

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

**ПЕРВАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ
СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

«ЭНЕРГЕТИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

Тезисы докладов

21–22 декабря 2015 года



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2015

УДК 658.26
ББК 31.3
Э61

Редакционная коллегия:

Д. Ю. Муромцев – ответственный редактор,
Т. И. Чернышова – зам. ответственного редактора,
Н. П. Жуков, А. В. Кобелев, С. Н. Баршутин

Э61 **Энергетика.** Проблемы и перспективы развития : тезисы докладов первой региональной студенческой конференции / под ред. Д. Ю. Муромцева [и др.] ; ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 88 с. – 100 экз.
ISBN 978-5-8265-1509-9 (I)

Представлены тезисы докладов участников первой региональной студенческой конференции «Энергетика. Проблемы и перспективы развития», в которых раскрываются вопросы генерации, транспортировки и использования тепло- и электроэнергии в различных системах.

Материалы могут быть полезны студентам-исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

УДК 658.26
ББК 31.3

Материалы, вошедшие в сборник, сохраняют авторскую редакцию

ISBN 978-5-8265-1509-9 (I)
ISBN 978-5-8265-1508-2 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2015

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ИРАКА

Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак

Энергетический сектор Ирака является ключевым для будущего благосостояния страны и может внести существенный вклад в стабильность и безопасность мировых энергетических рынков. Критичной для национального развития Ирака является необходимость увеличения выработки электроэнергии и поддержание соответствующих темпов ее роста, способного удовлетворить растущий спрос.

Для полного покрытия потребностей Ираку необходимо увеличить электрогенерирующие мощности на 70%. В период до 2035 года Ираку потребуется установить около 70 ГВт генерирующих мощностей и перейти от преобладающих ныне мазутных электростанций к более широкому использованию эффективных газовых электростанций. Без этого перехода Ирак потеряет около 520 млрд дол. США доходов от экспорта нефти, а внутренний спрос на нефть к 2035 году увеличится более чем на 1 млн. барр./день. Прогнозируется, что уровень промышленного внедрения возобновляемых источников энергии останется ниже потенциальных возможностей [1].

В последние годы во многих странах мира для выработки электроэнергии широкое применение получают газотурбинные установки (ГТУ). В странах с горячим и сухим климатом производство электроэнергии от газотурбинных электростанций снижается из-за повышенной температуры приточного воздуха из окружающей среды.

Решением проблемы является охлаждение воздуха на входе в компрессор ГТУ. Несмотря на то что вырабатываемая ГТУ мощность увеличивается практически линейно с понижением температуры воздуха, необходимо, чтобы она была не ниже 5...6 °С во избежание риска образования льда в воздушном тракте системы [2].

На современных ГТУ, эксплуатируемых в странах с горячим и сухим климатом, для охлаждения воздуха применяют комплексы из систем испарительного охлаждения, систем непосредственного охлаждения с охлаждающей жидкостью или холодильных комплексов с охлаждающей батареей и собственным хладагентом.

Библиографический список

1. Прогнозы развития энергетики Ирака. Основные положения : спец. отчет / World Energy Outlook. – 2012. – 8 с.
2. Шахин, Н. Системы охлаждения воздуха на входе в газотурбинные установки / Н. Шахин, Х. Акул // Турбины и дизели. – 2011. – № 2. – С. 8 – 11.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя О. Н. Попова*

ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ В ГАЗОТУРБИННУЮ УСТАНОВКУ

Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак

Охлаждение воздуха на входе в газотурбинную установку (ГТУ) широко применяется для повышения КПД и мощности энергоблока. Существуют три основные технологии охлаждения воздуха: испарительное, прямое охлаждение хладагентом и охлаждение вторичным холодоносителем.

В системах испарительного охлаждения понижение температуры воздуха достигается изменением состояния воды, которая подается в поток воздуха на входе в турбину. При использовании влажного охладителя воздух охлаждается на 85...95% по разности температур сухого наружного и подаваемого в турбину влажного воздуха [1].

Основным недостатком данной системы является то, что уровень охлаждения ограничен температурой влажного воздуха, подаваемого в ГТУ. Несмотря на это, система широко используется в связи со сравнительно низкой стоимостью.

В системах охлаждения воздуха непосредственным испарением хладагент циркулирует непосредственно в теплообменнике. При этом существует риск утечек хладагента, поскольку он циркулирует в теплообменнике, который находится на пути потока воздуха. В связи с этим такие системы не пользуются популярностью [1].

Системы охлаждения вторичным холодоносителем сочетаются с системами сохранения энергии или с охлаждающими теплообменниками, хладагент в которые подается напрямую из chillera. В этом случае система может охлаждать подаваемый воздух до более низкой температуры, чем при испарительном охлаждении, и поддерживает ее на уровне 6 °C [1].

В отличие от систем прямого охлаждения хладагентом, данная система практически защищена от утечек. Кроме того, она отличается простотой установки, обслуживания и эксплуатации. Такие системы наиболее предпочтительно использовать в ГТУ, работающих в базовом режиме в течение длительного времени.

При выборе систем охлаждения воздуха необходимо помнить, что ее срок службы должен соответствовать сроку службы ГТУ.

Библиографический список

1. Шахин, Н. Системы охлаждения воздуха на входе в газотурбинные установки / Н. Шахин, Х. Акул // Турбины и дизели. – 2011. – № 2 – С. 8 – 11.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя О. Н. Попова*

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОПРОВОДОВ

*Н. Ю. Жукова, А. А. Арестова, П. А. Абрашкин,
Н. Э. Суркова, О. А. Медведева*

Важная задача современной энергетики – улучшение энергосбережения. Серьезная изношенность тепловых сетей и значительная протяженность являются основными факторами, влияющими на значительные потери тепла, что приводит к вопросу выбора качественной теплоизоляции теплопроводов.

Существуют современные способы теплоизоляции [1, 2].

Теплоизоляция минеральной ватой является распространенной из-за дешевизны материала. К основным недостаткам минеральной ваты относят слабую прочность и потерю эксплуатационных свойств в результате намокания.

Теплоизоляция пенобетоном и армопенобетоном (армированный пенобетон). Армопенобетон отличается эффективной изоляцией, однако имеет ряд недостатков связанных с значительной хрупкостью материала и сложностью монтажных работ.

Использование пенопластов, имеющих низкое значение коэффициента теплопроводности, широко распространено. Наибольшее одобрение получила теплоизоляция надежным и долговечным – вспененным пенополиуретаном (ППУ-теплоизоляция).

В Россию технология ППУ-изоляции пришла в 1994 году.

Существует три основных метода утепления трубопроводов с помощью пенополиуретана: применение ППУ-скорлуп; способ «труба в трубе»; напыление вспененного пенополиуретана.

Достоинства ППУ-теплоизоляции значительно превосходят имеющиеся недостатки, в результате чего экономическая целесообразность использования данного типа теплоизоляции очевидна.

Библиографический список

1. ГОСТ 30732–2006. Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Технические условия.
2. СНиП 2.04.14–88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СРЕДОВЫХ ФАКТОРОВ

Ю. Ш. Аван

Снижение расхода тепловой энергии в сфере ЖКХ, в частности, на отопление жилых зданий является актуальной задачей, связанной с повсеместной нехваткой топливно-энергетических ресурсов, неуклонным ростом их стоимости в стране, требованиями улучшения экологической ситуации. Концентрация различных загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе г. Тамбова в среднем за год составляет $2,27 \text{ мг/м}^3$ [1]. Учитывая нормативный срок службы жилых зданий II группы капитальности, составляющий 125 лет, суммарное количество ЗВ при том же количестве выбросов за это время составит $283,75 \text{ мг/м}^3$. Конечным продуктом окисления ЗВ являются неорганические соли. Последние вносят свой вклад в снижение теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций, накапливаясь в поровом пространстве стенового материала и повышая его коэффициент теплопроводности (КТ) за счет того, что КТ кристаллической соли часто в несколько раз превышает КТ внутрипорового вещества стенового материала. Существенный вклад в экономию теплоэнергоресурсов вносит утепление эксплуатируемых зданий до новых норм по теплозащите.

В работе [2] принята классификация опорного (сохраняемого на перспективу) жилищного фонда г. Тамбова на семь периодов строительства. В г. Тамбове термомодернизацию (повышение теплозащитных характеристик наружных ограждающих конструкций и инженерного оборудования до современных требований без изменения объемно-планировочного решения здания) следует осуществлять для жилых зданий, имеющих наибольшую общую площадь в жилом фонде города: это здания, построенные с 1958 по 1974 годы и относящиеся к I периоду индустриального домостроения, и с 1974 по 1990 годы, относящиеся ко II периоду индустриального домостроения. Установлено, что для I периода в основном характерно строительство кирпичных жилых домов серии 1-447С (четырёх- и пятиэтажных) и панельных пятиэтажных серии 1-464 (всего 676 домов). Для II периода характерно строительство панельных пятиэтажных домов серии 1-464 и панельных девятиэтажных серии 111-90 (всего 429 домов). Выявлено, что наибольший эффект дает один из этапов термомодернизации, включающий утепление наружных стен, по сравнению с утеплением чердачного перекрытия и заменой окон [2].

В работе [3] установлено, что КТ стенового материала, содержащего неорганические соли, при влагосодержании, соответствующем условиям эксплуатации Б (принятым в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»), может повышаться на величину до 80% (отн.) в зависимости от химического состава солей. Тогда толщина слоя утеплителя для наружных ограждающих конструкций, содержащих соли, может увеличиться в 1,8 раза.

Установлена суммарная площадь наружных стен в г. Тамбове (без включения в состав площади оконных и дверных проемов) зданий I и II периодов индустриального домостроения вышеуказанных серий, которая составила 589,2 тыс. м². Учитывая значительную площадь наружных стен, при термомодернизации и назначении толщины утеплителя, подсчете объемов работ и экономических затрат следует принимать во внимание повышение КТ засоленного стенового материала. Объективное решение о КТ засоленного материала принимается по результатам химического анализа проб стенового материала [3] либо по результатам измерения теплового потока через наружные стены (ГОСТ 25380–82 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции»). При большой влажности ограждающих конструкций второй метод может давать заниженные результаты вследствие снижения КТ растворов солей в поровом пространстве влажного материала по сравнению с КТ кристаллов соли в порах сухого материала.

Библиографический список

1. Ельчищева, Т. Ф. Оценка влияния качества воздушного бассейна в г. Тамбове на наружные ограждающие конструкции зданий / Т. Ф. Ельчищева // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2014. – № 3(7). – С. 43 – 49.
2. Езерский, В. А. Влияние параметров тепловой защиты здания на удельный расход тепловой энергии / В. А. Езерский, П. В. Монастырев, Р. Ю. Клычников // Жилищное строительство. – 2010. – № 1. – С. 43 – 45.
3. Езерский, В. А. Исследование влияния солей на теплопроводность ячеистого бетона / В. А. Езерский, Т. Ф. Ельчищева / Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9, № 2. – С. 286 – 298.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента Т. Ф. Ельчищевой*

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ТОПЛИВНОМ БАЛАНСЕ ИРАКА

Сафаа Малик

Ирак имеет хороший потенциал для солнечной энергетики, со средним облучением $5,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ / день и более, чем 3200 солнечных часов в год. Однако, используя солнечную энергию в Ираке имеется уникальные проблемы, в том числе пыль и высокая температура окружающей среды. В планах Министерство Ирака включено создание 16 новых солнечных электростанций, общей мощностью 3500 МВт.

Типовая схема использования энергии солнца для жилого дома Ирака представлена на рис. 1.

