить следующую форму записи:

$$\Psi_A = L_{\sigma 1} I_{m1} \cos \omega t + M I_{m0} \cos(\omega t - \gamma).$$

При поэлементном представлении составляющих фазных потокоцеплений общая картина магнитного поля оказывается более удобной для восприятия и анализа, в ней наглядно разделены энерго- и неэнергопреобразующие составляющие, что позволяет не терять связи между физическими процессами протекающими в асинхронной машине и их математической интерпретацией.

УДК 621.311

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ПРОПИТАННОЙ БУМАЖНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

М.А. МИНДОЛИН, (ф) УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.Г. БАШИРОВ

Развитие современных технологий и совершенствование существующего промышленного производства ведут к ежегодному росту протяженности сетей передачи и распределения электрической энергии, и в частности, кабельных линий, которым отводится значительная роль в системах электроснабжения промышленных предприятий. На крупных предприятиях и в крупных городах они стали практически единственным способом передачи и распределения электроэнергии. Несмотря на активное распространение и внедрение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена кабели с маслопропитанной бумажной изоляцией продолжают пользоваться спросом и активно применяются на крупнейших предприятиях России. Высоковольтные кабельные линии, наиболее трудно проверяемые элементы системы электроснабжения на предмет их технического состояния. Исследование изоляции высоковольтных кабелей, а также их остаточного ресурса в условиях ужесточения требований к надёжности систем электроснабжения и промышленной безопасности имеет большую практическую значимость и является обязательным.

В настоящее время активно ведутся исследования, направленные на разработку неразрушающих методов контроля и определения остаточного ресурса. Одним из перспективных направлений исследований является разработка частотного метода диагностики высоковольтных кабельных линий. Метод основан на исследовании характеристик гармонического спектра сигнала, подаваемого на входной участок кабельной линии. В данном случае линия рассматривается как последовательное включение четырёхполюсников (система контуров), параметры которых характеризуют небольшие участки линии. Если кабельная линия имеет неоднородные параметры по длине, то в местах появления этих неоднородностей изменяются эквивалентные ёмкость, индуктивность и активное сопротивление, а следовательно, и резонансная частота системы контуров. Анализ реакции системы контуров на подаваемое входное воздействие позволяет дать общую оценку техническому состоянию кабельной линии.

УДК 621.311

**УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ
И УЧРЕЖДЕНИЙ**

И.С. МИРОНОВА, (ф) УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. М.Г. БАШИРОВ

Энергетическая безопасность и энергетическая эффективность эксплуатации электрохозяйства любого предприятия, организации и учреждения во многом определяют надежность, безопасность и эффективность всего технологического комплекса. В современных условиях задача обеспечения энергобезопасности требует формирования единого подхода к предупреждению аварий и инцидентов, связанных с отказом электрооборудования, и к повышению энергоэффективности производства, также зависящего от технического состояния электрооборудования. Для решения этой задачи необходимо использовать интегральные параметры, позволяющие идентифицировать текущее техническое состояние и прогнозировать остаточный ресурс, как отдельных экземпляров электрооборудования, так и электрохозяйства в целом.

Для реализации решений комплексного управления энергобезопасностью и энергоэффективностью предприятий, организаций и учреждений и повышения точности прогноза электропотребления в условиях работы на НОРЭМ, с учетом технического состояния электрооборудования, использована SCADA-система TRACE MODE 6, автоматизированная система диспетчерского контроля и управления «Нева», автоматизированные системы коммерческого и технического учета электроэнергии, и технические средства сбора первичной информации о техническом состоянии электрооборудования.

Научной новизной работы является то, что на основе выявленных закономерностей взаимосвязи технического состояния электрооборудования с их частотными характеристиками и параметрами генерируемых ими высших гармонических составляющих токов и напряжений, разработана система непрерывного мониторинга технического состояния электрооборудования, позволяющая перейти к системе эксплуатации электрохозяйства по фактическому техническому состоянию, и повысить энергоэффективность за счет повышения точности прогнозирования электропотребления с учетом фактического технического состояния и режимов работы электрооборудования.

УДК 66.022:621.929

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ АППАРАТАХ

Е.А. НИКОЛАЕВ, Р.Р. ШИРИЯЗДАНОВ, Е.В. БОЕВ,
В.Г. АФАНАСЕНКО, УГНТУ, г. Уфа
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Н.С. ШУЛАЕВ

В нефтепереработке одно из направлений повышения эффективности процессов компаундирования (смешения) нефтепродуктов (например, при получении водотопливных эмульсий, бензиноспиртовых смесей и т. д.) – это использование энергосберегающих перемешивающих устройств.

В России и за рубежом наибольшую популярность среди подобных устройств имеют роторные аппараты с рабочими элементами в виде ротора и статора с зубьями, которые часто называют виброкавитационными гомогенизаторами. Они успешно используются для приготовления водотопливных эмульсий, обработки тяжелого топлива с целью получения однородной (гомогенной) структуры.

В УГНТУ в настоящее время ведётся работа по созданию аппарата, который бы не уступал качественной стороне обработки нефтепродуктов в виброкавитационных гомогенизаторах, при этом потреблял меньшее количество энергии.

Роторно-дисковый смеситель – первая разработка в этом направлении. Аппарат представляет собой разновидность гидродинамических роторных смесителей, прототипом для него является осевая гидродинамическая сирена. Аппарат имеет загрузочные и разгрузочные патрубки и представляет собой неподвижный цилиндрический корпус, в объеме которого чередуются подвижные (на роторе) и неподвижные (на статоре) перфорированные диски. Такие аппараты могут быть выполнены одно- и многоступенчатыми, с изменяющейся геометрией отверстий на каждой ступени, с двумя роторами и т. д.

На данный момент изготовлено два опытных образца роторно-дисковых аппаратов, а также экспериментальная установка. На каждом из аппаратов проводятся предварительные экспериментальные исследования. Работа ведётся и по установлению теоретических зависимостей, связывающих геометрические параметры аппаратов с вращающимися дисками и физические свойства обрабатываемых жидких сред с энергетическим воздействием на среду, являющимся основным показателем эффективности функционирования таких технологических аппаратов.

УДК 621. 311

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Н.С. МИРОНОВА, Р.А. САЛАХОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **А.Р. ДЕНИСОВА**

Проблемы энергосбережения относятся к актуальнейшим проблемам глобальной постиндустриальной экономики. Для снижения затрат на энергоресурсы применяют энергосберегающие мероприятия.

Разработка энергосберегающих мероприятий – это ключ к достижению желательных результатов в сегодняшней конкурентоспособной деловой окружающей среде. Сбережение электроэнергии приводит к существенной экономии в счетах за электроэнергию, к увеличению доходности за счет уменьшения затрат на ремонт оборудования, положительное воздействие на окружающую среду и т. д.

Все мероприятия по снижению потерь электроэнергии можно разделить на три группы:

1) организационные, к которым относятся мероприятия по совершенствованию эксплуатационного обслуживания электрических сетей и оптимизации их схем и режимов (практически беззатратные мероприятия);

2) технические, к которым относятся мероприятия по реконструкции, модернизации и строительству сетей (мероприятия, требующие дополнительных капиталовложений);

3) мероприятия по совершенствованию учета электроэнергии, которые могут быть как практически беззатратными, так и требующими дополнительных затрат (при организации новых точек учета). Эти мероприятия не снижают физически существующих потерь электроэнергии, однако они упорядочивают учет, уточняют исходную информацию, делая более эффективными организационные и технические мероприятия, и в ряде случаев снижают коммерческие потери, приводя к снижению и отчетных потерь.

В работе проводится энергетическое обследование промышленного объекта г. Казани, завода «КулонЭнергоМаш», с целью оценки энергопотребления и составления рекомендаций по снижению затрат. Сравнивая изменения потребления электроэнергии до и после внедрения методов энергосбережения, можно оценить эффективность применения энергосберегающих мер на конкретном предприятии.

УДК 66.022:621.929

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДИСПЕРГАТОР

Е.А. НИКОЛАЕВ, УГНТУ, г. Уфа

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Н.С. ШУЛАЕВ

Перемешивание в жидких средах является одним из наиболее распространённых способов организации и интенсификации процессов в различных отраслях промышленности.

Разработка новых малогабаритных энергоэффективных перемешивающих устройств, с помощью которых можно существенно интенсифицировать технологические процессы, является актуальной задачей науки и техники.

Такие перемешивающие устройства должны обеспечивать непрерывность ведения технологического процесса (обработка за один проход), регулирование параметров смешения в широком диапазоне, простоту и надёжность аппаратного оформления, высокую производительность и, главное, малое потребление энергии.

Из предлагаемых сегодня в России перемешивающих устройств, отвечающим этим требованиям, большая часть – это роторно-пульсационные аппараты. Каждая компания, которая их производит, называет эти аппараты по-своему, но суть совершенно не меняется. Типовой аппарат содержит роторные и статорные диски с зубчатыми элементами (прорезями).

В настоящее время необходимо создавать аппараты, которые бы не уступали (или в идеале превышали) качественной стороне обработки (смешению) технологических продуктов в роторно-пульсационных аппаратах, при этом потребляли меньшее количество энергии и стоили в три раза меньше.

Таким аппаратом, по нашему мнению, станет малообъёмный диспергатор. Снижение энергопотребления при достижении тех же технологических результатов произойдёт за счёт изменения конструкции рабочих органов роторно-пульсационного аппарата. Зубчатые элементы, необходимые для создания технологических эффектов, будут находиться в плоскости самого диска, а не выступать над его поверхностью. Кроме того, изготовление таких дисков и самого корпуса аппарата существенно упростится, что значительно понизит его стоимость.

УДК 621.313:620.9

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

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

Энергосбережение стало в последние годы одним из основных приоритетных направлений технической политики во всех развитых странах мира. Энергосбережение в любой сфере сводится к снижению бесполезных потерь. Анализ структуры потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывает, что большая часть потерь (до 90 %) приходится на сферу потребления.

Электропривод, являясь энергосиловой основой современного производства, потребляет около 60 % всей вырабатываемой электроэнергии, следовательно, основной эффект энергосбережения может быть получен в этой сфере. Большая часть электроэнергии потребляется электроприводами на основе повсеместно используемых асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Целью работы является разработка и исследование путей модернизации асинхронных электродвигателей.

Задачей данной работы является достижение экономического эффекта, выражающегося в виде: экономии потребляемой энергии; повышение КПД; возможность круглосуточной интенсивной работы; повышение надежности и безопасности работы электродвигателя; обеспечение возможности регулирования числа оборотов преобразователем частоты; уменьшение массогабаритных размеров.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

А.В. САМОРОДОВ, И.В. ПРАХОВ, (ф) УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Э.М. БАШИРОВА

Для повышения энергоэффективности и энергобезопасности машинных агрегатов с электрическим приводом в настоящее время применяются различные методы и средства. Данные методы позволяют производить диагностику отдельных или нескольких элементов электропривода. Возника-

ет необходимость в использовании интегрального критерия оценки технического состояния, который позволит производить оценку технического состояния машинного агрегата с электрическим приводом в целом.

В качестве данного критерия предлагается использовать гармонический состав токов и напряжений, генерируемых двигателем в различных режимах и имитациях повреждений. Метод основан на том, что любые возмущения в работе электрической и механической части электропривода машинных агрегатов вызывают изменения формы рабочего тока электродвигателя. Выполняя быстрое преобразование Фурье для токов и напряжений электродвигателя, мы получаем спектры токов и напряжений. Для распознавания влияния дефектов на параметры гармонических составляющих токов и напряжений используются искусственные нейронные сети. Применение теории планирования экспериментов позволяет на порядки сократить число обучающих экспериментов с имитациями повреждений.

Для практической реализации предложенного метода был использован диагностический комплекс на основе анализатора качества электропотребления Ресурс-UF2 (М), персонального компьютера и авторских программных продуктов. Результаты исследования сопоставлялись с показаниями серийно выпускаемых приборов.

Исследования гармонического состава токов и напряжений, генерируемых двигателями электропривода машинных агрегатов, показали, что каждому конкретному техническому состоянию и режиму работы электропривода соответствует определенная совокупность гармонических составляющих с определенными параметрами – Фурье-образ технического состояния электропривода. Анализ параметров гармонических составляющих токов и напряжений с помощью нейронной сети позволяет оценить текущее техническое состояние электрооборудования машинных агрегатов.

УДК 621.3; 53.072

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СПЕКТРАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ 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 ее изоляции, а также качество монтажа муфт и разделок. Основные причины пробоев жил кабелей обусловлены низким качеством производства, механическими повреждения-

ми, коррозией металлической оболочки, старением изоляции КЛ. Своевременное выявление электрически ослабленных мест КЛ сегодня является актуальным.

В настоящее время на кафедре «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» ГОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет» применяется спектральный метод диагностики КЛ. В диагностическом комплексе используется метод анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) гармонического спектра периодического синусоидального сигнала, подаваемого на участок КЛ. 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. Анализ выявляет микроскопические дефекты изоляции кабеля. Измерение параметров гармонических составляющих осуществляется анализатором качества электроэнергии аппарат AR-5М позволяет регистрировать до 30 гармоник, а также измерять емкость и индуктивность линии. Параметры АЧХ сигнала образуют Фурье – образ технического состояния КЛ. На основе полученных измерений создается база данных различных повреждений. Для обработки данных производится нейромоделирование динамики ухудшения электрофизических свойств изоляции образца кабеля. Обученная нейронная сеть идентифицирует наличие и характер повреждения КЛ, а также прогнозирует ее остаточный ресурс. Данный программно-аппаратный комплекс позволит значительно увеличить экономическую эффективность использования КЛ и при этом увеличить срок службы кабелей.

УДК 621.31.9.001.05

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

Д.Л. СПИРИДОНОВ, А.А. КОЗУБ, ТГУ, г. Тольятти
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.В. ВАХНИНА

Система электроснабжения (СЭС) является одним из важнейших элементов инфраструктуры современного общества, определяющим его

развитие и безопасность. Практически все отрасли народного хозяйства и промышленности (транспортная, информационная, производственная и прочие) тесно связаны СЭС и находятся от нее в сильнейшей зависимости.

Возникновение неисправностей в СЭС непредсказуемо и может быть вызвано многими факторами. Перебои в электроснабжении приводят к нарушению работы многих систем жизнеобеспечения районов и областей, сопряжены со значительными финансовыми ущербами, а устранение последствий аварий требует длительного и сложного процесса восстановления. Поэтому, для надежного и экономического функционирования систем электроснабжения широко применяют устройства телемеханизации и автоматизации. Устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики (УРЗиА) предназначены для выявления аварийных и ненормальных режимов, отключения поврежденных участков и устранения аварии.

Следует отметить, что эксперименты в реальной энергосистеме проводить не возможно. Поэтому возникает необходимость изучения процессов, происходящих в СЭС путем имитационного моделирования (ИМ). На основе ИМ можно выявить наиболее опасные ситуации и критические элементы системы, выработать серию превентивных мер по предотвращению негативного развития последствий аварий.

В данной работе создана имитационная модель реальной системы электроснабжения на примере Тольяттинского энергоузла Самарского региона в интерактивной среде SimPowerSystems на базе языка высокого уровня – MATLAB. В результате моделирования аварийной ситуации в СЭС с учетом работы УРЗиА получены графики мгновенных значений напряжений, токов, мощностей в СЭС в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах, ток в цепи, и время срабатывания релейной защиты. Данная разработанная модель позволяет наглядно изучить переходные процессы в СЭС, в аварийном режиме при коротких замыканиях, время срабатывания УРЗиА, а также влияние параметров СЭС и места короткого замыкания на сам переходный процесс.

Использование ИМ позволяет заменить натурные эксперименты компьютерными, наглядно показать процессы, проходящие в энергосистеме в различных режимах, исключает материальные затраты на экспериментальное оборудование и материалы, снимает проблемы безопасности.

УДК 621 311

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Г.И. СИРАЗЕТДИНОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. ДЕНИСОВА

В последнее время проблема рационального использования энергетических ресурсов приобретает все большую актуальность. Значительная часть расходуемой предприятиями электроэнергии приходится на нужды освещения. 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, организациях и учреждениях за счет использования схем автоматизации управления освещением, а также выбора более эффективных источников света, в частности, выявлены преимущества в технических характеристиках и условиях эксплуатации твердотельных ламп перед традиционными. Оптимизация светотехнической части осветительных установок и осветительных сетей включает следующие мероприятия:

- правильный выбор систем освещения и типов источников света;
- выбор экономичных схем размещения светильников;
- правильный выбор светильников по светораспределению и конструктивному исполнению.

Системы энергосбережения с использованием современных светодиодных технологий позволяют существенно снизить затраты на освещение. Основными преимуществами светодиодов перед лампами накаливания являются долгий срок службы, более высокий световой выход, безопасность, отсутствие нагревания.

В настоящей работе предлагается перейти к замене традиционных источников света на разрядные (компактные люминесцентные лампы) и твердотельные (светодиодные лампы) источники света, производится сравнительный анализ и расчет экономической эффективности их использования. Основная задача настоящих исследований – это повышение энергоэффективности осветительных установок и комплексное снижение затрат на нужды освещения.

УДК 621.316.98:537.8

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА

И.Ю. ТЮПАНОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

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

Подземные хранилища газа (ПХГ) являются предприятиями нефтегазового комплекса, которым свойственна жесткая электромагнитная обстановка (ЭМО). Для нормального функционирования современных электронных устройств необходимо обеспечивать их электромагнитную совместимость (ЭМС) с электромагнитной обстановкой на ПХГ. Что требует выполнение двух обязательных условий:

- электронные устройства должны проходить испытания на помехоустойчивость по классам жесткости испытаний;

- на ПХГ и ПС уровни полей и помех, воздействующих на электронные устройства и их коммуникации, не должны превышать значений, при которых обеспечивается устойчивая работа этих устройств.

Основные характеристики, определяющие ЭМО на ПХГ:

- разности импульсных потенциалов между заземлениями отдельных устройств, аппаратов и зданий при молниевых разрядах:

- возможность растекания тока молнии по искусственным и естественным заземлителям вблизи мест расположения аппаратуры и кабелей;

- разности потенциалов между заземлениями зданий и конструкций при коротких замыканиях на землю в сети высокого напряжения на ПС;

- потенциалы, наводимые на трубопроводе при КЗ в сети высокого напряжения и молниевых разрядах;

- радиочастотные электромагнитные поля;

- гармоники в сети питания переменным током;

- электростатические потенциалы в помещениях с аппаратурой.

Для решения проблемы ЭМС на УПХГ необходима информация по перечисленным выше пунктам. Для реконструируемых объектов такая информация получается в ходе экспериментально-расчетной оценки ЭМО, основной частью которой является проведение комплекса измерений непосредственно на объекте. Для проектируемых же новых объектов такая информация может быть получена на основе анализа проектной документации.

УДК 621.311.04

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

И.Н. ФОМИНА, КГЭУ, г. Казань

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

В системах электроснабжения основным потребителем электрической энергии является двигательный электропривод, который потребляет порядка 80 % от всей отпускаемой электроэнергии. Поэтому реализация энергосберегающих мероприятий в электроприводе дает максимальный экономический эффект.

В большинстве технологических систем энергетики, промышленности, сферы коммунального хозяйства и других отраслях установлены электродвигатели в расчёте на максимальную производительность оборудования. В результате электродвигатели, работающие с постоянной скоростью вращения, потребляют значительно больше электроэнергии (до 50 %), чем это требуется для обеспечения оптимального технологического процесса.

Существует несколько направлений снижения потребления электроэнергии регулируемые асинхронными электродвигателями. Первое направление связано со снижением потерь в электроприводе при выполнении им заданных технологических операций по заданным тахограммам и с определенным режимом нагружения. Второе направление связано с изменением технологического процесса на основе перехода к более совершенным способам регулирования электропривода и параметров этого технологического процесса. Третье направление обеспечивает реализацию энергосберегающих технологий, в рамках которого предусмотрено совершенствование системы электропривода в сочетании с автоматизацией технологического процесса.