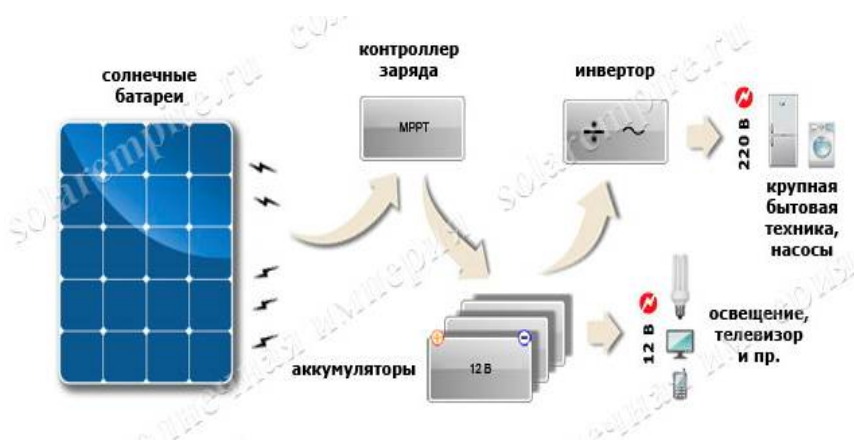


Рис. 1. Схема работы системы автономного PV электроснабжения

Была сделана попытка оценить эффективность PV от одного модуля, с которого ежедневно отслеживались и фиксировались фотоэлектрические характеристики солнечной системы электроснабжения Багдада. Измерения включали величину солнечного излучения, напряжения нагрузки и тока нагрузки. Первый эксперимент проводился в течение шести месяцев зимнего периода. Чтобы смоделировать один модуль, в исследуемой системе ежедневно отслеживали углы азимута и наклона солнечного модуля. В результате были определены оптимальные параметры, которые позволили увеличить выходную мощность модуля на 29,6%. Суточное отслеживание одного модуля гораздо эффективнее было вблизи зимнего солн-

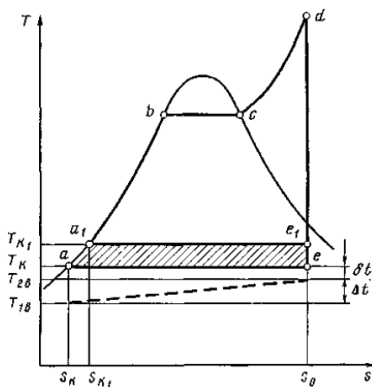
цестояния по сравнению с другими месяцами. Таким образом, эффективность работы системы с применением автоматического отслеживания солнца может быть увеличено на 28...30%.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента С. Н. Кузьмина*

СПОСОБ ДОСТИЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ТЕРМИЧЕСКОГО КПД В ПТУ

Аль-фураиджи Муштак Аббас Ораиби

Одним из основных способов достижения высокого термического КПД паротурбинной установки является понижение параметров пара за турбиной. С понижением давления и температуры отработавшего в турбине пара уменьшается количество теплоты, передаваемой холодному источнику, что при неизменных параметрах свежего пара повышает мощность турбины и экономичность цикла в целом. Иллюстрацией этому служит рис. 1, где на TS -диаграмме изображены два идеальных тепловых цикла Ренкина, отличающиеся между собой только конечным давлением пара. Площадь фигуры $abcdea$ (полезная работа цикла), относящейся к циклу с меньшим давлением отработавшего в турбине пара, больше площади фигуры $a_1bcde_1a_1$ на площадь заштрихованной фигуры aa_1e_1ea .



**Рис. 1. Сопоставление идеальных тепловых циклов ПТУ
с разными конечными давлениями пара**

Как показывают данные [1], при изменении давления за турбиной на 1 кПа экономичность паротурбины установок ТЭС изменяется примерно на 1%, а для АЭС это изменение достигает 1,5...2,0%. Большее изменение в экономичности паротурбинных установок АЭС определяется тем, что

для турбин с малым теплоперепадом, в частности, для турбин насыщенного пара, относительное изменение перепада оказывается большим. Понижение параметров пара за турбиной обычно осуществляется до давления, ниже атмосферного, для чего необходимо обеспечить конденсацию отработавшего в турбине пара. Этой цели и служит конденсационная установка, которая, кроме вышеуказанного назначения, обеспечивает также получение чистого конденсата для питания парового котла, замыкая цикл.

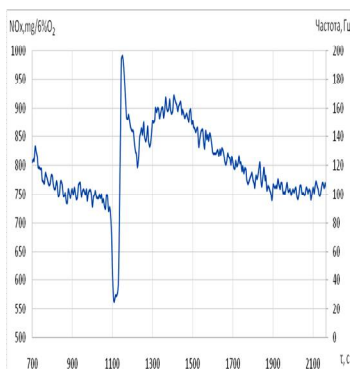
*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента А. А. Балашова*

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИЯ БИОМАССЫ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Хенд Дахель Схааль

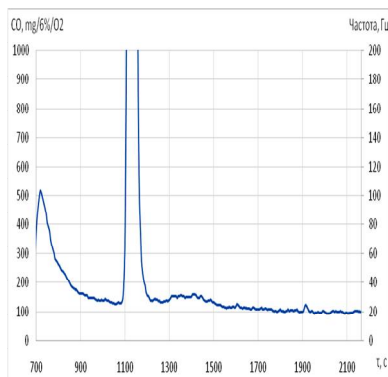
В рамках энергетической стратегии МЭА до 2030 года использование биомассы в мировом топливном балансе может достигнуть 8% [1] (рис. 1). Технологическое решение в виде низкотемпературного (порядка 850 °С) кипящего слоя (КС) хорошо подходит для сжигания всех видов биомассы. При таком уровне температур отсутствует опасность плавления золы, шлакование топки и снижаются выбросы NO_x и CO . Нами проведены испытания топки КС мощностью 0,5 МВт при сжигании в ней соломенных гранул [2] (рис. 1). Они показывают приемлемый результат в сравнении с предельными значениями, установленными директивой ЕС 2001/80 (табл. 1).

Установлено, что наибольшее экспоненциальное воздействие на количество выбросов оказывает температура слоя.



а)

**Рис. 1. Содержание NO_x (а) и CO (б)
в дымовых газах от продолжительности горения**



б)

Рис. 1. продолжение

Таблица 1

Теплопроизводительность котельной установки, МВт	Норма выброса, мг/м ³		
	твердых частиц	углерода оксида (CO)	азота оксидов (NO _x)
Св. 0,3 «2 «	300	1000	не устанавливается

Библиографический список

1. www.iea.org. International Energy Agency.
2. Combustion of Straw and Combined Straw – Coal Waste Pellets («Raw» and Tor-pellets) in a Fixed-Turbulent Fluidized Bed Proceedings of the 20th International Conference on Fluidized Bed Conversion (22nd FBC), Turku, Finland, June 14 – 17, 2015. – P. 764 – 771.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента С. Н. Кузьмина*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Анисимов, А. А. Андреев

В связи с широким использованием в современной промышленности (строительной, химической, пищевой и др.) сыпучих материалов, как традиционных, так и новых, особое значение имеет решение задач по определению и контролю их свойств, в частности теплофизических.

Многие сыпучие материалы в процессе их хранения и транспортировки подвержены различным воздействиям, которые оказывают сильное влияние на их физические свойства. Такие материалы представляют собой системы из очень большого числа твердых частиц, отделенных друг от друга порами различной формы и размеров, заполненными, например, воздухом, что влияет на выбор метода и конструкции измерительной системы (ИС).

Поэтому разработка методов и измерительных систем оперативного определения свойств сыпучих материалов является актуальной.

Основным элементом ИС является измерительная ячейка (ИЯ). В данной работе рассмотрены вопросы моделирования ИЯ измерительной системы для оперативного определения теплофизических свойств (ТФС) сыпучих материалов.

Измерительная ячейка представляет собой корпус прямоугольного сечения, в основании которого установлен нагреватель постоянной мощности. На нагревателе и некотором расстоянии от него установлены медь-константановые термопары. Нагреватель может быть выполнен в виде пластины или полосы заданных размеров. Стенки ИЯ теплоизолированы изнутри двумя слоями изоляции.

В ИЯ засыпают исследуемый материал и осуществляют нагрев. В ходе эксперимента термопарами фиксируются значения температур нагревателя и сыпучего материала в заданных точках контроля.

В основе определения ТФС лежит математический метод, использующий математические модели распространения тепла от источника постоянной мощности при регуляризации тепловых потоков [1].

Используемые математические модели могут быть реализованы при определенных условиях, которые должны быть обеспечены в ходе эксперимента.

С целью определения размеров отдельных элементов ИЯ было выполнено компьютерное моделирование тепловых процессов в ней [2]. Моделирование производилось в программной среде COMSOL Multiphysics, а обработка данных – в системе Matlab.

Исходными данными моделирования являлись свойства используемых в конструкции ячейки материалов. В качестве исследуемого сыпучего материала принимался песок.

Поставлены и решены следующие задачи:

- проверка адекватности математической модели моделируемому процессу;
- определение необходимой толщины основного слоя тепловой изоляции для соблюдения граничных условий;
- определение необходимой толщины дополнительного слоя изоляции для защиты основной от высоких температур;

- определение геометрических размеров ячейки и нагревателя;
- определение координат точек контроля температуры;
- отработка режимов проведения эксперимента.

Библиографический список

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов : учебное пособие / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков [и др.]– Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента И. В. Рогова*

ОЗОНИРОВАНИЕ ВОДЫ

А. О. Богатырев

Интенсивность загрязнения источников водоснабжения требует применения специальных технологий водоочистки в дополнение к традиционным методам. Одним из наиболее эффективных приемов очистки воды от загрязнений антропогенного происхождения является озонирование воды. Озонирование воды позволяет существенно улучшить качество питьевой и очищенной сточной воды и решить проблемы здравоохранения и экологии [1].

В существующем многообразии методов и способов решения проблемы качественной очистки и обеззараживания воды озонирование является предпочтительным, что вызвано трудностями решения проблем, связанных с образованием в очищенной воде в результате ее хлорирования токсичных хлорорганических соединений, недостаточным количеством хлорреагентов, выпускаемых российской промышленностью; возможностью получения озона на месте применения [2].

Преимущество озонирования состоит в том, что под действием озона одновременно с обеззараживанием происходит обесцвечивание воды, а также устраняются запахи и привкусы воды.

Технология озонирования нашла применение и в теплоэнергетике для решения проблемы образования биологических обрастаний на фильтрующих материалах фильтров первой, второй и третьей ступеней водоподготовки. Традиционно для решения этой проблемы применяют активный хлор, содержащийся в электроактивированном растворе хлористого натрия. Однако с повышением pH обеззараживающее действие хлора снижается, поэтому хлорирование наиболее эффективно проводить при $\text{pH} < 7$. Указанные условия хлорирования приводят к недостаточно полному уда-

лению биологических обрастаний. Озонирование же можно проводить при любых значениях pH [2].

При замене хлорирования на озонирование отпадает необходимость содержания хлорного хозяйства. Более того, избыток озона разлагается, что делает озон экологически безопасным окислителем.

Библиографический список

1. Драгинский, В. Л. Озонирование в процессах очистки воды / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, В. Г. Самойлович – М. : ДеЛи принт, 2007. – 400 с.

2. Чичирова, Н. Д. Технология озонирования воды и фильтрующих материалов в теплоэнергетике / Н. Д. Чичирова, И. В. Евгеньев // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 1999. – № 2. – С. 27 – 31.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя О. Н. Попова*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТЕПЛА КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ

А. С. Бронникова, А. В. Пешкова

В настоящее время остро стоят вопросы энергосбережения. С целью сокращения потребления энергоресурсов проведено исследование возможности использования технологического тепла компрессорных установок в системах отопления и вентиляции промышленного здания.

Объектом исследования является помещение машинного зала компрессорного цеха, в котором размещены компрессорные агрегаты, со встроенными промежуточными и концевыми воздухоохладителями. Температура воды после штатных охладителей составляет 25 °С, что недостаточно для ее дальнейшей утилизации. Поэтому подобраны кожухотрубчатые рекуперативные одноходовые теплообменные аппараты, из которых охлаждающая вода выходит с температурой 80 °С и отдает тепло в теплообменниках системы горячего водоснабжения и воздушно-отопительных агрегатов системы отопления, а также в калориферах приточных камер системы вентиляции, после которых направляется в градирню. Охлажденная в градирне вода до температуры 20 °С снова поступает в контур системы охлаждения компрессора. Предлагаемые теплообменные аппараты обеспечивают одинаковое со штатными теплообменниками охлаждение сжатого воздуха.

В ходе выполнения работы определена возможная нагрузка и количество теплоносителя на нужды отопления, вентиляции и ГВС. Подобраны и

рассчитаны отопительные приборы. Определена температура приточного воздуха.

Расчет экономического эффекта показал, что проект является экономически выгодным и может быть профинансирован. Срок окупаемости данного мероприятия составит пять месяцев.

Библиографический список

1. Савельев, Н. И. Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов : учеб. пособие / Н. И. Савельев, П. М. Лукин. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. – 80 с.

2. Богословский, В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства : В 3 ч. Ч 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканиви ; под ред. И. Г. Старовойтова. – М. : Стройиздат, 1990. – 344 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента А. И. Шарапова*

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ТЕЧЕНИИ ВОДОВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

Е. А. Вебер

В настоящее время водовоздушные потоки находят широкое применение в различных областях теплоэнергетики. В данной работе исследуются процессы тепломассообмена при турбулентном течении двухфазного водовоздушного потока в горизонтальном цилиндрическом канале. Рассматривается водовоздушный поток, который является смесью сухого воздуха, насыщенного водяного пара и капель воды. Течение смеси на входе в трубу изотермическое, то есть все компоненты и фазы имеют одинаковую температуру. Температура стенки принимается постоянной, и ее значение меньше, чем начальные температуры потока и капель. Вследствие отвода тепла от потока к стенке будет происходить процесс охлаждения паровоздушной смеси, что приводит к испарению капель воды с последующей конденсацией испарившихся паров на стенке. Процесс массообмена равновесный, то есть массы испарившегося и сконденсировавшегося паров равны. Процессы испарения и конденсации будут происходить либо до полного испарения капель, либо до исчезновения градиентов температур между каплями, газом и стенкой.

Для турбулентного течения водовоздушного потока была составлена система из трех дифференциальных уравнений, описывающая изменение по времени массы жидкой фазы и температур потока и капель. Функция

зависимости плотности насыщенных водяных паров от температуры находилась посредством интерполяции табличных данных в исследуемом температурном диапазоне. Расчеты проводились для значений температуры капель и газа в начальный момент времени 35 °С, температуры стенки 15 °С.