В рамках второго направления рассматривается использование регулируемого электропривода на базе частотных и тиристорных преобразователей частоты, их достоинства и недостатки, а также приводятся примеры внедрения регулируемых электроприводов в производстве и сфере жилищно-коммунального хозяйства.

При реализации предложенных мероприятий по снижению потребления электроэнергии двигательным электроприводом, можно получить значительную экономию.

УДК 621.311.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НПЗ ПРИ НАЛИЧИИ СОБСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

А.В. ФРОЛОВ, МЭИ (ТУ), г. Москва

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. В.М. ПУПИН

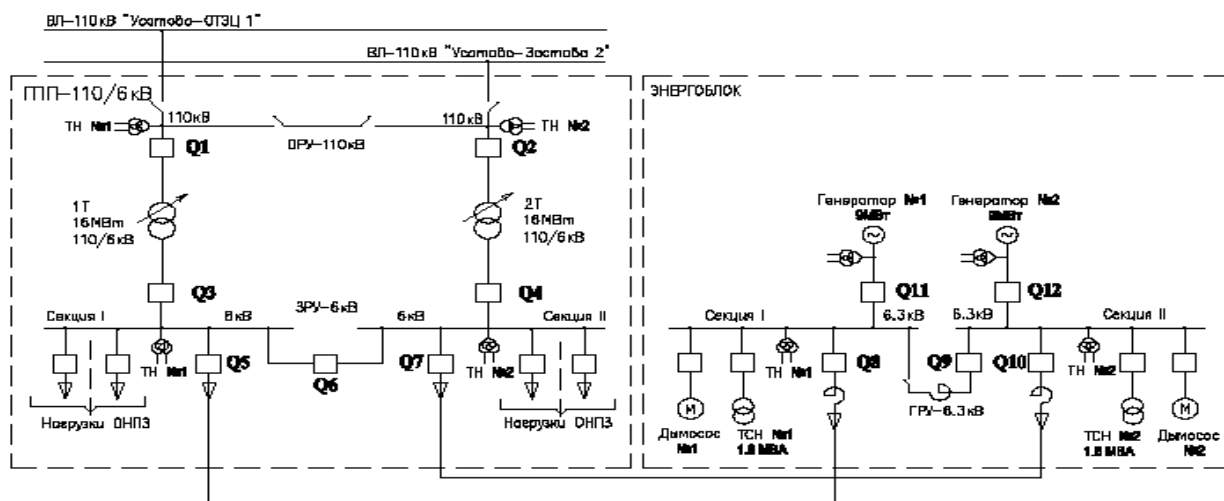
В последние годы широкое распространение получили электротехнические комплексы (ЭТС), в состав которых входит собственная генерация (на базе различных дизель-генераторных установок (ДГУ), которую часто называют системой электроснабжения собственных нужд (ЭСН). Схемы построения таких систем могут содержать несколько (от двух до двадцати) генераторов собственных нужд, имеющих связи по сетям среднего (6,10 кВ) и даже низкого (до 1 кВ) напряжения. Конфигурации систем электроснабжения обусловлены следующими факторами: нехваткой генерирующих мощностей в одних узлах, избытком их – в других узлах ЭТС; удаленностью групп потребителей; повышенной стоимостью генерации отдельных узлов и разной мощностью и характером нагрузки для центральных технологических пунктов (ЦТП).

Для сохранения непрерывности технологического процесса необходимо обеспечение устойчивости двигательной нагрузки, т. е. способности двигателей восстанавливать нормальный режим работы после перерыва питания.

Поэтому вопросы расчета нормальных, ремонтных и аварийных режимов работы применительно к таким ЭТС очень актуальны.

Примером такой электротехнической системы может служить схема электроснабжения одного из нефтеперерабатывающих заводов (рис.). Для электроснабжения НПЗ используется главная понизительная подстанция (ГПП) 110/6 кВ и энергоблок с двумя ДГУ мощностью 9 МВ·А. Потребляемая электрическая мощность электроприёмников собственных нужд энергоблока – 1,5–1,7 МВт. Потребляемая электрическая мощность НПЗ (с учётом субпотребителей) составляет 13,5–15 МВт.

Для обеспечения нормального функционирования НПЗ в условиях возможных изменений в питающей энергосистеме важно провести исследования, выполнить соответствующие расчеты и анализ всех допустимых режимов работы генераторов для нормальных, ремонтных, аварийных и послеаварийных режимов, в том числе при аварийном снижении частоты и напряжении в энергосистеме, выделении энергоблока на автономную работу (табл.).



Однолинейная электрическая схема ГПП 110/6 кВ и ГРУ-6,3 кВ НПЗ

Расчетные схемы возможных режимов работы НПЗ

| Номер схемы п.п | Номера отключенных выключателей в системе промышленного электроснабжения НПЗ |
|-----------------------|--|
| 1 | Q6 |
| 2 | Q6, Q9 |
| 3 | — |
| 4 | Q3, Q4, Q6 |
| 5 | Q3, Q5, Q8 |
| 6 | Q3, Q7, Q10 |
| 7 | Q3, Q6 |
| 8 | Q4, Q6 |
| 9 | Q4, Q7, Q10 |
| 10 | Q3, Q7, Q10 |
| 11 | Q6, Q12 |
| 12 | Q6, Q7, Q10, Q12 |
| 13 | Q6, Q7, Q10, Q11 |
| 14 | Q4, Q7, Q10, Q11 |
| 15 | Q3, Q7, Q10, Q11 |

Исследования, расчеты и анализ предполагается выполнить с учетом прилегающей сети (внешней и внутривозвращенной НПЗ), главной электрической схемы и собственных нужд энергоблока когенерационной установки. Для обоснования существования режимов работы НПЗ предполагается выполнить анализ статической и динамической устойчивости энергоблока.

Важной частью выбора технических мероприятий по обеспечению непрерывности технологических процессов является выполнение расчетных исследований (трехфазных, междуфазных и однофазных коротких замыканий) для всех рассматриваемых (табл.) режимов в схемах прилегающей сети, в том числе на шинах ГПП-110/6 кВ и сети 6 и 110 кВ.

Для проведения расчетных исследований разработана математическая модель схемы внешнего и внутривозвращающего электроснабжения НПЗ (ГПП-110/6 кВ, распределительных и трансформаторных подстанций 6/0,4 кВ), ГРУ-6,3 кВ с собственными нуждами энергоблока с моделированием системы асинхронных двигателей из трех дифференциальных уравнений. Расчет токов короткого замыкания в сетях 6 кВ и 0,4 кВ будет выполнен в минимальном и максимальном режимах работы питающей сети.

Для разработанной модели НПЗ проводятся расчеты режимов пуска и самозапуска механизмов с построением графиков активной, реактивной мощности, напряжений, токов на I и II секциях ЗРУ-6 кВ; I и II секциях ГРУ-6,3 кВ; секциях напряжением 0,4 кВ ТСН № 1 и № 2.

В результате работы будет определена критическая длительность кратковременных нарушений электроснабжения для электрооборудования 1 и 2 секций ЗРУ-6 кВ ГПП-110/6 кВ и 1 и 2 секций ГРУ-6 кВ энергоблока с построением графиков изменения напряжения для всех узлов нагрузки напряжением 6; 6,3 и 0,4 кВ НПЗ.

Для обоснования правильности предложенной схемы ЭТС предлагается провести расчет и анализ режимов работы генераторов при пуске электродвигателя газового компрессора мощностью 3000 кВт для характерных схем электроснабжения указанных в перечне схем расчетных режимов (табл.) в случае работы НПЗ только от энергоблока (автономный режим работы двух или одного генератора).

Отдельным вопросом ставится задача обоснования расчетным путем возможности самозапуска электродвигателей технологических механизмов НПЗ с учетом существующих очередей самозапуска оборудования в случае перехода энергоблока в автономный режим; а также определение перечня автоматически отключаемых объектов (технологических установок НПЗ) и субпотребителей с целью обеспечения баланса мощности (потребление-генерация) в случае работы энергоблока в автономном режиме после его автоматического отделения от энергосистемы.

Выводы: разработан перечень расчетных схем и возможных режимов электротехнических комплексов, в состав которых входит собственная генерация; составлено техническое задание для исследования вероятных ре-

жимов работы генераторов энергоблока – когенерационной установки по комбинированному производству тепловой и электрической энергии с утилизацией атмосферного остатка висбрекинга и потребителей НПЗ; определен перечень расчетных исследований для разработки рекомендаций по повышению надежности электроснабжения потребителей НПЗ.

УДК 621.313:620.9

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ К ДИАГНОСТИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Х.Ф. ШАЙМАРДАНОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. **Н.В. РОЖЕНЦОВА**

В последние годы интенсивно развивается направление неразрушающей диагностики. Это развитие обусловлено тем, что не предполагает разрушения диагностируемого оборудования, а значит, гарантирует его дальнейшую работоспособность. Ее принципом является сбор информации, характеризующий износ и дальнейшую работоспособность оборудования, что требует фиксирования данных на компьютере для редактирования и использования в различных программных продуктах. Однако при этом возникают проблемы с переводом данных в редактируемый вид, так как нередко они выводятся в виде изображений.

В качестве диагностирующего оборудования используется аппаратный комплекс, состоящий из измерительного устройства Tie Pie Handyscore HS3, анализатора качества и количества электроэнергии AR-5M и программного обеспечения Power Vision v1,7.

Целью данной работы является разработка программного приложения для дальнейшей обработки и анализа данных, полученных в результате диагностирования электрооборудования. Для этого необходимо изучение программного кода Power Vision, Microsoft Excel и создание программного приложения, совместимого с вышеуказанными программами.

УДК 558.25

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

У.Ф. ЮМАГУЗИН, (ф) УГНТУ, г. Салават
Науч. рук. канд. экон. наук, доц. Н.Н. ЛУНЁВА

Главными стратегическими ориентирами Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и энергетической стратегии России до 2030 года являются энергетическая безопасность, экономическая эффективность, экологическая безопасность энергетики и энергетическая эффективность экономики. Экономическая эффективность и надежность работы электрооборудования зависят от качества технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации. Для повышения ресурса и надежности оборудования, сокращения затрат, связанных с ремонтом и простоями, необходимо переходить от регламентированных по времени профилактических и ремонтно-восстановительных работ к обслуживанию по фактическому состоянию. Раннее выявление дефектов и неисправностей позволяет предотвратить аварийную остановку, увеличить срок эксплуатации, повысить эффективность эксплуатации электрооборудования.

Переход к эксплуатации электрохозяйства по фактическому техническому состоянию может быть реализован при помощи интегрированной системы непрерывного мониторинга технического состояния электрооборудования и электроприемников на основе выявления закономерностей взаимосвязи технического состояния электрооборудования и электроприемников с их частотными характеристиками и параметрами генерируемых ими высших гармонических составляющих токов и напряжений.

В результате применения интегрированной системы мониторинга и управления энергетической безопасностью и энергетической эффективностью электрохозяйства предприятий нефтегазовой отрасли показатели эффективности оборудования могут быть доведены до 93 % максимально возможных, а время незапланированного простоя снижено до 2 %. При этом отдача от производственного оборудования повысится на 20–25 %, что позволит снизить себестоимость 1 т продукции на 25 руб.

УДК 621.313:620.9

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ УДАРОВ МОЛНИИ

А.В. ШЕИН, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Л.В. ФЕТИСОВ

При эксплуатации электрических сетей промышленных предприятий большое значение имеет внешнее электромагнитное воздействие. Для дальнейшего повышения надежности функционирования сетей требуется внедрение защиты от внешних электромагнитных воздействий.

Электрические сети промышленных предприятий непосредственно после их сооружения в процессе эксплуатации подвергаются разнообразным внешним воздействиям, в том числе внешним электромагнитным воздействиям.

Источники возникновения электромагнитного воздействия делятся на искусственные и естественные. Каждый источник наносит начиная от незначительного, заканчивая разрушающим воздействием на электрические сети.

В ходе данной работы будет проведен анализ имеющихся способов защиты от ударов молнии, их последствий или модернизация какого-либо из имеющихся, так как ее удары наносят наибольшие разрушения оборудованию. Цель работы состоит в улучшении способов защиты от электромагнитных воздействий промышленных электрических сетей.

УДК 621.311.04

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В.Г. ЯКИМОВА, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. ДЕНИСОВА

В последние годы большую актуальность приобрел вопрос снижения потерь электрической энергии (ПЭЭ) в системах электроснабжения. Это связано с тем, что ПЭЭ в электрических сетях, как правило, высоки и имеют тенденцию к росту. В большинстве случаев это вызвано тем, что у по-

требителей отсутствуют современные системы по сбору и передаче данных о полезном отпуске электроэнергии. Кроме того, неверный выбор методов при расчете ПЭЭ в результате дает большие расхождения с фактическими потерями.

Все ПЭЭ разделяются на нормативные (технологические) (ТПЭ) и коммерческие (КПЭ). Наиболее существенными являются технологические потери, которые составляют порядка 60 % от всех ПЭЭ. Существует большое число методов расчета ПЭЭ, позволяющих рассчитать как технологическую, так и коммерческую составляющие потерь. Для расчета ТПЭ используют следующие методы:

1) метод расчета технологических потерь при транспортировке электроэнергии, которые подразделяются на методы расчета нагрузочных потерь, нормативные методы расчета нагрузочных потерь, методы расчета условно-постоянных потерь, методы расчета потерь зависящих от погодных условий;

2) метод расчета потерь, обусловленных погрешностями системы учета электроэнергии;

3) метод расчета нормативных характеристик технологических потерь электроэнергии.

Рекомендации, выданные по результатам расчета ПЭЭ в рамках выбранной методики, позволяют снизить ТПЭ, а следовательно, уменьшить разницу между фактическими потерями и расчетными.

Целью данной работы является изучение существующих методов расчета ПЭЭ, разработка классификации методов, анализ их достоинств и недостатков, а также разработка автоматизированного программного обеспечения для расчета ТПЭ на разных ступенях напряжения.

СЕКЦИЯ 8. ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И ДВИГАТЕЛИ

УДК 536:629

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ГОРЮЧЕМ

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

На сегодняшний день газотурбинные установки (ГТУ) на жидком углеводородном горючем (УВГ) продолжают успешно эксплуатироваться во многих отраслях промышленности и энергетики. Однако все они имеют принципиально важные недостатки: невысокую долговечность, ресурс и вероятность безотказной работы вследствие негативного процесса осадкообразования в топливоподающих каналах ГТУ.

В докладе освещаются существующие и перспективные пути борьбы с осадкообразованием в ГТУ на жидких УВГ, включая:

1) интенсивное охлаждение наиболее ответственных узлов, деталей ГТУ, так как известно, что при температурах меньших, чем 373 К, и при любых давлениях твёрдый углеродистый осадок практически не образуется;

2) применение электростатических полей (экспериментально установлено, что в области распространения силовых линий электростатических полей и при специальных условиях осадок не образуется);

3) создание усовершенствованных конструкций топливоподающих каналов ГТУ, менее подверженных процессу осадкообразования.

Разработаны новые конструктивные схемы струйных форсунок ГТУ на жидком УВГ с увеличенным ресурсом и надежностью. В докладе представлена новая форсунка (положительное решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2008147648 от 02.12.2008 г.), в которой предусмотрены теплоизоляция сетчатых фильтров, размещение фильтров в областях с меньшими температурами, замена закоксованных фильтров на новые по сигналу датчиков контроля за осадкообразованием.

Намечены пути дальнейшей модернизации форсунок и фильтров ГТУ на жидком УВГ.

Предполагается, что применение всех вышеперечисленных мероприятий и изобретений значительно повысит надежность и долговечность не только топливоподающих каналов и форсунок, но и всей ГТУ на жидком УВГ, а также позволит избежать различных несанкционированных негативных процессов.

УДК 536:537

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С ЦЕЛЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ГОРЮЧЕМ

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

Газотурбинные установки (ГТУ) на жидком углеводородном горючем (УВГ) в ходе нескольких сот циклов эксплуатации подвергаются негативному процессу осадкообразования. При этом возможен непредвиденный выход из строя форсунок, фильтров, а также топливоподающих каналов ГТУ. (Циклом уже необходимо считать процесс запуска и останова ГТУ.)

С целью предотвращения углеродистых отложений предлагается использовать электростатические поля.

В ходе экспериментальных исследований с жидким УВГ (марки ТС-1) установлено, что при температуре более 313 К жидкое УВГ становится электропроводящей средой и теряет свойства диэлектрика. А при температуре выше 373 К в жидком УВГ возникают электрические диполи, активно участвующие в осадкообразовании. Обнаружено, что в областях прохождения силовых линий электростатического поля (в условиях естественной конвекции) осадок в жидком УВГ не образуется. Также возможно эффективно применять электростатические поля в условиях вынужденной конвекции, но при скорости прокачки УВГ менее 6 м/с.

На основе экспериментальных исследований создана система предотвращения появления углеродистого осадка в топливоподающих каналах и коллекторах ГТУ, в которой предусмотрено размещение соосных рабочих игл-электродов по всему тракту каналов (заявка на изобретение РФ № 2009128912 от 27.06.2009 г.). Кроме предотвращения осадкообразования, попутно будут происходить и другие положительные эффекты: интен-

сификация теплоотдачи (до 160 %), уничтожение термоакустических автоколебаний давления, обеспечение вынужденной конвекции. Последнее – особенно важно, так как такая конструкция может заменить основную насосную систему, например, в экстренных аварийных случаях (и обеспечить горение).

Данная конструктивная схема позволит значительно увеличить ресурс и надёжность топливоподающих каналов топливного коллектора и всей ГТУ.

УДК 536:537

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛОТДАЧИ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ НА ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ГОРЮЧЕМ

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

Интенсификация теплоотдачи – это процесс улучшения теплообмена, который зависит от многих факторов, в том числе – от вида искусственных интенсификаторов. Экспериментально установлено, что все искусственные интенсификаторы в виде лунок и выемок через несколько циклов работы ГТУ полностью покроются твёрдым углеродистым осадком и перестанут выполнять свои функции по турбулизации пограничного слоя. Опытным путём выявлено, что искусственные интенсификаторы в виде конусной резьбы ограничивают рост твёрдого осадка на высоту зубьев (1–5 мм). Если использовать это оребрение в лунках, то они частично сохранят свою работоспособность. Обнаружено, что электростатические поля способны предотвращать осадкообразование в любых каналах, в том числе и с лунками (как без резьбовой конусной поверхности, так и с ней). Кроме того, обнаружены и другие положительные эффекты от применения электростатических полей в ГТУ на жидком углеводородном горючем:

- увеличение коэффициента теплоотдачи (до 650 %);
- полная предтопливная подготовка горючего (ионизация, смешение, гомогенизация – приведение к новому топливу с новыми характеристиками, т. е. электростатические поля открывают возможность применения сразу нескольких горючих);

- улучшение качества и экономичности сжигания горючего (или горючих);

- эффективное и надежное предотвращение образования углеродистых отложений на нагретых стенках топливоподающих каналов ГТУ, а также на фильтрах и в каналах распылителей форсунок;

- электрораспыл горючего (что очень важно при аварийных ситуациях).

В докладе представлены новые конструктивные схемы интенсификаторов теплоотдачи в каналах и коллекторах ГТУ на жидком углеводородном горючем при помощи совместного применения оребрения поверхности и электростатических полей (заявка на изобретение РФ № 2009129578 от 31 июня 2009 г.).