Показано, что для труб диаметром до 50 мм при относительно небольших значениях влагосодержания изменение температуры потока определяется только параметрами теплообмена между стенкой и потоком и практически не зависит от теплообмена между каплей и газовой средой. Температура газа станет равной температуре стенки быстрее, чем температура капель, поэтому процесс испарения будет длиться до того момента, когда температура капель сравняется с температурой стенки, после чего прекратится.

Получена аналитическая зависимость массы капель от их температуры и определена масса капельной фазы к концу процесса испарения. Показано, что для преобладающего влияния на процесс остывания газа теплообмена со стенкой испарится не более 3% от начальной массы капель, то есть изменением массы капель в этом случае можно пренебречь. Это объясняется достаточно медленной скоростью массообменных процессов по сравнению с быстротой изменения температуры капель и потока.

*Работа выполнена под руководством
к. ф.-м. н., доцента А. Г. Арзамасцева*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ

А. В. Гришин, О. А. Медведева

Известны контактные зондовые методы неразрушающего теплового контроля, позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) твердых материалов. ТФС определяют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования от источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в теплоизоляционную подложку измерительного зонда. По моделям, полученным в результате решения краевых задач теплопроводности, рассчитывают ТФС.

Наиболее сложной задачей при создании новых методов НК является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплоперенос. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термопреобразователей. Полученные ранее решения краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагре-

ватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы (при регуляризации), были использованы для получения математических выражений для расчета толщины покрытий на металлических основаниях [1].

Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Данные численного исследования свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в локальной зоне покрытия, расположенной вблизи центра нагревателя.

Показано, что ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, можно использовать для расчета толщины покрытия.

Библиографический список

1. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23) – С. 93 – 99.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

ТЕПЛОВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Д. В. Трофимов, К. С. Хромый, А. В. Гришин

Представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных изделиях. Использовано моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Исследована и определена возможность определения дефекта в виде металлического включения на границе раздела полимерное покрытие из поливинилиденфторида – подложка из стали.

Схема моделирования с целью контроля наличия дефекта покрытия в виде металлического включения на границе раздела: покрытие – металл, представлена на рис. 1.

Значения температуры в точках контроля определяются с помощью термопреобразователей (ТП1 и ТП2). Регистрируются термограммы – зависимости температуры от времени.

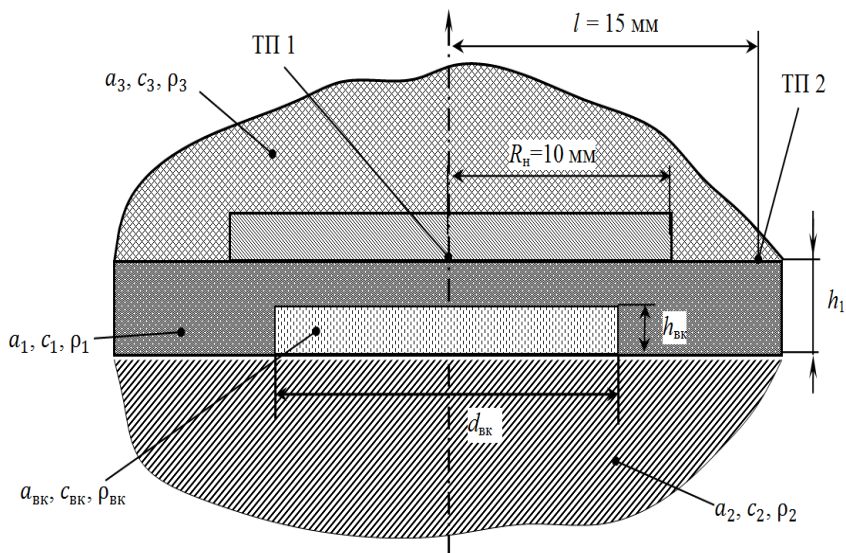


Рис. 1. Схема моделирования включений в изделии

Численно показана возможность выявления наличия и размера дефекта в полимерном покрытии (например, в виде металлического включения, расположенного на границе раздела поливинилиденфторид – металл).

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ПРИБОРА ИТ-3

А. А. Гусев, О. Е. Богометова

Теплофизические свойства (ТФС) являются важнейшими характеристиками веществ и материалов. Количественные расчеты тепловых и температурных полей реальных тел возможны только тогда, когда известны конкретные значения ТФС.

В связи с этим разработка измерительных систем (ИС), обеспечивающих автоматизацию процесса измерения и повышение точности результатов, является актуальной.

Эффективность работы ИС напрямую зависит от метода определения ТФС, обеспечивающего адекватность физической и математической моделей тепловых процессов [1].

Схема автоматизированной ИС для определения теплофизических свойств твердых материалов представлена на рис. 1. Основным элементом автоматизированной ИС является измерительная ячейка *1* (прибор ИТ-3), предназначенная для измерения коэффициента теплопроводности широкого класса веществ и материалов, в том числе грубодисперсных, сыпучих, резин в виде пластин и пакетов в стационарном тепловом режиме.

Тепловой поток через исследуемый образец *II* устанавливается посредством плоского электрического нагревателя *2*. Для отвода тепла и поддержания постоянной температуры в системе термостатирования измерителя используется термостат *III*. Ленточные термопары *3* и *4* предназначены для измерения температуры образца и измерения разности температур на образце. Они помещены в эластичные резиновые прокладки, исключающие появление контактных термических сопротивлений. Для измерения теплового потока, проходящего через образец в верхней части холодильника *5*, установлен датчик теплового потока *6*. Для поддержания свободных спаев термопар при температуре 0 °С использовался сосуд Дьюара *IV*.

Механизм перемещения *1* позволяет вращением верхнего фланца поднимать или опускать подвижную внутреннюю вставку с нагревателем, обеспечивая возможность сначала вставить образец с прокладками, а потом плотно прижать весь пакет к охладителю.

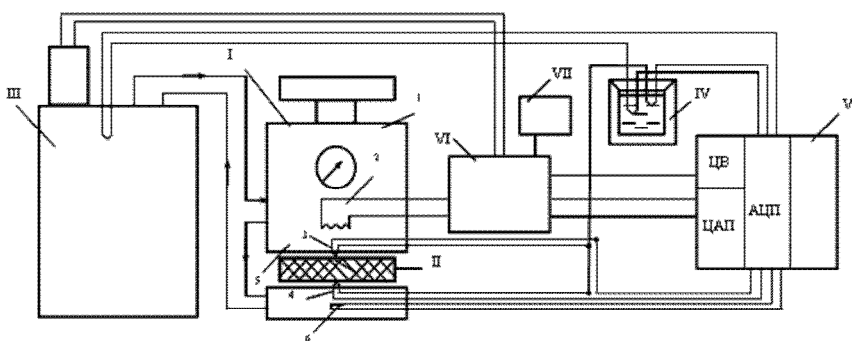


Рис. 1. Схема автоматизированной ИС:

- I* – прибор ИТ – 3; *II* – исследуемый образец; *III* – термостат; *IV* – сосуд Дьюара;
- V* – компьютер; *VI* – блок управления; *VII* – блок питания;
- 1* – механизм перемещения; *2* – плоский электрический нагреватель;
- 3, 4* – ленточные термопары; *5* – холодильник; *6* – датчик теплового потока

Основным средством автоматизации системы является блок управления VI, обеспечивающий управление мощностью нагревателя и поддержание заданной температуры в термостате. Управление нагревом контролируется разработанным программным обеспечением с персонального компьютера V, взаимодействующего с измерительной платой PCI-1202. Программа посылает управляющие сигналы через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и цифровые выходы (ЦВ) платы на блок управления, который в свою очередь управляет процессом нагрева. Сигналы с термодатчиков, установленных в измерительной ячейке и термостате, а также сигналы с датчика теплового потока поступают на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) платы. Для питания схем блока управления предназначен стабилизированный источник постоянного тока VII.

Таким образом, разработанная на основе прибора ИТ-3 ИС, реализующая метод стационарного теплового режима, позволяет определять теплопроводность различных материалов.

Библиографический список

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов : учебное пособие / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков [и др.] – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента И. В. Рогова*

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

С. А. Денисов

Без холодильной техники невозможно обеспечить население качественными продуктами питания. В процессе производства и увеличения объемов реализации пищевых продуктов важна роль холодильной техники, которая позволяет: создавать запасы скоропортящихся пищевых продуктов; увеличивать продолжительность хранения продуктов; продавать пищевые продукты сезонного производства равномерно в течение года; снижать товарные потери при хранении и транспортировке продовольственных товаров; внедрять прогрессивные методы оказания услуг населению предприятиями торговли и общественного питания. Предлагается применить систему централизованного холодоснабжения с потребителями холода, удаленными от холодильной станции.

Принципиальная схема блочно-модульной холодильной установки показана на рис. 1.

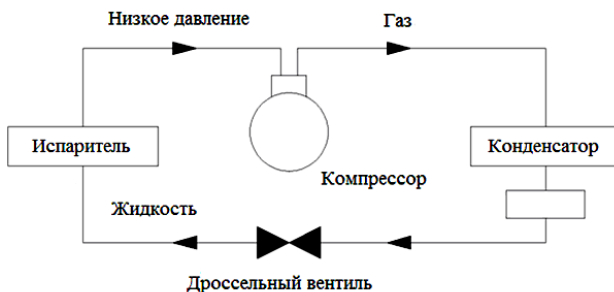


Рис. 1. Принципиальная схема блочно-модульной холодильной установки

Процессы, происходящие в такой холодильной установке, как и все реальные процессы, сопровождаются потерями вследствие необратимости. Это означает, что часть подведенной к установке энергии, которая могла бы дать полезный эффект, не используется. Результаты энергетического анализа не показывают наглядно все возможные пути уменьшения степени необратимости процессов и, тем самым, повышения эффективности цикла. Существенными преимуществами для анализа необратимых обратных циклов обладает эксергетический метод анализа, который базируется на понятии эксергии. Метод опирается как на I-м, так и на II законе термодинамики и позволяет учитывать не только количество, но и качество энергии с точки зрения получения за счет нее полезной работы. Метод дает возможность оценить снижение качества энергии вследствие необратимого протекания реальных процессов.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента А. А. Балашова*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖАТИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРА

Л. В. Дяткина

В работе произведено моделирование сжатия тонкодисперсной водовоздушной смеси в проточной части турбокомпрессора. Показано, что использование впрыска воды с дальнейшим испарением капель диаметра порядка (10...20) мкм позволяет снизить температуру смеси, а также рабо-

ту, затраченную на ее сжатие. Проанализированы зависимости величин влагосодержания, паросодержания смеси и диаметра капель от степени сжатия компрессора.

Тепломассообмен в ходе процесса сжатия является политропным с постоянно изменяющимся показателем. Поэтому для реализации расчета было принято рассматривать на каждом элементарном шаге сочетание адиабатного и изохорного процессов.

Расчет процесса тепломассообмена в ходе сжатия газожидкостной смеси производится методом конечных разностей.

Результаты расчетов модели показали, что чем больше влаги впрыскивается в проточную часть турбокомпрессора при неизменном времени сжатия, тем эффективнее происходит охлаждение смеси. Следует отметить, что полное испарение впрыскиваемой воды происходит лишь при малых диаметрах капель. Так, при количестве впрыскиваемой влаги $d_w = 0,05$ кг воды и времени сжатия $\tau \geq 0,02$ с полностью испаряются лишь 10-микронные капли. Вследствие этого максимальное снижение работы сжатия ограничено временем, затраченным на процесс.

Интенсивность процесса испарения зависит от удельной поверхности капель. Уменьшение их диаметра способствует более эффективному снижению температуры в конце сжатия и работы, затрачиваемой на данный процесс.

Показано, что в результате впрыска воды в виде капель в проточную часть турбокомпрессора происходит снижение температуры газожидкостной смеси по сравнению с адиабатным процессом на (11,7...61,2)%. Вследствие этого работа, затрачиваемая на сжатие, уменьшается на (2,3...16,5)%.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., профессора В. Я. Губарева.*

ОБЗОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ

Е. С. Колесникова, Д. Ф. Талибова

Зная изменения теплофизических свойств при структурных переходах в полимерных материалах, можно ускорить и удешевить производство изделий из них.

Известны контактные зондовые методы неразрушающего контроля, позволяющие определять теплофизические свойства твердых материалов и температурные характеристики структурных переходов в полимерных материалах [1, 2].

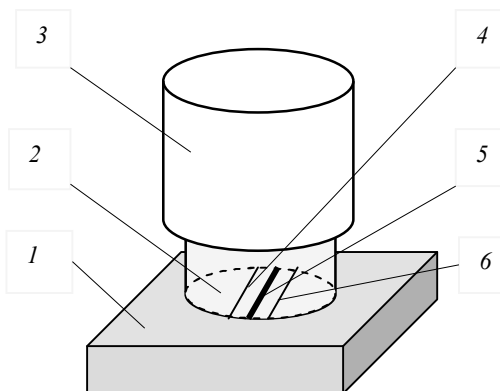


Рис. 1. Схема измерительного зонда:

1 – исследуемое изделие; *2* – подложка; *3* – корпус;
4, 6 – термопары; *5* – линейный нагреватель

Представляемый зондовый метод позволяет с высокой точностью определять температуру структурных переходов по аномалиям теплофизических свойств (теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность) в самых разнообразных твердых материалах, в частности, в полимерах [3].

Метод определения температуры структурных переходов реализуется измерительной системой, состоящей из персонального компьютера, встраиваемой в компьютер измерительно-управляющей платы, подключаемого к ней измерительного зонда и регулируемого блока питания. Зонд *1* (рис. 1) обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемое изделие *1* (ИИ) в плоскости контакта изделия и подложки зонда *2*. Фиксирование значений температуры поверхности изделия осуществляется термоэлектрическими преобразователями *4, 6*, установленными в заданных точках.

При измерениях зонд устанавливают контактной стороной на поверхность ИИ (рис. 1). Выполнив термостатирование данной системы, осуществляют тепловое воздействие линейным нагревателем *5* постоянной мощности, при этом фиксируются значения температуры поверхности в заданных точках. По завершении активной стадии измерения отключают нагреватель, фиксируют время окончания.

Полученные экспериментальные данные обрабатывают по методу, изложенному в работе [3]. Результатом являются температурно-временные зависимости теплофизических свойств полимерного материала, анализируя которые определяют температуру структурного перехода по характерным аномалиям.

Библиографический список

1. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 288 с.
2. Майникова, Н. Ф. Методы и средства неразрушающего теплового контроля температурно-временных характеристик структурных превращений в полимерных материалах : дис. ...д-ра техн. наук : 05.11.13 / Н. Ф. Майникова. – Тамбов, 2007. – 435 с.
3. Бородавкин, Д. Г. Метод и измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 / Д. Г. Бородавкин. – Тамбов, 2012. – 159 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., ассистента Д. Г. Бородавкина*

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ДВУХСЛОЙНОМ ИЗДЕЛИИ: МЕТАЛЛ – ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ

***В. С. Кох-Татаренко, А. А. Барсуков, Д. А. Галушин,
П. А. Хохлов, О. А. Медведева***

Представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойном изделии, представляющем собой металлическую пластину с теплоизоляционным покрытием. Тепловое воздействие на систему осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку измерительного зонда.

Использовано моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student. Составлено описание задачи, определены ее геометрия, свойства сред, источник тепла, граничные и другие условия моделирования.

Результаты исследования, представленные на рис. 1, свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в локальной зоне двухслойного изделия, расположенной вблизи центра нагревателя. Теоретическое обоснование контактного теплового метода контроля двухслойных изделий, сформулированное в работе [1] с учетом оттоков тепла в материал подложки зонда, может быть применено и позволит с достаточной точностью определять толщину теплоизоляционного слоя объекта, наличие в нем дефектов.

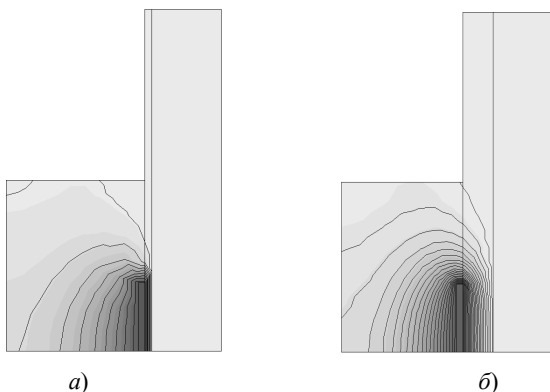


Рис. 1. Распределение температуры по толщине покрытия из теплоизоляционного материала на металлическом основании: толщина покрытия 1 (а) и 5 мм (б)

Библиографический список

1. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОВОДЯНОГО ЦИКЛА ТЭЦ

А. В. Кувалдина

Снижение удельного расхода теплоты и топлива является главной целью совершенствования технологий производства тепловой и электрической энергии на ТЭС. Достижение этой цели на существующих станциях возможно за счет увеличения располагаемой теплоты сжигаемого топлива.

В рамках данного исследования предложено использование низкопотенциальной теплоты циркуляционной воды оборотного цикла для дополнительного подогрева воздуха и топлива.

Исследование проводилось на базе УТЭЦ ОАО «НЛМК», предложено использование теплоты циркуляционной воды с температурой +25...+28 °С для подогрева дутьевого воздуха в зимний период времени. Сконструирован теплообменный аппарат с габаритными размерами 2660×2550×2175 мм, поверхностью нагрева 6,83 м², позволяющий осуше-

ствлять подогрев наружного воздуха до температуры 15 °С. Установка данного теплообменного аппарата позволит при средних зимних температурах в г. Липецке экономить порядка 8...25 тыс. р./сут с одного котла за счет снижения расхода природного газа.

Использование циркуляционной воды в качестве теплоносителя позволяет снизить удельный расход топлива, при этом обеспечивая дополнительную защиту хвостовых поверхностей, а также уменьшить нагрузку на градирни.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., профессора В. Я. Губарева*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

О. В. Леонова

Целью данной работы является исследование различных систем теплоснабжения для энергообеспечения жилого дома в г. Тамбове электрической и тепловой энергий. Главной задачей является нахождение лучшего решения для организации безопасного и комфортного проживания в жилом доме, которое должно быть обосновано финансовыми, экологическими и экономическими аспектами, с помощью международных стандартов DIN V 18599. Исследовано жилое здание города Тамбова, а также ЦТП который его обслуживал. Все исходные, необходимые для расчетов значения, были занесены в специальную программу HottgenrothSoftware, чтобы рассчитать необходимое количество первичной энергии требуемой для здания. В соответствии с нормативами DIN V 18 599 необходимое количество первичной энергии составляет 143,18 кВт·ч, а так же тепловые потери 0,59 кВт/(м²·К). Выбросы двуокиси углерода – 34 кг/м².

Если проанализировать полученные значения, то становится очевидным, что потери тепла через стены пренебрежимо малы, а вот значение первичной энергии превышает требование норматива в два раза. Следствием данного анализа является необходимость в новой системе энергообеспечения здания, так как существующая система не удовлетворяет условиям энергетической эффективности. Слишком большие объемы газа превращаются в потери.

Исследованы три способа энергообеспечения жилого здания, а именно:

- ТЭЦ;
- автономные электростанции на базе двигателей;
- система с индивидуальным отоплением и централизованным подводом электроэнергии.

В ходе работы, рассмотрев возможные варианты энергообеспечения жилого здания в России, мы пришли к выводу, что наилучшим решением является использование установки комбинированной выработки тепла и электроэнергии.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента А. А. Балашова*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В МЕТОДЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ С ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Д. В. Маркин, А. Н. Федотов

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных полимерно-металлических изделиях. Исследовались изделия в виде алюминиевой пластины с покрытием из акрила или фторопласта.

Тепловое воздействие на изделие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска.

Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью программы Elcut Student, предназначенной для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов. Составлена задача, в которой описаны геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия моделирования. Выполнено построение сетки конечных элементов.

Контролировали температурное поле в области воздействия нагревателя. Полученные данные численного исследования свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в локальной зоне покрытия, расположенной в рассматриваемой области.

Таким образом, для расчета толщины полимерного покрытия на алюминиевой пластине можно использовать решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности [1, 2].

Реализацию неразрушающего контроля качества полимерного покрытия на алюминиевой пластине можно осуществлять с помощью измерительной системы, представленной в работе [3].

Библиографический список

1. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23). – С. 93 – 99.

2. О регуляризации теплового процесса при неразрушающем контроле теплофизических свойств / С. С. Никулин, О. В. Висков, А. Ю. Попов, Б. А. Стромов // Молодой ученый. – 2014. – № 10. – С. 35 – 38.

3. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 4. – С. 164 – 166.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИКАРБОНАТА

***О. А. Медведева, А. А. Барсуков, Д. А. Галушин,
П. А. Хохлов, В. С. Кох-Татаренко***

При решении проблемы защиты поверхности изделий из поликарбоната (ПК) от абразивного износа необходимо не только получить покрытие с высокой абразивной стойкостью, но и обеспечить его высокую адгезионную прочность с поверхностью изделия. В качестве защитных покрытий наибольшее распространение получили кремнийорганические полимеры, которые сохраняют оптические характеристики и обеспечивают высокую абразивостойкость поверхности. Однако эти покрытия имеют низкую адгезионную прочность соединения: покрытие – поликарбонат. Покрытия отслаиваются от поверхности изделий из ПК в процессе их эксплуатации [1].

Неразрушающий контроль (НК) качества таких изделий возможно осуществлять тепловым зондовым контактным методом, теоретическое обоснование которого представлено в работе [2]. Дефекты слоев обнаруживают по откликам на тепловое воздействие на поверхность объекта исследования от источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в теплоизоляционную подложку измерительного зонда. Численное исследование работоспособности метода НК, моделирование температурных полей выполнено методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Библиографический список

1. Защитные кремнийорганические покрытия на изделиях из поликарбоната / Т.И. Андреева [и др.] // Пластические массы. – 2015. – № 1-2. – С. 55 – 59.

2. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23). – С. 93 – 99.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. П. Жукова*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛО-ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*О. А. Медведева, А. А. Барсуков, Д. А. Галушин,
П. А. Хохлов, В. С. Кох-Татаренко*

Среди большого разнообразия современных теплоизоляционных материалов, широко применяемых в строительной индустрии, первостепенное внимание привлекает разработанное новое поколение пористого карбамидоформальдегидного пенопласта (КФП) на основе экологически безопасных карбамидоформальдегидных смол. КФП предназначен для тепловой изоляции в качестве среднего слоя строительных ограждающих конструкций. Материал может заливаться в пустотелые профили, где он полимеризуется [1].

Неразрушающий контроль качества таких изделий возможно осуществлять тепловым зондовым контактным методом, теоретическое обоснование которого детально представлено в работе [2]. Определение теплофизических свойств слоев осуществляют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования от источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда. Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Показано, что ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, можно использовать для неразрушающего контроля распределения (наличия пустот) теплоизолятора внутри металлического профиля.

Библиографический список

1. Новое поколение карбамидных теплоизоляционных пенопластов / В. П. Герасименя [и др.] // Строительные материалы. – 1996. – № 6. – С. 8.
2. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23). – С. 93 – 99.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. П. Жукова*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ В ПОЛИМЕРНОМ ПОКРЫТИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

К. С. Хромый, О. А. Медведева

В данной работе исследована возможность определения дефекта в виде водного включения на границе раздела полимерное покрытие (поливинилиденфторид, ПВДФ) – подложка из стали.

Температура в на оси нагревателя измеряется с помощью термопреобразователя ТП1, встроенного в измерительный зонд (ИЗ). Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени.

Моделирование температурных полей методом конечных элементов выполнено с помощью пакета программ Elcut Student. Составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия. Для построения геометрии задачи использованы размеры: высота подложки ИЗ – 20 мм; радиус – 25 мм. Толщины покрытия, металлического основания – 1 мм и 10 мм. Нагреватель из меди имеет радиус 10 мм, высоту – 1 мм.

Данные, представленные на рис. 1, зарегистрированы ТП1, расположенным в плоскости контакта подложки ИЗ с поверхностью ПВДФ покрытия, позволяют выявить наличие дефекта в виде водного включения диаметром 5 мм и толщиной 0,5...0,75 мм.

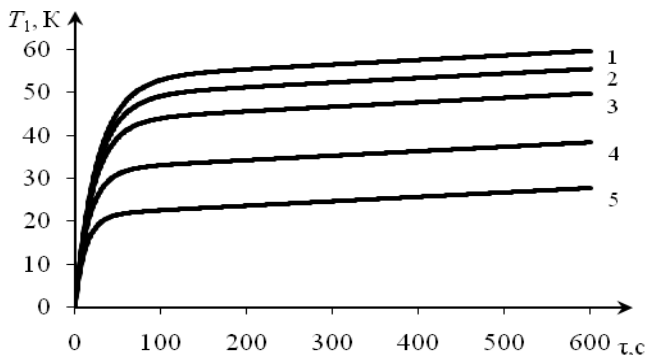


Рис. 1. Термограммы $T_1 = f(\tau)$:

1 – модель без дефекта; 2 – 5 – с дефектом в виде водного включения диаметром $d_{\text{вк}} = 10$ мм и толщиной $h_{\text{вк}} = 0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм

При наличии дефекта покрытия, диаметром 5 мм и более, определить толщину дефекта возможно при значениях $h_{\text{вк}} = 0,5$ и более. Для дефектов, диаметром более 20 мм и толщиной $h_{\text{вк}} = 0,1...0,75$ мм, возможно определение размеров по данным термограмм, полученных также термоприемником ТП1. Появляется возможность выявить наличие дефекта покрытия (в виде водного включения) и определить его размеры при определенных условиях проведения исследования.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

МИНИ-ТЭЦ НА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДАХ

Н. С. Муратова

Часть твердых бытовых отходов (ТБО, «хвосты»), не подлежащая сортировке, на мусоросортировочном комплексе ООО «КомЭк» г. Тамбов, перерабатывающем до 150 тысяч тонн ТБО в год, направляется на полигон захоронения. В целях исключения значительных финансовых затрат на рекультивацию практически заполненного полигона и исключения увеличения загрязнения земельных угодий и неблагоприятного воздействия на окружающую среду предлагается установить на территории мусоросортировочного завода мини-ТЭЦ с тепловой производительностью 11,1 МВт в комплекте с двумя ORC модулями общей мощностью 2,0 МВт.