УДК 621.438

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО ВПРЫСКА ВОДЫ В КОМПРЕССОР ГАЗОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ

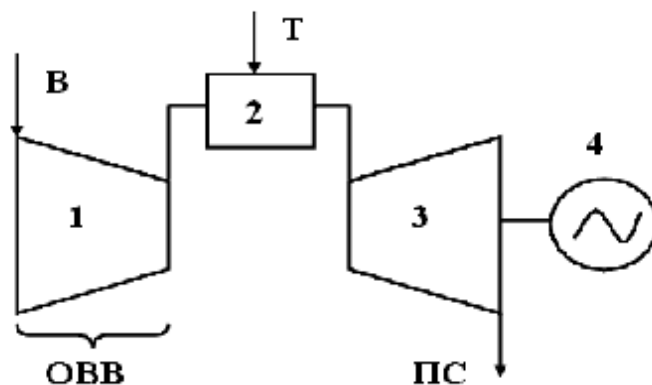
К.Н. АХМЕТОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В работе рассмотрены возможности увеличения эффективности работы газотурбинной установки (ГТУ) путём впрыска воды в различные сечения проточной части компрессора.

Цель исследования – определение наиболее эффективного варианта впрыска. Кроме того, ставится задача нахождения оптимального объёма дополнительно вводимой воды в воздушный тракт компрессора ГТУ.

Принципиальная схема ГТУ с впрыском воды в компрессор будет выглядеть следующим образом (рис.).



Принципиальная схема ГТУ с впрыском воды в компрессор:

1 – компрессор; 2 – камера сгорания; 3 – газовая турбина; 4 – электрогенератор;
В – воздух; Т – топливо; ПС – продукты сгорания; ОВВ – область впрыска воды

Расчёт эффективности впрыска воды проводился на математической модели, созданной с помощью автоматизированной системы газодинамического расчёта энергетических турбомашин (АС ГРЭТ).

Расчёты проводились как при впрыске воды перед компрессором, так и в различные его ступени. При этом температура, давление и количество вводимой воды менялись.

Использование автоматизированной системы позволило определить оптимальное использование впрыска воды в компрессор ГТУ.

УДК 621.514.5

СОЗДАНИЕ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

К.И. ГАРИФОВ, Г.Ф. ЗИСКИН, В.Н. НАЛИМОВ, Ю.А. ПАРАНИН,
ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань

В настоящее время развитие энергетики идет по пути снижения стоимости вырабатываемой электроэнергии и одним из путей ее снижения является строительство газовых и парогазовых энергетических установок с высоким КПД. Современные газовые турбины требуют подачи топливного газа в камеру сгорания под высоким давлением ($25 \div 50 \text{ кгс/см}^2$).

Рядом зарубежных фирм «Хауден», «Купер», «Майком», «Кобе Стил», «Томасен» были созданы компрессорные установки высокого давления на базе винтовых компрессоров с традиционной схемой расположения «ротор – подшипники». Учитывая дальнейшее развитие энергетики в России с использованием газотурбинных электростанций, создание и освоение отечественных винтовых компрессоров для сжатия топливного газа с конечным давлением до 50 кгс/см^2 становится актуальной задачей.

В ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» был разработан компрессор высокого давления 7ГВ 35/6-45 с традиционной схемой исполнения «ротор–подшипники», а также спроектирован и изготовлен стенд для проведения исследований данного компрессора.

В настоящее время идут испытания компрессора высокого давления на азоте в широком диапазоне давлений всасывания и нагнетания с различными расходами масла, подаваемого на впрыск в компрессор.

В результате испытаний планируется получить газодинамические и энергетические характеристики компрессора 7ГВ 35/6-45 при различных

давлениях всасывания и нагнетания и определить оптимальные расходы впрыскиваемого в компрессор масла.

УДК 621.438

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГТУ С ПОМОЩЬЮ ОБРАЩЕННОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

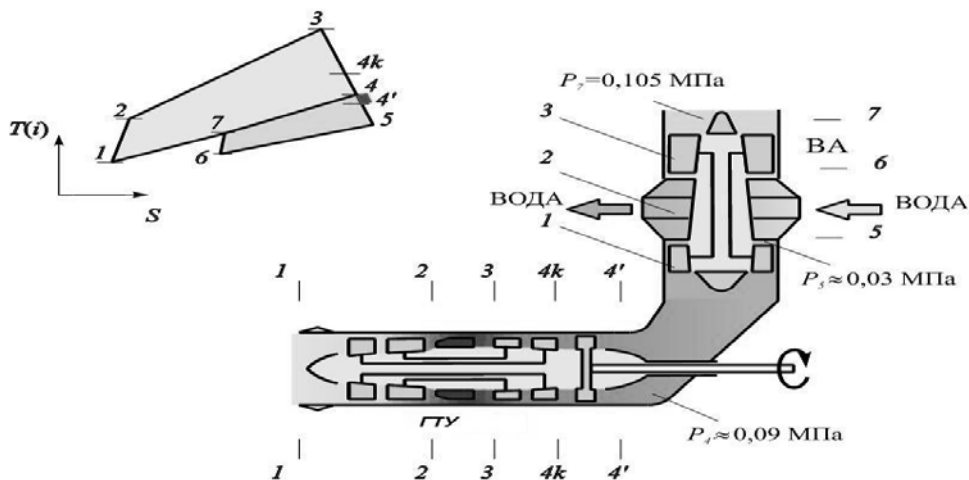
М.Г. БУРГАНОВ, КГЭУ, г. Казань

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

Одним из способов увеличения удельной мощности ГТУ является её модернизация. Поэтому в данной работе предлагается модернизировать ГТУ обращенным газогенератором.

Обращенный газогенератор (вакуумирующий агрегат – ВА), который показан на рисунке, представляет собой совершенно автономную конструкцию, включающую в себя последовательность из турбины пересширения 1, теплообменника (холодильника) 2 и приводимого турбиной перерасширения дожимающего компрессора 3. Автономный ВА устанавливается, например, в существующем газоходе (вертикально, горизонтально). В процессе его работы за силовой турбиной создается разрежение на уровне 0,085–0,09 МПа, что увеличивает экономичность и удельную мощность практически любой ГТУ на 12–20 % (в зависимости от параметров исходной ГТУ).

При КПД исходной данной ГТУ в 30 % с установкой ВА и с переходом на двухступенчатую силовую турбину можно получить КПД 35–37 % с соответствующим увеличением удельной мощности.



ГТЭ-65 с газогенератором

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ В ТУРБОКОМПРЕССОРНОМ ТЕПЛОВОМ НАСОСЕ

Д.Д. ЗАРИПОВ, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время, в условиях острого дефицита тепловой и электрической энергии, поиск рациональных способов утилизации сбросной теплоты (СТ) тепловых электростанций является важной задачей. Как показывают технико-экономические расчеты, применение тепловых насосов (ТН) для тех же целей экономически целесообразно.

Для широкомасштабного внедрения ТН в ТЭЦ, важнейшей предпосылкой являются достаточно большие объемы теплоты, выбрасываемые в градирнях. С помощью ТН можно передать большую часть этой СТ в теплосеть (около 50–60 %). 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, т. е. пароконденсационных и других классических 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.

Выше сказанные идеи рассматривались на идеализированном ТТН, но на конкретном примере не исследовались. Поэтому были проведены исследования утилизации СТ с помощью ТТН на одном из промышленных предприятий нашего региона. В данной работе на программном комплексе ГРАД была построена математическая модель, и все исследования проводились по ней. В результате, которого были определены оптимальные параметры и эффективность данной модели.

УДК 621.181

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА

А.В. КАЛИМУЛЛИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Б. ШИГАПОВ

Современные энергетические котлы должны отвечать всё возрастающим требованиям к надёжности, экономичности и воздействию на окружающую среду. Для этого необходимо разрабатывать эффективные конструкции теплообменных поверхностей, совершенствовать технологии сжигания топлива. Одним из эффективных средств решения этих задач является моделирование рабочих процессов.

В работе рассматривается теплообмен в топочной камере. Неравномерность тепловосприятости влияет на массовый расход пароводяной смеси. Это может послужить причиной ухудшенных температурных режимов. Цель численного моделирования – гидродинамика процессов парообразования с учётом распределения тепловых потоков по экранам топочной камеры.

Методики расчёта гидродинамики прямоточного котла и котла с естественной циркуляцией сильно отличаются. Чтобы упростить задачу, ограничимся рассмотрением парового котла с естественной циркуляцией. Была составлена программа расчёта простого контура, которая учитывает неравномерность тепловосприятости, как по высоте экрана, так и по ширине.

В докладе рассматривается моделирование теплообмена в топочной камере энергетического котла, где определяющим видом передачи теплоты является радиационный механизм. Расчёт радиационного теплообмена требует решения уравнения переноса энергии излучения (УПЭИ). При сжигании жидкого или газообразного топлива излучающую и поглощающую среду можно считать однородной. Тогда уравнение существенно упрощается. В этом случае удобно использовать метод характеристик, который является наиболее точным и близким к физической картине процесса. При сжигании твёрдого топлива УПЭИ целесообразно решать методом сферических гармоник в P_5 -приближении. Оба метода позволяют учитывать развитую неоднородность радиационных свойств и температуры газов в топке. Решение УПЭИ позволяет получить достоверное распределение тепловосприятости по экранам поверхностям.

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВПРЫСКА ОХЛАЖДЕННОЙ ВОДЫ НА ПАРАМЕТРЫ ГТУ

Г.Е. МАРЬИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Б. ШИГАПОВ

В парогазовых установках с впрыском воды в газовый тракт энергетической газотурбинной установки (ГТУ) используется пароводяное рабочее тело, затем парогазовая смесь расширяется в газовой турбине установки. Такие установки характеризуются относительной простотой технологического процесса и высокими показателями экономичности.

В данной работе рассматривается методика вычисления теплового расчета параметров ГТУ, с учетом впрыска пароводяной смеси в газовую турбину. При взаимодействии пароводяной смеси с рабочим телом (продуктами сгорания) ГТУ происходят изменения термодинамических свойств, таких как температура T , теплоемкость C_p , показатель процессов расширения k , работоспособность R , а также изменяется массовый расход рабочего тела.

В литературе отсутствуют рекомендации по расчету этих важных термодинамических свойств. Автором предложен алгоритм расчета перечисленных термодинамических свойств в допущении идеальности протекания процессов.

При проведении расчетов принимаем, что расход газов, в отсутствии впрыска воды, равен расходу воздуха.