Основным результатом деятельности по сжиганию указанных остатков предполагается выработка «зеленой» электрической энергии.

1. Параметры топлива

Наименование	Ед. изм.	Вид топлива
		Теплотворная фракция ТБО
1. Низшая теплота сгорания	ккал/кг	2000
2. Зольность	%	10
3. Годовая потребность	т/год	50 000
4. Фактический выход от мусоросортировочного комплекса ООО «КомЭк»	т/год	82 500

2. Сравнение затрат на содержание полигона

Вид затрат	Ед. изм.	Существующее положение			После установки мини-ТЭЦ с ORC		
		Количество	Тариф, р.	Сумма, тыс. р.	Количество	Тариф, р.	Сумма, тыс. р.
1. Годовой объем отходов для вывоза на полигон	т/год	82 500					
2. 10% зольности	т/год				5000		
остаток ТБО	т/год				32 500		
3. Стоимость вывоза ТБО на полигон	р.		360	29 700		360	13 500
4. Затраты на содержание полигона	р.			10 772,8			10 772,8
Итого затрат	р./год			40 472,8			24 272,8

Расчет затрат (табл. 2) и анализ финансовых показателей до и после установки мини-ТЭЦ показывает, что отпадает необходимость в рекультивации старого и строительстве нового полигона; на 40% снижаются затраты на транспортировку отходов на полигон и появляется экономический эффект в размере 16, 2 млн. р. от реализации зеленой энергии в энергосистему г. Тамбова. Принимая за основу теоретическую возможность сброса тепловой энергии в централизованную сеть города по тарифу с 25% рентабельностью, финансовый результат деятельности мини-ТЭЦ с ORC составит 52,5 млн. р.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента С. Н. Кузьмина*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СЦЕНЫ АКТОВОГО ЗАЛА ЛГТУ

А. В. Пешкова, А. С. Бронникова

Система микроклимата должна создавать и постоянно поддерживать нормативные параметры комфортной воздушной среды в рабочей зоне. Выбор эффективно действующей в эксплуатационный период схемы системы воздухообмена актового зала ЛГТУ с целью создания и поддержания этих параметров (и особенно – подвижности) – является задачей данного исследования.

На сцене актового зала ЛГТУ проводятся мероприятия различного характера: конференции, совещания, концерты. Тепловой режим помещения в течение года является переменным. Это связано с отсутствием подачи тепловой энергии в систему отопления и калориферам приточных установок системы вентиляции в переходный период, что создает дискомфортные ощущения для участников мероприятий на сцене.

В соответствии с рекомендацией нормативных документов [1, 2] разработана система дополнительного воздушного отопления сцены. В качестве отопительных агрегатов подобраны два воздушно-отопительных агрегата с электрокалорифером УНИТЕРМ 1.6-2ИК-63-III тепловой мощностью 6,3 кВт, производительностью 600 м³/ч, каждый. Нагретый воздух подается в рабочую зону через шесть воздухораспределителей РН 400×150, установленных на расстоянии 300 мм от пола сцены в декоративном ограждении, расположенном на заднем плане, настилающимися струями. Однако при подаче воздуха по предлагаемой схеме требуется влажная уборка помещения.

Таким образом, выбранная система отопления и схема воздухораспределения создает комфортные условия на сцене и обеспечивает требуемые параметры микроклимата в рабочей зоне.

Библиографический список

1. ВСН 45-86*. Культурно-зрелищные учреждения. Нормы проектирования / Госгражданстрой. – М. : Стройиздат, 1988. – 85 с.

2. Внутренние санитарно-технические устройства : В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканава ; под ред. И. Г. Старовойтова. – М. : Стройиздат, 1990. – 344 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н. доцента А. И. Шарапова*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

М. В. Попкова

Транспортировка тепловой энергии от источника до потребителей в современных системах централизованного теплоснабжения неизбежно связана с потерями тепловой энергии, и в том числе через тепловую изоляцию трубопроводов. Величина тепловых потерь при транспортировке в существующих тепловых сетях оценивается в 15...20% отпускаемой с источников тепловой энергии.

Оценка фактических тепловых потерь проводится путем их сопоставления с соответствующими значениями тепловых потерь, определенных по нормам. Реальные тепловые потери и сравнение их с нормативными значениями позволяет обосновать эффективность проведения работ по модернизации тепловых сетей с заменой трубопроводов или их изоляции.

Тепловые потери через изоляцию зависят от многих факторов, включая протяженность трубопроводов различных диаметров, применяемые теплоизоляционные конструкции, принятые температурные режимы, состояние тепловых сетей, сроки их эксплуатации. Поэтому тепловые потери являются индивидуальной характеристикой каждой тепловой сети и должны определяться для каждой сети индивидуально.

В данной работе мы исследовали эффективность передачи тепловой энергии от источника до потребителя на базе ОАО НЛМК. Опытные дан-

ные снимались с трубопровода теплофикационной воды участка от ППУ ПДС до первого ввода ПДС.

Были определены величины реальных тепловых потерь и проведено их сравнение с нормативными значениями. Оценка состояния тепловой изоляции теплопроводов произведена на основании расчета коэффициента, равного отношению фактических среднегодовых потерь тепловой энергии через изоляцию теплопроводов к их нормативным значениям. Получено, что потери тепла через изоляционный материал в 1,3 раза превышают нормативные.

*Работа выполнена под руководством
Т. Г. Мануковской*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Анисимов, А. А. Андреев

В связи с широким использованием в современной промышленности (строительной, химической, пищевой и др.) сыпучих материалов, как традиционных, так и новых, особое значение имеет решение задач по определению и контролю их свойств, в частности, теплофизических.

Многие сыпучие материалы в процессе их хранения и транспортировки подвержены различным воздействиям, которые оказывают сильное влияние на их физические свойства. Такие материалы представляют собой системы из очень большого числа твердых частиц, отделенных друг от друга порами различной формы и размеров, заполненными, например, воздухом, что влияет на выбор метода и конструкции измерительной системы (ИС).

Поэтому разработка методов и измерительных систем оперативного определения свойств сыпучих материалов является актуальной.

Основным элементом ИС является измерительная ячейка (ИЯ). В данной работе рассмотрены вопросы моделирования ИЯ измерительной системы для оперативного определения теплофизических свойств (ТФС) сыпучих материалов.

Измерительная ячейка представляет собой корпус прямоугольного сечения, в основании которого установлен нагреватель постоянной мощности. На нагревателе и некотором расстоянии от него установлены медь-константановые термопары. Нагреватель может быть выполнен в виде

пластины или полосы заданных размеров. Стенки ИЯ теплоизолированы изнутри двумя слоями изоляции.

В ИЯ засыпают исследуемый материал и осуществляют нагрев. В ходе эксперимента термopарами фиксируются значения температур нагревателя и сыпучего материала в заданных точках контроля.

В основе определения ТФС лежит многомодельный метод, использующий математические модели распространения тепла от источника постоянной мощности при регуляризации тепловых потоков [1].

Используемые математические модели могут быть реализованы при определенных условиях, которые должны быть обеспечены в ходе эксперимента.

С целью определения размеров отдельных элементов ИЯ было выполнено компьютерное моделирование тепловых процессов в ней [2]. Моделирование производилось в программной среде COMSOL Multiphysics, а обработка данных – в системе Matlab.

Исходными данными моделирования являлись свойства используемых в конструкции ячейки материалов. В качестве исследуемого сыпучего материала принимался песок.

Поставлены и решены следующие задачи:

- проверка адекватности математической модели моделируемому процессу;
- определение необходимой толщины основного слоя тепловой изоляции для соблюдения граничных условий;
- определение необходимой толщины дополнительного слоя изоляции для защиты основной от высоких температур;
- определение геометрических размеров ячейки и нагревателя;
- определение координат точек контроля температуры;
- отработка режимов проведения эксперимента.

Библиографический список

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов : учебное пособие / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков [и др.]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.
2. Моделирование теплопереноса в полимерном материале при фазовом переходе // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – № 3. – С. 490.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н. доцента И. В. Рогова*

МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ С ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

А. Н. Федотов, Д. В. Маркин

В связи с возрастающим объемом производства изделий с полимерными покрытиями, повышением требований к их характеристикам становятся актуальными задачи повышения их качества. Решение этих задач связано как с совершенствованием оборудования для производства этих изделий, так и с совершенствованием средств контроля качества, в том числе средств неразрушающего контроля [1].

Авторами рассматривается тепловой метод неразрушающего контроля качества изделий с полимерными покрытиями. Изделие представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев с известными теплофизическими свойствами. Исследуются изделия в виде алюминиевой пластины с покрытием из акрила или фторопласта.

Тепловое воздействие на изделие осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку измерительного зонда. Подложка зонда выполнена из теплоизолятора. Конструктивные размеры зонда подобраны так, что его можно считать полуограниченным. В плоскости контакта зонд-изделие в нескольких точках измеряется температура, регистрируются термограммы.

Данные численного моделирования температурных полей методом конечных элементов свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в полимерном покрытии. Для получения математических выражений расчета теплофизических свойств, толщины покрытий или выявления наличия посторонних включений может быть использовано полученное ранее решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности [2, 3].

Библиографический список

1. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 288 с.
2. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.
3. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9(23). – С. 93 – 99.

НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ МИКРОРАЙОНА «ЕЛЕЦКИЙ» ГОРОДА ЛИПЕЦКА

А. Е. Фролов

Микрорайон «Елецкий» города Липецка спроектирован и строится по современным технологиям. На его территории расположены жилые здания, школа, детские сады, амбулаторно-поликлинический корпус и общественные центры. Системы отопления зданий выполнены с квартирной разводкой теплоносителя и установкой индивидуальных приборов учета теплоты. Теплоснабжение зданий на микрорайоне «Елецкий» осуществляется централизованно от Юго-западной. Сети выполнены из предварительно изолированных пенополиуретаном (ППУ) труб заводского изготовления.

Отказ в работе инженерных сетей влечет за собой перерывы в подаче теплоты и в зданиях могут создаваться недопустимые климатические условия. Поэтому одним из основных показателей в системах теплоснабжения является надежность тепловых сетей.

Оценка надежности систем теплоснабжения учитывает не только социальные последствия перерывов в подаче теплоты. Одним из главных критериев надежности является его безопасность, которая достигается обеспечением такими параметрами как:

- безотказная работа в течение расчетного времени;
- резервирование;
- живучесть.

Сложившаяся практика строительства новых тепловых сетей в микрорайонах города Липецка малоквалифицированными подрядными организациями привела и приводит к неудовлетворительному качеству трубопроводных систем и систем оперативного дистанционного контроля (ОДК) тепловой изоляции. В процессе строительства сетей микрорайона «Елецкий» допущены определенные отклонения от требований СП 41-105-2002, которые повлияют на срок службы сетей и на надежность теплоснабжения этого микрорайона. В связи с этим оценка надежности данной тепловой сети и разработка мероприятий по ее повышению является задачей актуальной и своевременной. В работе проведена оценка расчет показателя надежности участка квартальной тепловой сети для микрорайона «Елецкий» города Липецка.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н. доцента В. А. Стерлигова*

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА

К. С. Хромый, А. В. Гришин

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных полимерно-металлических изделиях. Тепловое воздействие на двухслойную систему осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска.

Авторы воспользовались моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student. Составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источник тепла, граничные и другие условия моделирования.

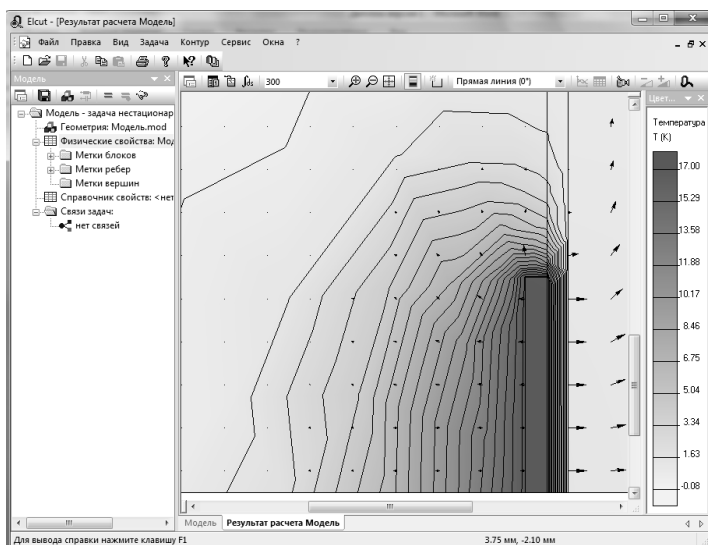


Рис. 1. Распределение температуры по толщине покрытия из ПВДФ и толщине подложки зонда

Результаты численного исследования, представленные на рис. 1, свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в локальной зоне, расположенной вблизи центра нагревателя. Теоретическое обоснование теплового метода контроля двухслойных изделий, сформулированное в работе [1] с учетом оттоков тепла в материал подложки зонда, может быть применено и позволит с достаточной точностью определять теплофизические свойства слоев двухслойных объектов.