Теплоемкость парогазовой смеси определяем с учетом массовых долей газов и водяного пара. По аналогичной зависимости вычисляется газовая постоянная парогазовой смеси. В предположении идеальности параметров вычислен показатель изоэнтропического расширения.

Температуру парогазовой смеси можно определить из уравнения сохранения энергии, поскольку эффективная теплоемкость была определена раньше.

Разработанный алгоритм позволил автору получить характеристики газовой турбины с учетом реальных параметров, максимально приближенных к действительным.

УДК 621.438

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Г.Е. МАРЬИН, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Б. ШИГАПОВ

Об альтернативных источниках энергии говорится сегодня много.

Для устойчивого развития человечеству необходим источник энергии, обладающий неограниченными запасами топлива и малыми затратами. Такой источник может быть создан еще до истощения ресурсов нефти на основе взрывной дейтериевой энергетики (ВДЭ). После Чернобыля нужно обратить внимание на большую, чем у АЭС, безопасность дейтериевой энергетики.

Дейтерий – экологически чистый источник энергии. Единственный способ выделить эту энергию, проверенный в земных условиях – ядерный взрыв. Для «обуздания» взрыва предлагаются подземные «котлы взрывного сгорания» (КВС).

Цикл работы КВС включает формирование защитной стенки из жидкого натрия, взрыв дейтерия, инициируемый делением урана-233, «гашение» механической части энергии взрыва за счет разрушения и частичного испарения, нагрев натрия и сброс его в аккумулятор тепла. Перекачка теплоносителя первого и второго контуров, нагрев рабочего тела турбин, выработка электроэнергии, теплоснабжение потребителей, выделение ядерных материалов из теплоносителя и изготовление узлов энергозарядов идут непрерывно.

Одна из трудностей реализации КВС состоит в обеспечении надежной защиты стенок КВС от последствий термоядерного взрыва малой мощности. Например, предлагается защищать стенки котла посредством завесы из струй теплоносителя (натрия), разбрызгиваемых внутри котла. Очевидным недостатком этого способа защиты является ненадежность защиты струями, малая масса жидкого натрия, находящегося вокруг термоядерного заряда, не полное защитное покрытие (например, отсутствие его сверху или снизу). Также недостатком является необходимость создания на всей боковой поверхности котла форсунок для разбрызгивания струй натрия, что усложняет конструкцию стенок котла и понижает их надежность для противостояния взрыву. Сложность реализации оборачивается ненадежностью, что недопустимо для взрывной термоядерной энергетики.

Управляемый термоядерный синтез (УТС) – мечта реализовать некую среднюю между Солнцем и полномасштабным взрывом плотность

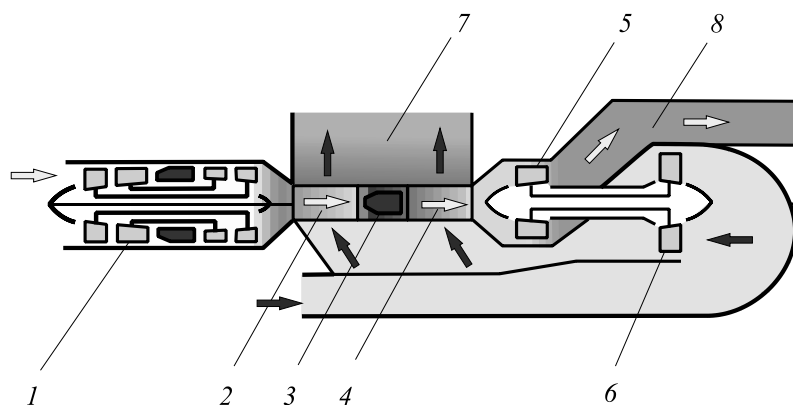
выделения энергии. Прогресс в УТС слишком медленный. Нет доказательства, что никто и никогда не «заставит» гореть малые массы дейтерия, но вероятность реализовать УТС за грядущие полвека мала.

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ХОЛОДНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО СПОСОБА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

И.Р. МУСТАФИН, КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. ТИТОВ

При пожаротушении требуется большое количество нейтральных газов и воды, производство которых трудоемкое и затратное. Поэтому предлагается использовать для пожаротушения генератор холодного нейтрального газа (ГХНГ), который не требует воды и имеет производительность авиационного двигателя. Продукты сгорания, в которых содержится не более 5–7 % кислорода, имеют температуру от минус 20 до плюс 30 °С. Агрегат может изготавливаться в стационарном и транспортируемом исполнении. Здесь после основного, например, вертолетного ГТД устанавливается теплообменник 2, камера сгорания 3, теплообменник 4, детандерная турбина 5 нагруженная вентилятором 6, который подает воздух на теплообменники 2 и 4. Температура продуктов сгорания за турбиной 5 от минус 20 °С до плюс 30 °С.



Агрегат холодного нейтрального газа для тушения пожаров без использования воды

По выше сказанной схеме были проведены исследования, в ходе которых были полученные результаты, показывающие эффективность ГХНГ.

УДК 536.1+621.181

ВЛИЯНИЕ КОНДЕНСИРОВАННОЙ ФАЗЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ НА РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛООБМЕН

Р.Н. ШАЙДУЛЛИН, КГЭУ, А.А. ГИРФАНОВ, КазТЭЦ-2, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Б. ШИГАПОВ

Продукты сгорания, образующиеся в топках энергетических котлов при использовании в качестве топлива каменного угля или мазута, представляют собой двухфазные среды. Конденсированная фаза состоит из твердых частиц различных размеров и формы, которые неравномерно распределены в газовой фазе. Причем концентрация дисперсной фазы изменяется как по высоте, так и по сечению топочной камеры.

Теплота от продуктов сгорания к рабочему телу передаётся в топочной камере преимущественно излучением. Перенос энергии излучения в дисперсной среде сопровождается ослаблением вследствие как поглощения, так и рассеяния. Коэффициент ослабления среды:

$$\Sigma = \Sigma_a + \Sigma_s,$$

где Σ_a, Σ_s – коэффициенты поглощения и рассеяния дисперсной среды.

Коэффициент поглощения дисперсной среды является суммой коэффициентов поглощения газовой k_g и конденсированной фазы продуктов сгорания:

$$\Sigma_a = k_g + \Sigma_{az}.$$

Рассеяние света является комплексным эффектом отражения, преломления, поглощения света и собственного излучения полифракционных частиц. В связи с этим возникает необходимость исследования качественных и количественных характеристик твердых частиц, содержащихся в топочных газах.

Таким образом, наличие дисперсной фазы оказывает существенное влияние на радиационный теплообмен. Определение реального вида функции распределения частиц дисперсной фазы по размерам в топочной камере котла позволит повысить точность расчета теплообмена, уточнить значения радиационных тепловых потоков к поверхностям нагрева.

УДК 621.438

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ ВОЗДУХА

А.А. ШИГАПОВ, КазТЭЦ-3; Р.Ф. МИФТАХОВ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. ТИТОВ;
д-р техн. наук, проф. А.Б. ШИГАПОВ

Дан численный анализ эффективности при использовании промежуточного охлаждения в компрессорах с двухкаскадным сжатием.

В ряде работ авторов по проблемам промежуточного охлаждения при сжатии задавались постоянным значением коэффициента потерь давления (аэродинамического сопротивления) $\sigma_{\text{по}}$ в промежуточном теплообменнике, что, в общем-то, не совсем корректно. Естественно предположить, что перепад давления пропорционален количеству отводимой теплоты от воздуха после первого каскада компрессора.

В принятом допущении постоянства теплоемкости воздуха, это подтверждается результатами расчетов, пропорциональность количеству отводимой теплоты равносильно пропорциональности температуры воздуха на выходе из первого каскада компрессора. Действительно, аэродинамическое сопротивление в поверхностном теплообменнике промежуточного охлаждения, представляющего многорядную конструкцию с поперечным обтеканием поверхностей труб, определяется площадью теплообменных поверхностей – количеством трубного пучка. Если предположить, что в каждом ряду располагается одинаковое количество труб, обеспечивающее отвод определенного количества теплоты Q_1 , то в двух рядах, естественно, отводимая теплота равна $2Q_1$. Потери давления воздуха в теплообменнике промежуточного охлаждения, в основном, определяются поперечным обтеканием рядов трубчатых пучков. Это позволяет рассчитывать аэродинамическое сопротивление промежуточного охладителя в зависимости от температуры воздуха после первого каскада компрессора. Между коэффициентом потерь давления $\sigma_{\text{по}}$ и потерями давления Δp имеет место простая взаимосвязь, использование которой позволяет построить удобную расчетную схему.

Учет переменности аэродинамического сопротивления в промежуточном теплообменнике позволил построить алгоритм, приближенный к действительным процессам и получить достоверные количественные результаты. Экономические показатели ГТУ (удельный расход топлива), вопреки ожиданиям, при использовании промежуточного охлаждения ухудшаются.

УДК 621.577

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИКОВОГО ФОРСИРОВАНИЯ ГТУ ПУТЕМ ПОДВОДА В ПРОТОЧНУЮ ЧАСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.А. ШИШИН, КГЭУ, г. Казань

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

В настоящее время в энергетике страны сложилось крайне серьезное положение. Оно обусловлено прогрессирующим физическим и моральным старением технологического оборудования, выбытием мощностей из эксплуатации при одновременном увеличении потребностей в тепле и намечавшемся росте потребления электроэнергии. В настоящее время актуальны проекты, в которых небольшие электростанции на базе газотурбинных двигателей по своей эффективности приближались бы к крупным ПТУ. Поэтому актуальным является проведение исследований в этом направлении, с учетом протекающих в них физико-химических процессов.

В данный момент во всех промышленно развитых странах на тепловых электростанциях находят широкое применение парогазовые установки ПГУ – смешения (ПГУ – STIG).