Библиографический список

1. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ, РАБОТАЮЩЕЙ ДЛЯ НУЖД ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОАО «ОРБИТА»

А. И. Щелокова

Тамбовский регион, расположенный в центре Черноземного края, издавна специализируется на развитие аграрно-производственного комплекса, успешно увеличивая производство сельскохозяйственной продукции, а в последние годы особенно изменяя номенклатуру и мощность перерабатывающих предприятий. Все это заставляет высокими темпами проводить газификацию сельских поселений, проводить реконструкцию существующих и строить новые объекты энергообеспечения предприятий и населения. Многие производственные котельные до сих пор работают на твердом или жидком топливе, при наличии возможности использования природного газа в качестве топлива. Кроме того, сами котлы, горелочное, насосное, теплообменное оборудование, автоматика и химводоподготовка таких котельных морально и физически устарели. Расчетный срок эксплуатации такого оборудования (при условии неукоснительного соблюдения правил и норм технического обслуживания) составляет 20 – 25 лет, тогда как в реальных условиях, оборудование эксплуатируется гораздо дольше. Поэтому с каждым годом наиболее актуальным становится комплексная работа по реконструкции котельных или их техническому перевооружению. Это не только позволяет избежать угрозы выхода из строя оборудования, но и существенно увеличивает энергоэффективность котельной.

Техническое перевооружение котельной, как составляющая часть реконструкции, заключается в замене оборудования на новое, с большей теплопроизводительностью. Данная работа представляет собой пилотный проект реконструкции производственной котельной, намечаемой в ближайшие годы, в связи с расширением производства и внедрением новых видов выпускаемой продукции.

Параметры теплоносителей: сетевая вода для отопления 110...70 °С; горячая вода для технологических нужд 70 °С; насыщенный пар для технологий с температурой 170 °С.

Для принятия решений о необходимости реконструкции котельной необходимо тщательно проанализировать все теплотехническое оборудование и все аспекты его использования.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента А. А. Балашова*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

А. Ю. Ярмизина, О. А. Медведева

Необходимость энергосбережения в тепловых сетях обусловлена следующими факторами: большой изношенностью тепловых сетей и неудовлетворительной их теплоизоляцией; значительной протяженностью сетей; повышением тарифов на централизованно отпускаемую тепловую энергию. В Российской Федерации 90% сетей имеют минеральную теплоизоляцию, которая гидрофильна. Ее нарушение приводит в бесканальных подземных или непроходных каналах теплотрасс к увлажнению и, как следствие, к ухудшению теплоизоляционных свойств. Стальные трубы при контакте с влажным теплоизоляционным материалом быстро корродируют. Для снижения теплотерь в тепловых сетях изношенные теплопроводы постепенно заменяют новыми с применением современных теплоизоляционных материалов на основе пенопластов. Пенопласты характеризуются низким значением теплопроводности, что снижает теплотери в сетях при той же толщине изоляционного слоя, что и в случае с изоляцией, имеющей более высокую теплопроводность. От правильного выбора теплоизоляции сетей и ее качества во многом зависят энергоэффективность и сохранение параметров теплоносителя в заданных пределах.

Неразрушающий контроль качества таких полимерно-металлических изделий возможно осуществлять тепловым методом по теплофизическим свойствам слоев, которые проявляются через температурный отклик изделия на тепловое воздействие. Численно определено распределение температуры в изделии от действия локального круглого нагревателя постоянной мощности, действующего на поверхности покрытия из пенополиуретана.

Результаты исследования позволяют сделать вывод об одномерном распространении тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплопереноса для локальной области изделия. Применив упрощенную модель, возможно выявить дефекты покрытия, например, в виде снижения толщины полимерного слоя, наличия различных дефектов [1].

Библиографический список

1. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506– 511.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора Н. Ф. Майниковой*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

*Аль Жавдах Фейзал Тхяб Абед,
Аль Сумармад Хайзаран Абдулхуссейн Сачит*

Работа посвящена актуальной теме – разработке методик расчета потерь электроэнергии. Придание «оперативности» расчету технических и коммерческих потерь электроэнергии в сетях различного класса напряжения на современном этапе (в условиях хаотичности работы промышленности) является важной электроэнергетической задачей. Разрабатываемые методики расчета потерь должны основываться на показаниях, существующих в сетях средств учета и на возможности периодического снятия этих показаний.

Интенсивное развитие современных информационных технологий, постепенное насыщение сетей 110 кВ и ниже устройствами телеизмерений, сопряженных с оперативно-информационными управляющими комплексами (ОИУК) автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) энергосистем, внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), в том числе и на уровне бытового потребления, требует пересмотра существующих подходов к расчету, анализу и снижению ПЭ по следующим причинам:

- более высокая производительность ЭВМ и возможность их внедрения на низших уровнях управления энергокомпаний;
- возможность автоматизированного формирования расчетных схем из электронного представления эксплуатационных схем сетей, баз данных об оборудовании и элементах сетей.

В настоящее время актуальным становится создание автоматизированной системы мониторинга уровня и структуры потерь энергии, объединяющей информационные ресурсы РСК и энергосбытовых компаний и базирующейся на современных технических (АСДУ, АИИС КУЭ) и программных (CAD, GIS, ORACLE, MS SQL, Internet/Intranet и т.п.) средствах.

При этом основными тенденциями применения современных информационных технологий, в том числе и при расчете, анализе и снижении потерь энергии в сетях, являются: объединение в едином комплексе нескольких расчетных модулей, работающих с единой БД, интегрированной с ГИС, ОИУК, системами АСКУЭ и другими подсистемами АСУ.

Библиографический список

1. Адонц, Г. Т. Методы расчета и способы снижения расхода электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Г. Т. Адонц, А. А. Арутюнян. – Ереван : Луис, 2014.
2. Бабкин, Н. С. Удельные затраты на потери электроэнергии в сельских электросетях : обзор / Н. С. Бабкин, В. С. Благой и др. – М. : Информаэнерго, 2012.
3. Волчков, Ю. Д. Методика расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ / Ю. Д. Волчков, В. А. Солдатов, Ю. Н. Девочкин // Актуальные проблемы науки в АПК : материалы 51-й науч.-практ. конф. / КГСХА. – 2010. – Т. 2. – С. 165–166.
4. Девочкин, Ю. Н. Обоснование применения метода расчета потерь в городских сетях 6 – 10 кВ на основе выборки / Ю. Н. Девочкин, В. А. Солдатов // Актуальные проблемы науки в АПК : материалы 57-й науч.-практ. конф. / КГСХА. – 2006. – Актуальные проблемы науки в АПК. – Т. 4. – С. 107–108.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Аль Рубайе Бакер Салих Махди, Аль Шахери Аммар Муса

Значительное количество энергоустановок и сетей эксплуатируется рядом организаций городского хозяйства, и от надежности этих энергообъектов зависит бесперебойная работа жизненно важных объектов города. Энергоустановки таких потребителей присоединены к электрической сети высокого напряжения и через собственные распределительные сети среднего напряжения обеспечивают работу транспорта, водоснабжения и водоотведения, здравоохранения и ряда других отраслей [1].

Так, на предприятиях большой энергетики в энергосистеме обновление фондов происходит как в рамках основной деятельности, так и в процессе нового строительства. Доля физически и морально изношенного оборудования на этих предприятиях не превышает 50%. В энергетике предприятий городского хозяйства процесс обновления распределительных сетей носит исключительно локальный, точечный характер и значительного влияния на надежность оказать не может. В результате более 50% оборудования находится за предельными сроками эксплуатации.

Отсутствует требуемое резервирование, телеуправление и автоматизация. Не обеспечивается минимальный уровень надежности работы для города.

Кроме того, сбои в работе отраслевых и городских распределительных сетей, имеющих тесную взаимосвязь, расширяют зону возможного обесточивания потребителей.

Существует практика продления срока эксплуатации электрооборудования путем его освидетельствования с выполнением соответствующих технических мероприятий. Однако темп старения оборудования опережает процесс его обновления. Анализ статистических данных последних лет по объектам городского хозяйства показывает рост числа отключений, вызванных:

- технологическими нарушениями в электроустановках, срок эксплуатации которых превышает нормативный;
- несоответствием современным нормам и правилам категории надежности электроснабжения объектов городского хозяйства.

1. Анализ результатов обследований электрохозяйства позволил сделать следующие выводы:

Большинство станций не соответствует требуемой категории электроснабжения. На них требуется корректировка схем внешнего электроснабжения с присоединением к независимым центрам питания от более половины распределительного оборудования морально и физически устарело и не может обеспечить требуемую категорию надежности. Необходимо реконструкция распределительных устройств с переходом на микропроцессорные системы управления;

2. Анализ системы электроснабжения показал, что имеют место различные подходы к организации схем электроснабжения распределительных подстанций, и выявлено нерациональное использование ячеек в распределительных устройствах на распределительных подстанциях.

В результате, тяговые подстанции имеют различную категорию надежности и неравномерное распределение внутренних связей.

Необходимо разработать комплексную схему внешнего электроснабжения, основной целью которой должна стать равномерность распределения существующих мощностей на центрах питания, обеспечение единой категории надежности и одновременное создание разветвленной сети резервных связей. Аналогичный подход должен быть реализован в контактной сети.

Библиографический список

1. Ефременко, В. М. Анализ состояния распределительных сетей населенных пунктов / В. М. Ефременко, О. А. Савинкина, Р. Б. Наумкин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 6 – С. 36 – 38.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗОН НАГРЕВА В РАЗЪЕДИНИТЕЛЯХ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ

Н. А. Безверхний, И. С. Попов

1. Контактные соединения. Предельные значения температуры нагрева контактных соединений разъединителей и отделителей не должны превышать данных, приведенных в табл. 1.(п. 3).

2. Контакты. Предельные значения температуры нагрева контактов не должны превышать данных, приведенных в табл. 1 (п. 1).

3. Выводы разъединителей и отделителей. Предельные значения температуры нагрева выводов из меди, алюминия и их сплавов, предназначенных для соединения с внешними проводниками, не должны превышать данных, приведенных в табл. 1 (п. 2).

1. Допустимые температуры нагрева

Контролируемые узлы	Наибольшее допустимое значение	
	Температура нагрева, °С	Превышение температуры, °С
1. Контакты из меди и медных сплавов:		
– без покрытий, в воздухе/в изоляционном масле;	75/80	35/40
– с накладными серебряными пластинами, в воздухе/в изоляционном масле;	120/90	80/50
– с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле;	105/90	65/50
– с покрытием серебром толщиной не менее 24 мкм	120	80
– с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле	90/90	50/50
2. Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей:		
– без покрытия;	90	50
– с покрытием оловом, серебром или никелем	105	65
3. Болтовые контактные соединения из меди, алюминия и их сплавов:		
– без покрытия, в воздухе/в изоляционном масле;	90/100	50/60
– с покрытием оловом, в воздухе/в изоляционном масле;	105/100	65/60
– с покрытием серебром или никелем, в воздухе/в изоляционном масле	115/100	75/60

К примеру, на рис. 1 показан нагрев контактного соединения на разъединителе 35 кВ.

Анализируя данный рисунок, можно сделать вывод, что нагрев контактного соединения разъединителя 35 кВ по фС превышает допустимую температуру. Выявленный дефект имеет начальную стадию развития. Требуется принятие мер по устранению нагрева контактного соединения при очередном текущем ремонте.

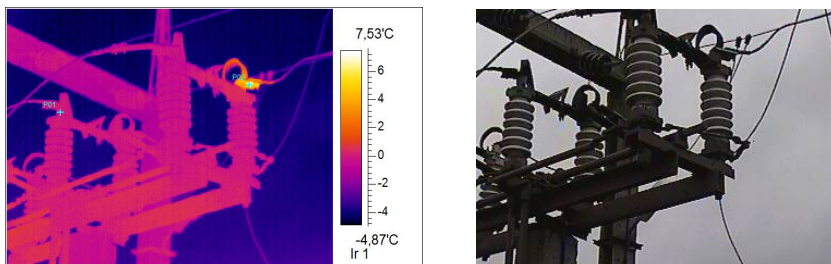


Рис. 1. Нагрев контактного соединения на разъединителе 35 кВ

Библиографический список

1. Жуков, А. Г. Тепловизионные приборы и их применение / А. Г. Жуков, А. Н. Горюнов, А. А. Кальфа ; под ред. Н. Д. Девяткова. – М. : Радио и связь, 1983.
2. РД 153-34.0-20.363–99. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.

*Работа выполнена под руководством
к. ф-м. н. профессора В. М. Иванова*

ДИАГНОСТИКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗЪЕДИНЯЮЩИХ

Н. А. Безверхний, Аль Фадхли Мохаммед Сауд Али

Одним из наиболее эффективных методов, используемых филиалом ПАО «МРСК Центра» – «Тамбовэнерго» для диагностики электрооборудования, является тепловизионный контроль (далее ТВК).

ТВК имеет следующие преимущества перед традиционными методами:

- бесконтактный метод без отключения обследуемого оборудования, что обеспечивает безопасное проведение работ;
- отказ от некоторых видов испытаний и измерений;
- повышение надежности электроснабжения за счет своевременного обнаружения дефектов;

- предотвращение выхода из строя дорогостоящего электрооборудования;
- определение дефектов на ранней стадии развития, что позволяет своевременно корректировать объемы и сроки проведения ремонтных работ;
- оценка качества монтажных и ремонтных работ по результатам ТВК электрооборудования.

Главную роль в таком обследовании играет тепловизор-высокочувствительная камера для съемки изображений в инфракрасном диапазоне. С его помощью можно фиксировать тепловое излучение окружающих объектов в любое время суток и измерять температуру в любой точке на интересующей поверхности. Применение тепловизионного контроля позволяет оценить реальное техническое состояние электрооборудования и выявить повреждения на ранней стадии. Это дает возможность получить максимальный эффект при выполнении ремонтных программ.

Современный метод диагностики активно используется и в Мичуринском участке службы диагностики. За десять месяцев текущего года было проведено тепловизионное обследование 20 подстанций 110...35 кВ и 22 ЛЭП 110...35 кВ. Это позволило выявить все температурные изменения, способные привести к возникновению серьезных дефектов в работе энергообъектов.

Например, на рисунке 1 можно увидеть нагрев контактного соединения РВС-35кВ ф А. Данный дефект имеет начальную стадию развития. Необходимо принять меры устранения при очередном текущем ремонте.

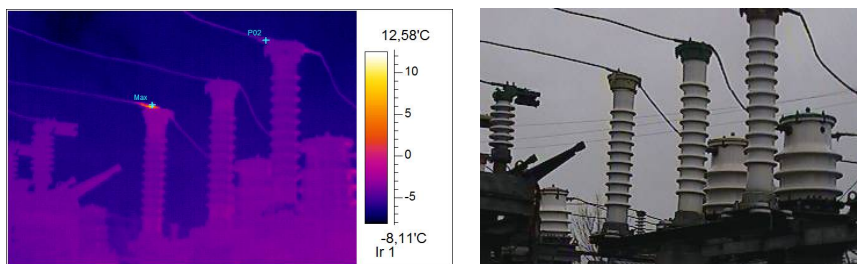


Рис. 1. Нагрев контактного соединения РВС-35кВ

Признаки исправного состояния вентильного разрядника с шунтирующими резисторами при тепловизионном контроле:

- верхние элементы в месте расположения шунтирующих резисторов нагреты одинаково во всех фазах;
- распределение температуры по элементам фазы разрядника практически одинаково (в пределах 0,5...5 °С в зависимости от количества элементов в разряднике), а для многоэлементных разрядников может наблюдаться плавное снижение температуры нагрева шунтирующих резисторов элементов, начиная с верхнего.

Библиографический список

1. Жуков, А. Г. Тепловизионные приборы и их применение / А. Г. Жуков, А. Н. Горюнов, А. А. Кальфа ; под ред. Н. Д. Девяткова. – М. : Радио и связь, 1983.

2. РД 153-34.0-20.363–99. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.

*Работа выполнена под руководством
к. ф-м. н. профессора В. М. Иванова*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА, РАБОТАЮЩЕГО ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ЗАКОНУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ

А. С. Белоусов

Лифт является наиболее распространенным видом вертикального транспорта, поэтому при создании и эксплуатации любого лифта решается ряд задач. Первая – обеспечение максимального быстродействия лифта, а вторая – повышение комфорта при передвижении человека. Таким образом, необходимо ограничить максимальную скорость движения кабины, ток двигателя и при этом необходимо оптимизировать рывки. При создании модели электропривода была поставлена актуальная задача определения оптимальных параметров системы управления с учетом накладываемых ограничений.

Можно выделить шесть этапов движения лифта: разгон электродвигателя до максимальной скорости; движение с постоянной скоростью; уменьшение скорости при подходе к заданному этажу; движение с небольшой скоростью (дотягивание); торможение и остановка кабины лифта с требуемой точностью. Соответствующий этим режимам график принято считать оптимальным.

Для плавного регулирования скорости разработана схема с задатчиком рывков и задатчиком скорости, на вход которого подаются значения рывков в определенные моменты времени. Сигнал задания проходит через два интегратора, а затем с ним сравнивается сигнал отрицательной обратной связи по скорости двигателя. Полученный сигнал после усиления может служить сигналом частоты питающей сети двигателя. Регулирование осуществляется непосредственным изменением величины рывков или изменением диапазона их действия.

В ходе моделирования в рамках данной работы достигнут оптимальный закон изменения скорости электропривода для движения кабины лифта, максимально допустимая угловая скорость при этом не была превышена. Ограничение токов также соблюдено. В результате определены оптимальные параметры системы управления.

*Работа выполнена под руководством
доцента А. М. Башлыкова*

СТРАХОВАНИЕ РИСКА КРУПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Д. М. Бледных, С. В. Шаповалов

В настоящее время в связи с ускорением процесса модернизации и технического переоснащения значительного числа электроэнергетических предприятий, необходимости увеличения мощностей и внедрения новых технологий, в отрасли усиливается потребность в построении эффективной комплексной защиты от влияния возникающих в процессе хозяйственной деятельности различных рисков.

Этот процесс может включать в себя:

- страхование;
- принятие риска на себя – часть ущерба, особенно если его величина не слишком велика, можно покрыть за счет собственных текущих доходов электроэнергетического предприятия или созданных им внутренних резервных фондов;
- «устранение» или распределение риска: предприятие электроэнергетики может вложить средства в снижение вероятности получения ущерба или значительное снижение его величины;
- уклонение от риска – в случае если риски реализации какого-либо инвестиционного проекта слишком велики (или слишком возрастают в процессе его осуществления), что прогнозируемый экономический эффект оказывается недостаточным или даже отрицательным, то от такого проекта следует отказаться.

Страхование является наиболее удобным и, как следствие, распространенным способом защиты от воздействия рисков. Наибольший ущерб, как показывают исследования, приносят катастрофические риски. Так, например, ущерб свыше 500 млн. р. фиксировался при авариях на Каширской (2002) и Рефтинской ГРЭС (2006), а также Саяно-Шушенской ГЭС (2009) и сопровождалось разрушением турбо- или гидроагрегатов и серьезными повреждениями машинного зала.

Следовательно, страхование риска крупных техногенных катастроф в электроэнергетике является важной задачей в области экономики и управления электроэнергетическими системами.

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доцента А. Н. Черненко
д. т. н., профессора В. В. Вахниной*

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА МОТАЛКИ АГРЕГАТА АЗОТИРОВАНИЯ И ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАЮЩЕГО ОТЖИГА АТОИП-5 ЦЕХА ПДС ОАО НЛМК

А. Ю. Головин

В работе рассмотрен узел моталки современного агрегата азотирования. Проведена работа по комплексному исследованию системы работы агрегата, в рамках этой работы рассмотрена многоуровневая система автоматизации, интеграция агрегата в общую сеть комбината. Также исследована система управления непосредственным приводом моталки, построенная на основе технологических контроллеров ПЛК типа Simatic S-400 и современных частотных преобразователей Sinamics S120. Основой работы моталки являются асинхронные двигатели фирмы Siemens, контроль осуществляется по средствам системы векторного управления.

Данный объект является одним из новейших агрегатов цеха производства динамной стали металлургического комбината и его система управления отвечает всем новейшим тенденциям работы металлургического производства. Несмотря на это, даже в такой системе можно предложить некоторые пути модернизации и оптимизации:

- 1) установка блока динамического торможения на преобразователь частоты электропривода моталки;
- 2) программная разработка системы гильзового натяжения моталки;
- 3) замена сетей Profibus DP и Ethernet на сеть Profinet.

Установка блока динамического торможения позволит получить безопасные, предсказуемые и управляемые режимы торможения моталки агрегата, что поможет повысить безопасность производства и снизить количество брака. Разработка системы натяжения позволит значительно оптимизировать процесс производства и приведет к повышению качества продукции. Замена сетей Profibus DP и Ethernet на сеть Profinet приведет к увеличению скорости обмена данными между системами агрегата и сетью комбината.

*Работа выполнена под руководством
профессора В. Н. Мещерякова*

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

А. С. Грабко, М. В. Клеминов

Материальная жизнь человечества связана с двумя основными субстанциями – веществом и энергией. Поэтому всевозможные виды технического творчества человека на всех этапах развития общества сводятся, по существу, к видоизменениям и превращениям, как вещества, так и энергии.

В настоящее время энергетика признана мировым сообществом в качестве одного из основных факторов, влияющих на глобальные изменения окружающей среды, по масштабам воздействия на климат планеты превосходящего все остальные антропогенные факторы и сравнимого с мощными природными силами.

В связи с этим в последнее время резко возрос интерес к проблемам энергетики. Перед человечеством возникли сложные вопросы, связанные с бурным развитием энергетики: на какой период хватит органического топлива, особенно его дефицитных видов (нефти и газа), как снизить отрицательное воздействие энергетики на природу, каким образом следует развивать энергетику в дальнейшем, какой должна быть доминирующая энерготехнология в будущем и т.п.

Уже сегодня на фоне успешного в целом развития мировой энергетики наблюдаются отдельные трудности и проблемы. Вследствие неравномерного распределения энергоресурсов в недрах Земли, а также различного уровня и условий развития производства в некоторых регионах планеты ощущается дефицит топлива, электрической и тепловой энергии. В ряде густонаселенных и промышленно развитых районов энергетика, базирующаяся на сжигании органического топлива, начинает оказывать все более заметное отрицательное влияние на людей и среду их обитания. Поэтому для дальнейшего развития энергетики требуются новые подходы, новые научные и технические решения.

Переход к устойчивому экологически приемлемому развитию – весьма сложный, долговременный и многофакторный процесс достижения равновесного взаимодействия между обществом и окружающей средой. Этот процесс затрагивает фактически весь комплекс внутренних проблем долгосрочного развития страны, который должен рассматриваться в неразрывной связи трех компонентов: экономика–энергетика–экология.

Человечество стоит перед дилеммой: с одной стороны, без энергии нельзя обеспечить благополучие людей, а с другой стороны, – сохранение существующих темпов ее производства и потребления может привести к разрушению окружающей среды, и как следствие – к снижению жизненного уровня и даже нанести серьезный ущерб человеческой популяции.

Неопределенность таких проблем окружающей среды как изменение мирового климата и различные точки зрения о разумном балансе между экономическим ростом и его воздействием на окружающую среду приводят к разной политике в отношении развития ТЭК. Поэтому существуют две принципиально различные позиции развития энергетики.

Существенное отрицательное воздействие энергетики на биосферу и условия жизни людей вызывает необходимость срочного решения двух научно-технических проблем: разработка технических средств и методов защиты окружающей среды; освоение новых экологически чистых технологий для получения энергии.

Библиографический список

1. Аникеев, В. А. Экологическая безопасность топливно-энергетического комплекса России / В. А. Аникеев, В. Н. Воронов, А. С. Седлов // Новое в российской электроэнергетике. – 2005. – № 12.
2. Лосев, К. С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке / К. С. Лосев. – М. : Космосинформ, 2001. – 399 с.
3. Магид С. И., Архипова Е. Н., Музыка Л. П. // Надежность и безопасность энергетики. – 2008. – № 1. – С. 22 – 33.
4. Перфилова, Е. А. Роль человеческого фактора в предотвращении техногенных аварий / Е. А. Перфилова // МГОУ-XXI-Новые технологии. – 2007. – № 3. – С. 32 – 36.

СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А. С. Грабко, М. В. Клеминов

Отсутствие эффективных национальной и региональных программ энергосбережения, хронические перебои в снабжении электроэнергией являются серьезным сдерживающим фактором индустриального развития, как отдельных районов, так и страны в целом. Внедрение объектов малой энергетики в энергетическую систему повысит надежность и устойчивость энергоснабжения, позволит снизить выбросы в атмосферу вредных и загрязняющих веществ, увеличить экономичность энергосбережения. В этой связи изучение тенденций развития малой энергетики, возможностей использования накопленного в России научно-технического потенциала в формировании и развитии данной отрасли народного хозяйства является актуальнейшим направлением экономической науки.

В проекте «Энергетической стратегии России на период до 2020 года», разработанном Министерством топлива и энергетики РФ, определено, что развитие мощностей на работающих и вновь вводимых электростанциях должно осуществляться благодаря использованию новых технологий.

С их развитием возрастает и доля независимых производителей электроэнергии и тепла, что повысит конкуренцию в этой сфере. Все это определяет необходимость обоснования и выбора форм инвестирования как одного из ключевых факторов развития малой энергетики.

Большое значение для развития малой энергетики имеет то, что согласно Энергетической стратегии России на период до 2020 года гарантируется ее финансовая поддержка со стороны федерального и региональных бюджетов. При этом предлагается ряд мер по созданию и развитию малой энергетики как отрасли народного хозяйства, однако на практике эти меры не в достаточной степени стимулируют ее развитие. В этой связи возникает необходимость разработки и обоснования более эффективных механизмов, в том числе форм инвестирования, развития малой энергетики для разрешения сложившейся в национальной экономике ситуации. Кроме того, для энергетического комплекса России характерна низкая инвестиционная активность, что приводит к невозможности дальнейшего развития отрасли. Следовательно, возникает необходимость разработки и обоснования более совершенных механизмов, в основе которых должен быть выбор форм инвестирования развития малой энергетики для разрешения сложившейся в национальной экономике ситуации.