Рост мощности в ПГУ смешения по сравнению с исходной ГТУ достигается увеличением расхода рабочего тела (впрыск пара в КС), повышением давления дополнительного рабочего тела – воды в жидкой фазе (отсутствуют затраты мощности на привод компрессора), исключением значительной части расхода сжатого воздуха на охлаждение лопаток и КС (замена воздушного охлаждения более эффективным паровым), использованием термодинамических более благоприятных свойств добавляемого рабочего тела (с более высокими удельными объемами и теплоемкостью).

ПГУ смешения (ПГУ–STIG) по совокупности теплотехнических характеристик и капитальных затрат обеспечивают более низкую стоимость производства электроэнергии в сравнении с ПТУ, имеют наиболее простую тепловую схему и обеспечивают более быстрый возврат капитала.

Также как альтернатива пару рассматривается подвод углекислого газа в проточную часть ГТУ.

Производство CO_2 экологически чистое, необременительное и при соблюдении требований ТБ малоопасное занятие. Производство углекислоты можно организовать круглосуточно и без выходных. В том случае, если углекислота требуется не на продажу, а только на собственное потребление, и к тому же в газообразном состоянии, возможен вариант получения углекислоты из дымовых газов от сжигания топлива на установке, выполненной по упрощенной схеме.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

| | |
|---|----|
| Бабушкин Н.А. Использование аппарата погружного горения на ТНХК | 3 |
| Боев Е.В. Особенности испарительного охлаждения оборотной воды в промышленных градирнях | 4 |
| Боев Е.В., Афанасенко В.Г., Николаев Е.А. Повышение эффективности тепломассообменных процессов в промышленных градирнях | 5 |
| Гущина Е.Я. Применение пароводокислородной очистки, пассивации и консервации на Заинской ГРЭС | 6 |
| Королев И.В. Определение количественных параметров тока через человека в электрическом поле промышленной частоты | 7 |
| Сергеенкова Е.В. Магнитоэлектрический линейный генератор с постоянными магнитами для преобразования энергии волн | 8 |
| Скворцов А.Ю. Реновация бывших в употреблении труб, загрязненных природными радионуклидами | 9 |
| Чащина Ю.А. Влияние состава сточных вод на режим работы установки огневого обезвреживания | 11 |
| Галишников Я.И. Альтернативное использование отходов сахарной промышленности | 12 |
| Демидов А.В. Источники эвтрофикации внутригородских водоемов и её влияние на экологическое благополучие города | 13 |
| Фахрутдинов М.Р. Экологически безопасный метод дноуглубления и очистки дна водоема-охладителя объекта энергетики | 14 |
| Хассан Т. Программа расчета параметров инженерных решений по снижению теплового загрязнения водоема-охладителя ТЭС | 15 |
| Хассан Т. Оценка параметров температурного режима водоема-охладителя | 16 |
| Юманова Н.В. Рациональный выбор сорбционного материала для очистки сточных вод на основе его физико-механических показателей | 17 |

| | |
|---|----|
| Антонова О.Л. Водоподготовка на ТЭС с использованием мембранных методов на примере ОАО «Генерирующая компания» Заинская ГРЭС | 18 |
| Егорова Е.С. Модернизация технологии очистки сточных вод на ОАО «Казанский вертолетный завод» | 19 |
| Нигематзянова Д.Г. Реконструкция очистных сооружений Сабинского филиала «Татавтодор» | 20 |
| Сабирова А.М. Утилизация послеспиртовой барды путем получения биогаза | 21 |
| Салмина К.С. Обезвоживание шламовых вод ХВО и утилизация шлама на ТЭЦ | 22 |
| Подалова А.Ю. Модернизация очистных сооружений сточных вод ООО «Бавлинское УТТ» | 23 |
| Хадеева Э.В. Разработка мероприятий по очистке поверхностных сточных вод с территории спиртзавода | 24 |

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

| | |
|--|----|
| Ершова Ю.Н. Исследование зависимости адгезионной прочности от состава покрытия | 25 |
| Хантимеров С.М., Сахратов Ю.А. Хранение водорода в углеродных наноструктурных материалах | 26 |
| Иванова Н.А., Анисимова О.А. Влияние типа антиоксидантов на изменение механических свойств кабельных ПВХ пластика-тов при тепловом старении | 27 |
| Мокрушин Р.Н. Жидкие кристаллы | 28 |
| Леонов О.А. Оценка интенсивности частичных разрядов в твердых диэлектриках с воздушным включением | 29 |
| Нигметзянова А.А. Кристаллохимический дизайн как способ получения соединений с заданными свойствами | 30 |
| Шуликин И.Н., Марьин С.С. Методика оценки долговечности системы межвитковой изоляции | 31 |
| Морадимов Д.Н. К вопросу о применении монокристаллов в промышленности | 32 |
| Ибрагимов Р.Р. Новый саморегенерирующийся фильтр для циклона, использующийся в мукомольном производстве | 34 |

| | |
|---|----|
| Кашапов М.М. Электропроводящие полимеры | 35 |
| Карпицкий О.В. Влияние вида приложенного напряжения на развитие разряда в твердых слоистых диэлектриках | 37 |
| Лобода А.А., Праслов А.О. Перспективы использования нанотехнологий в машиностроении | 38 |
| Шатова Е.В., Анисимова О.А. Исследование химического состава продуктов разложения кабельных ПВХ пластикатов методами хроматографии | 39 |
| Леонов А.П., Шуликин И.Н., Ниязов Н.К. Исследование стойкости эмальизоляции обмоточных проводов марок ПЭЭА, ПЭТД-180, ПЭФД-2-200 к технологическим воздействиям | 40 |
| СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ | |
| Чужов Д.П. Особенности применения электрохимических конденсаторов в гибридной электрической передаче маневрового тепловоза | 41 |
| Максимов Р.Е., Зайнуллина Н.Н. Повышение надежности коллекторно-щеточного узла тяговой машины постоянного тока | 42 |
| Дубинин А.В. Разработка компьютерной модели аккумуляторной батареи | 43 |
| Ахмадуллина А.Р., Мухамутьянов М.Р., Малахинский С.В. Применение энергосберегающих технологий в осветительных установках | 45 |
| Бичков А.В. Анализ и выбор ветроэнергетической установки для целей теплоснабжения | 46 |
| Булатов А.З., Кучковский А.В., Газизова Г.Г., Рюмин Е.В., Зайнуллина Н.Р. Исследование влияния искрения в щеточно-коллекторном узле на надежность машины постоянного тока | 47 |
| Гуркин М.А., Мугалимова А.Р. Энергосберегающий электропривод нефтяной качалки на основе асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности в симметричных и несимметричных режимах | 48 |
| Филина О.А. Повышение эффективности щеткодержателей | 49 |
| Хамидуллин Р.Д. Современные проблемы систем электропитания | 50 |

| | |
|---|----|
| Малахинский С.В., Ахмадуллина А.Р., Мухамутьянов М.Р. Исследование ресурса электрощеток генератора ГП-311Б тепловоза 2ТЭ10Л | 51 |
| Белогусев В.Н., Зверев С.В., Демьянов А.Г. Испытание асинхронного двигателя без демонтажа с помощью АПК «ОМИД» | 52 |
| Кучковский А.В., Булатов А.З., Хуснутдинов А.Н., Газизова Г.Г. Повышение надежности электрощеточного узла генератора ГП311Б | 53 |
| Хуснутдинов А.Н., Ахметова И.Г. Экспериментальное исследование температурных режимов и напряжений в элементах конструкции многослойных полиэтиленовых труб | 54 |
| Чинаков С.В., Румянцев М.В. Электрооборудование транспортных средств средней вместимости | 55 |
| Плотарев В.Е., Алямова Н.М. Составная электрощетка с повышенным ресурсом | 56 |
| Иванов Д.Н. Исследование методов повышения пропускной способности линий электропередач | 57 |
| Хамитов А.А. Перспективы развития системы электроснабжения | 58 |
| Мухамутьянов М.Р., Малахинский С.В., Ахмадуллина А.Р. Исследование износа коллекторов генератора ГП-311Б тепловоза 2ТЭ10Л | 58 |
| Ахметова И.Г., Хуснутдинов А.Н. Анализ современных видов изоляции тепловых сетей | 59 |

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА

| | |
|--|----|
| Андреева Н.В. Влияние распределения импульсных примесей при наносекундном воздействии ионными лазерными пучками | 60 |
| Глазырина Т.А., Глазырин А.С. Идентификатор состояния асинхронного двигателя на основе фильтра Калмана | 61 |
| Ахунов Д.Д., Давлетшин Р.Ф., Яруллин И.И., Сахабутдинов А.Р. Разработка методики контроля метрологических характеристик измерительных трактов электромеханической системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель | 62 |
| Кабаргина О.В., Никулин О.В. О законах частотного регулирования угловой скорости синхронных электродвигателей | 63 |

| | |
|--|----|
| Ефимова К.Ю., Елаков А.Н. Исследование влияния ограничителей сигналов на качество модального управления электропривода | 64 |
| Петряков С.А. Автоматическая коррекция толщины полосы при прокатке на широкополосном прокатном стане | 65 |
| Латипов И.Р. Обнаружение нарушений качества функционирования электротехнического комплекса | 66 |
| Титов А.А. Анализ нагрузочных режимов электропривода клетки прокатного стана | 67 |
| Аполонский В.В. Автоматическая настройка параметров регуляторов состояния | 68 |
| Газизов Э.Г. Способ определения в нефтях и нефтепродуктах парафиновых соединений | 69 |
| Козлова Л.Е., Глазырин А.С. Нейросетевой датчик скорости асинхронного двигателя | 70 |
| Еремеева М.В. Исследование развития роботов-манипуляторов как устройств управления технологическими процессами | 71 |
| Лукин А.А. Разработка тиристорных электроприводов с двухзонным регулированием скорости с улучшенными энергетическими показателями | 72 |
| Заляева Г.В. Исследование методов программирования частотного электропривода фирмы Mitsubishi Electric | 73 |
| Поляков А.Е., Миронов С.Д. Способ управления матричным преобразователем частоты на основе двухфазной ШИМ | 74 |
| Фасхиев Н.Р. Определение и поддержание напряженности электрического поля в электродегидраторах | 75 |
| Мваку У.М. Теоретико-экспериментальные основы автоматизации технологических комплексов | 76 |
| Mwaku W.M. Theoretic-experimental fundamentals of automating technological complexes | 77 |

СЕКЦИЯ 5. ТЕПЛОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

| | |
|--|----|
| Локтев Н.Ф. Дистанционная индикация дисперсной фазы продуктов сгорания по данным пламенной спектрометриии и спектрометрии | 78 |
| Загидуллин Р.А. Моделирование радиационного теплообмена в многокамерных топках различных конструкций | 79 |

| | |
|---|----|
| Гильфанов Р.Г., Хусаинов Д.Г., Гараев И.Г. Исследование влияния тангенциальной и аксиальной крутки воздуха на температуру факела котла ТГМ-84А | 80 |
| Сафиуллина Я.С., Садыкова М.С. Парниковый эффект и климат | 81 |
| Зарипов М.Р. Разработка экспериментальной установки для исследования степени черноты огнеупорных материалов | 82 |
| Усманова И.Ш. Численное моделирование радиационных характеристик газовых ингредиентов | 84 |
| Хабибуллина А.М. Определение параметров спектральных линий из спектров высокого разрешения | 85 |
| Золотонос А.Я. Расчет эффективности продольного ребра с учетом изменения условий теплообмена по его длине в аппарате типа «труба в трубе» | 86 |

СЕКЦИЯ 6. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ

| | |
|---|----|
| Синютина Т.П., Иванова Т.С., Удачина М.А. Нанобиоциды как способ борьбы с биообрастаниями в системе охлаждения ТЭЦ | 87 |
| Бариева Р.Н. Исследование листового опада берёзы повислой на содержание меди и цинка в условиях разной степени антропогенной нагрузки | 88 |
| Асхадуллина А.Р. Исследование химического состава водных организмов в озерах Средний и Нижний Кабан при разной степени антропогенной нагрузки | 89 |
| Султанова Г.Е. Синергетические эффекты антиоксидантной активности коктейлей на основе белого вина | 90 |
| Беляева В.И. Совершенствование технологии приготовления напитков функционального назначения (с использованием методов исследования антиоксидантной активности) | 91 |
| Хамитова М.Ф. Расчет спортивно-рыбоводного хозяйства на базе озера Средний Кабан | 92 |
| Хазиева Р.Р. Проблема загрязнения рыбоводных хозяйств нефтепродуктами | 93 |
| Машковцев Г.А., Удачин С.А. Макет лабораторной установки инкубации икры | 94 |
| Удачин С.А. Любительское рыболовство на Куйбышевском водохранилище в конце 20-го столетия | 95 |

| | |
|--|----|
| Хабибуллина Л.Р. Исследование вод озера Средний Кабан в районе Казанской ТЭЦ-1 по микробиологическим показателям в разные сезоны года | 96 |
|--|----|

СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

| | |
|---|-----|
| Афанасенко В.Г. Применение вихревых аппаратов для проведения гидромеханических процессов | 97 |
| Афанасенко В.Г., Николаев Е.А., Боев Е.В. Повышение эффективности процесса смешения гетерогенных сред в аппаратах вихревого типа | 98 |
| Веткина Л.А. Диагностика силовых кабелей с твердой изоляцией | 99 |
| Вихров М.Е. Обеспечение бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей | 100 |
| Голяев Р.В. Выявление локальных дефектов твердой изоляции кабельных линий | 101 |
| Грозных В.А. Меры стимулирования использования возобновляемых источников энергии | 102 |
| Дерендяева Л.В. Применение эквивалентирования при анализе несинусоидальных режимов | 104 |
| Зигангиров И.А. Программно-аппаратный комплекс спектральной диагностики трансформаторов | 106 |
| Казаков А.А., Слобода А.В. Разработка датчика для оценки напряженно-деформированного состояния технологических аппаратов | 107 |
| Исхаков Р.Ш. Диагностика электрических двигателей на вибрацию | 108 |
| Касьяников Н.А. Современные методы регулирования напряжения в сетях промышленных предприятий с помощью изменения потоков реактивной мощности | 108 |
| Корнилов Д.Б. Применение метода регистрации частичных разрядов для диагностики состояния кабельных сетей | 109 |
| Кожиченков В.С. Правовые основы регулирования построеной Московской энергосистемы | 110 |
| Ларионова А.М., Ларионов С.Н. Математическое моделирование развития дефектов в кабелях с твердой изоляцией | 112 |

| | |
|--|-----|
| Кондратьев А.В. Оценка качества электроэнергии по уровням разбалансированной трехфазной системы электроснабжения потребителя | 113 |
| Миронова Н.С., Салахова Р.А. Когенераторные установки с двигателем Стирлинга | 114 |
| Кошарная Ю.В. Аудиторская оценка энергосбережения | 115 |
| Кретов Д.А. Моделирование устройств релейной защиты и автоматики при развитии аварийных ситуаций в системе электроснабжения | 116 |
| Кузнецов В.А. Влияние климатических условий на возникновение системных аварий в электроэнергетических системах | 117 |
| Кулага М.А. Повышение надежности электроснабжения ответственных потребителей | 118 |
| Макеев М.С. Фазные потокосцепления асинхронного двигателя | 119 |
| Миндолин М.А. Обеспечение безопасной эксплуатации кабельных линий с пропитанной бумажной изоляцией | 121 |
| Миронова И.С. Управление энергетической безопасностью и энергетической эффективностью электрохозяйства предприятий, организаций и учреждений | 122 |
| Николаев Е.А., Шириязданов Р.Р., Боев Е.В., Афанасенко В.Г. Приготовление топливных композиций в энергосберегающих аппаратах | 123 |
| Миронова Н.С., Салахова Р.А. Энергетическое обследование и разработка энергосберегающих мероприятий | 124 |
| Николаев Е.А. Энергоэффективный диспергатор | 125 |
| Салахутдинов И.М. Энергосбережение при работе асинхронного электродвигателя | 126 |
| Самородов А.В., Прахов И.В. Разработка интегрального критерия оценки уровня безопасности электропривода машинных агрегатов | 126 |
| Семенов С.Л. Программно-аппаратный комплекс спектральной диагностики кабельных линий | 127 |
| Спиридонов Д.Л., Козуб А.А. Имитационное моделирование системы электроснабжения с учетом работы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики | 128 |
| Сиразетдинова Г.И. Энергосберегающее освещение с использованием эффективных источников света | 130 |

| | |
|--|-----|
| Тюпанов И.Ю. Особенности оценки электромагнитной обстановки на подземных хранилищах газа | 131 |
| Фомина И.Н. Основные направления энергосбережения в электроприводе | 132 |
| Фролов А.В. Обеспечение работы потребителей НПЗ при наличии собственных источников электропитания | 133 |
| Шаймарданов Х.Ф. Разработка программного приложения к диагностическому комплексу для автоматизированного сбора и обработки информации | 136 |
| Юмагузин У.Ф. Энергоэффективность электрохозяйства предприятий нефтегазовой отрасли | 137 |
| Шеин А.В. Защита электрических сетей промышленных предприятий от последствий ударов молнии | 138 |
| Якимова В.Г. Методы расчета потерь электрической энергии | 138 |

СЕКЦИЯ 8. ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И ДВИГАТЕЛИ

| | |
|--|-----|
| Алтуний К.В. Пути повышения надежности и долговечности газотурбинных установок на жидком углеводородном горючем | 140 |
| Алтуний К.В. Применение электростатических полей с целью предотвращения осадкообразования при эксплуатации газотурбинных установок на жидком углеводородном горючем | 141 |
| Алтуний К.В. Применение электростатических полей с целью интенсификации теплоотдачи в газотурбинных установках на жидком углеводородном горючем | 142 |
| Ахметов К.Н. Разработка оптимального впрыска воды в компрессор газотурбинной установки | 143 |
| Гарифов К.И., Зискин Г.Ф., Налимов В.Н., Паранин Ю.А. Создание винтового компрессора высокого давления для газотурбинных энергетических установок | 144 |
| Бурганов М.Г. Модернизация ГТУ с помощью обращенного газогенератора | 145 |
| Зарипов Д.Д. Исследование утилизации сбросной теплоты в турбокомпрессорном тепловом насосе | 146 |
| Калимуллин А.В. Моделирование теплообмена в топочной камере энергетического котла | 147 |

| | |
|---|-----|
| Марьин Г.Е. Исследование влияния впрыска охлажденной воды на параметры ГТУ | 148 |
| Марьин Г.Е. Перспективы развития термоядерной энергетики | 149 |
| Мустафин И.Р. Исследования генератора холодного нейтрального газа для неразрушающего способа пожаротушения | 150 |
| Шайдуллин Р.Н., Гирфанов А.А. Влияние конденсированной фазы продуктов сгорания на радиационный теплообмен | 151 |
| Шигапов А.А., Мифтахов Р.Ф. Эффективность промежуточного охлаждения при сжатии воздуха | 152 |
| Шишин А.А. Исследование пикового форсирования ГТУ путем подвода в проточную часть различных веществ | 153 |

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

28–29 апреля 2010 г.

Казань

В четырех томах

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

Том 3

Компьютерная верстка *Н.А. Артамонова*

Подписано в печать 15.03.10

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 9,6. Уч.-изд. л. 10,7. Тираж 500 экз. Заказ № 3695.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51



Тинчурин Форель Закирович (12.XII.1926–30.IX.2002) с 1976 года работал проректором Казанского филиала Московского энергетического института, а с 1985 года – ректором до 1994 года.

Ф.З. Тинчурин внес огромный вклад в разработку и совершенствование энерготехнических процессов. Им издано около 100 научных трудов, оригинальные идеи и разработки защищены 29 авторскими свидетельствами.

Заслуги Ф.З. Тинчурина были отмечены орденами «Знак почета» и Трудового Красного Знамени, почетным званием «Заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации», Заслуженный деятель науки и техники РТ, Заслуженный энергетик ТАССР.

В память талантливого ученого, педагога и организатора высшего образования в республике Фореля Закировича Тинчурина заложена традиция проведения ежегодной конференции «Тинчуринские чтения».