Библиографический список

1. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года : Одобрено Правительством РФ (Протокол № 39 от 23.11.2000 // Прил. к общ.-дел. журн. «Энергетическая политика». – М. : ГУ ИЭС, 2001 – 120 с.
2. Абрамов С. И. Инвестирование. Актуальность производства средств малой энергетики и мотивы его осуществления // Электронный журнал энергосервисной компании ЭСКО. – 2004. – № 8 – М. : Центр экономики и маркетинга, 2000. – С. 31.
3. Экология в энергетике-2005 : Труды Второй международной научно-практической конференции. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 272 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОПРЯЖЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ MATLAB SIMULINK СО СРЕДОЙ ГЕНЕРАЦИИ КОДА КОНТРОЛЛЕРА TMS320C2000 F28069

А. М. Евсеев

Важным вопросом при разработке сложных систем управления электроприводом является программирование сложных алгоритмов на языке, понятном микроконтроллеру. Это возможно при наличии специальных знаний в области программирования. Поэтому в настоящее время многими

компаниями ведется работа в том направлении, чтобы полностью исключить работу программиста. Бесспорным лидером является компания Mathworks, представляющая возможность автоматической генерации кода на языках C/C++ в программной среде Matlab Simulink. Она имеет специализированные расширения, обеспечивающие взаимодействие с интегрированной средой разработки компилятора Code Composer Studio (CCS), ориентированные на семейство микроконтроллеров C2000.

Преимущества перехода к написанию программы в Simulink'e – отсутствие требований к глубокому знанию языков программирования и необходимости полного освоения программной оболочки компилятора, возможности отладки программы управления посредством предварительного моделирования.

В данной работе представлен алгоритм сопряжения Matlab Simulink и Code Composer Studio, который состоит в установке встраиваемого компилятора, настройке инструментов сборки, программной среды и модели Simulink для контроллера TMS320C2000 F28069. Также рассмотрен пример составления программы, ее запись на контроллер и проверка результатов.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента П. Н. Левина*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПУТЕМ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М. Г. Егоров, А. В. Сурин

Электроэнергетическая система России характеризуется высокой степенью морального и физического износа, а, следовательно, и низким уровнем надежности. Поэтому вопрос о повышении надежности энергетической системы России является весьма актуальным.

В настоящее время во многих странах мира ведутся работы по созданию интеллектуальных электрических сетей, представляющих собой комплекс технических средств, которые в автоматическом режиме выявляют наиболее слабые и аварийно опасные участки сети, а затем изменяют схему сети с целью предотвращения аварии и соответственно повышения надежности.

Вопросы обеспечения надежности электроснабжения, включая анализ причин его нарушения, прогноз показателей, обоснование и разработку мероприятий и средств повышения надежности, сохраняют актуальность на всех этапах развития энергосистем и объединений. Из статистики надежности энергосистем следует, что самыми ненадежными элементами энергосистем являются воздушные линии электропередачи.

Особенностью определения показателей является то, что на надежность работы электрических сетей влияет большое количество различных факторов: конструкции опор, типы проводов, сроки эксплуатации, климатические условия т.д. В настоящее время для оценки надежности энергетических сетей используются показатели надежности из справочников и книг. Однако эти показатели слишком усреднены по регионам, временам года и т.д. Поэтому результаты расчета не могут достоверно отображать реальную ситуацию и соответственно обоснованно проводить мероприятия по повышению надежности энергообеспечения и снижению аварийных режимов. Очевидно, что определения достоверной информации о надежности электрических сетей необходимо внедрять информационно-измерительные системы, позволяющие регистрировать аварийные режимы системы и осуществлять передачу информации о координатах места и видах аварии, накапливать статистических данные о видах и месте аварий и вычислять показателей надежности.

Одной из основных задач создания информационно-измерительных систем мониторинга электрических сетей является оперативная и точная регистрация видов и места аварий. В настоящее время выпускаются различные технические средства для определения мест повреждения воздушных линий (ОМП), работа которых основана на разных физических эффектах. Средства ОМП подразделяются на две основные группы:

- 1) средства, основанные на изменении при аварии сопротивлений линии или скорости бегущей волны;
- 2) топографические средства контроля, которые используют датчики электрических величин, подключенные к линии через определенный интервал расстояния.

Результаты контроля электрических величин передаются по каналам связи на диспетчерский пункт. Приборы первой группы не обеспечивают необходимой достоверности, точности и оперативности контроля аварийных режимов. Топографические средства позволяют более точно определять место повреждения и поэтому в настоящее время в связи с широким развитием систем телекоммуникации имеют наибольшие перспективы использования.

На основе топографического метода разработана информационно-измерительная система (ИИС), позволяющая определять вид аварии по изменению электромагнитного поля, создаваемого проводами воздушных линий электропередачи и передавать результаты о виде и месте аварии на диспетчерский пункт. Разработанная ИИС контроля аварийных режимов может быть использована в качестве прототипа для создания ИИС мониторинга воздушных линий электропередачи [1].

Для дальнейшего усовершенствования ИИС необходимо решить следующие задачи:

- разработать алгоритмы обработки информации с учетом влияния различных факторов;
- предложить методику для определения координат установки датчиков аварийных режимов на опорах.

Библиографический список

1. Доронина, О. И. Информационно-измерительная система мониторинга надежности воздушных линий электропередач : дис. ... канд. техн. наук (05.11.16) / О. И. Доронина ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2014.

ВЛИЯНИЕ КВАЗИПОСТОЯННЫХ ТОКОВ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

М. О. Зюзин, М. П. Крюковский

Причиной геомагнитных бурь (ГМБ) являются возмущенные потоки солнечного ветра на орбите Земли. Источниками этих потоков являются выбросы корональной массы и корональные дыры.

ГМБ индуцирует поверхностные потенциалы Земли с различной амплитудой, зависящей главным образом от класса напряжения линий электропередач (ЛЭП). Между заземленными точками нейтралей силовых трансформаторов (СТ) подстанций систем электроснабжения возникает электродвижущая сила (ЭДС). В протяженных высоковольтных ЛЭП (400...500 км) ЭДС может достигать нескольких киловольт, и по электрическим сетям циркулирует квазипостоянный ток (КПТ).

Основное воздействие КПТ на системы электроснабжения заключается в следующем:

- насыщение магнитной системы силовых трансформаторов;
- возрастание несинусоидальных намагничивающих токов, которые приводят к циркуляции высших гармонических составляющих напряжения и тока в электроэнергетической системе;
- нарушение нормальной работы устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики и устройств регулирования нагрузки.

Указанные воздействия могут привести к экономическим рискам, связанных с возможностью повреждения дорогостоящего оборудования систем электроснабжения.

Для оценки влияния квазипостоянных токов на системы электроснабжения необходимо определить токи намагничивания силовых трансформаторов, перетоки активных и реактивных мощностей. Расчет реализуется в математической среде моделирования MATLAB, пакет Simulink.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора В. В. Вахниной*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА НАСЫЩЕНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ

А. А. Кабанов, М. О. Зюзин

В силовых трансформаторах (СТ) квазипостоянные токи (КПТ) вызывают насыщение магнитной системы, вследствие чего увеличиваются несинусоидальные намагничивающие токи, протекающие в сети, что приводит к дополнительному нагреву обмоток, магнитопровода, элементов конструкции, масла.

Таким образом, исследование воздействия КПТ, вызванных геомагнитными бурями, на насыщение силовых трансформаторов систем электроснабжения с различными конструкциями магнитных систем является актуальной задачей на сегодняшний день.

При влиянии КПТ на силовые трансформаторы со стержневой конструкцией магнитной системы происходит увеличение напряжения обмоток СТ, увеличение тока холостого хода, однако режим перемагничивания не достигает области технического насыщения. На силовых трансформаторах со стержневой конструкцией магнитной системы «сильное» воздействие оказывают КПТ, превышающие номинальный ток обмотки высокого напряжения.

При влиянии КПТ на силовые трансформаторы с бронестержневой конструкцией магнитной системы режим перемагничивания достигает области технического насыщения. Происходит значительное увеличение тока и мощности намагничивания, что приводит к нарушению нормального режима работы систем электроснабжения. На силовые трансформаторы с бронестержневой конструкцией магнитной системы «сильное» воздействие оказывают КПТ, равные току холостого хода.

В результате проведенных исследований получено, что при равной величине интенсивность воздействия КПТ в периоды повышенной геомагнитной активности на силовые трансформаторы с бронестержневой конструкцией магнитной системы значительно выше, чем на силовые трансформаторы со стержневой конструкцией магнитной системы.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора В. В. Вахниной*

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Е. С. Калугин, А. В. Фомин

При подготовке студентов по направлению «Электроэнергетика и электротехника» большое внимание уделяется изучению альтернативных источников энергии. Известно, что лучше усвоить теоретический матери-

ал позволяет его практическое выполнение в рамках конкретных исследований [1]. С этой целью в Орловском ГАУ на кафедре «Электроснабжения» в рамках [2] был разработан и затем усовершенствован лабораторный стенд для исследования фотоэлектрических насосных станций (ФЭНС), представленный на рис. 1.

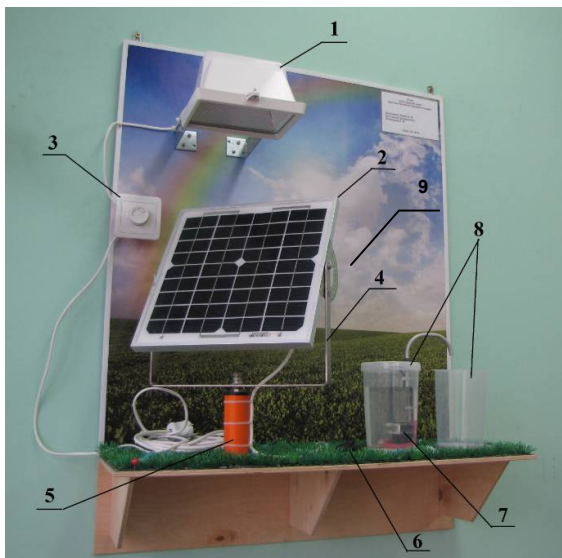


Рис. 1. Лабораторный стенд по исследованию фотоэлектрической насосной станции

Стенд работает следующим образом: прожектор 1 формирует световой поток, который регулируется диммером 3, и подает его на фотоэлектрический модуль 2, установленный на стойке 5 и имеющий возможность вращаться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости за счет использования шарнирного кронштейна 4. При этом угол наклона относительно горизонта контролируется с помощью транспортира 9. Электрическая энергия, вырабатываемая фотоэлементом, питает насос 7, который перекачивает воду из одной емкости 8 в другую. Отключение насоса от питания осуществляется с помощью выключателя 6.

Лабораторный стенд позволяет проводить исследования влияния угла наклона фотоэлектрического модуля на объем и параметры (ток, напряжение) вырабатываемой электроэнергии и на производительность насоса, определять КПД фотоэлектрического модуля и в целом ФЭНС и выполнять другие исследования. Использование стенда позволяет более эффективно изучать альтернативные источники энергии и осваивать компетенции, касающиеся навыков проведения научных исследований.

Библиографический список

1. Основы научных исследований : учебное пособие / под ред. И. Н. Кравченко. – СПб. : Изд-во «Лань», 2015. – 304 с.
2. Фомин, А. В. Разработка концепции фотоэлектрической насосной станции для подсобного хозяйства : дипломная работа по специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства / А. В. Фомин ; науч. рук. к. т. н., доцент А. В. Виноградов ; Орловский государственный аграрный университет. – 2015. – 93 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента, А. В. Виноградова*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А. С. Грабко, М. В. Клепинов

В России преобладающим источником получения электроэнергии является природный газ (около 40%), а на долю угля приходится только 18% получаемой энергии, доля нефти не превышает 10%.

В мировом масштабе гидроресурсы обеспечивают получение около 5-6% электроэнергии, атомная энергетика дает 17...18% электроэнергии. Причем в ряде стран она является преобладающей в энергетическом балансе (Франция – 74%, Бельгия – 61%, Швеция – 45%).

Тепловые электростанции в наибольшей степени «ответственны» за усиливающийся парниковый эффект и выпадение кислотных осадков. Они, вместе с транспортом, поставляют в атмосферу основную долю техногенного углерода (в основном в виде CO_2), около 50% двуокиси серы, 35% – окислов азота и около 35% пыли. Имеются данные, что тепловые электростанции в 2–4 раза сильнее загрязняют среду радиоактивными веществами, чем АЭС такой же мощности.

Хотя в настоящее время значительная доля электроэнергии производится за счет относительно чистых видов топлива (газ, нефть), однако закономерной является тенденция уменьшения их доли. По имеющимся прогнозам эти энергоносители потеряют свое ведущее значение уже в первой четверти XXI столетия.

Не исключена вероятность существенного увеличения в мировом энергобалансе использования угля. По имеющимся расчетам, запасы углей таковы, что они могут обеспечивать мировые потребности в энергии в течение 200...300 лет. Поэтому закономерно ожидать увеличения доли углей или продуктов их переработки (например, газа) в получении энергии, а, следовательно, и в загрязнении среды. Угли содержат от 0,2

до десятков процентов серы в основном в виде пирита, сульфата, закисного железа и гипса. Имеющиеся способы улавливания серы при сжигании топлива далеко не всегда используются из-за сложности и дороговизны. Поэтому значительное количество ее поступает и, по-видимому, будет поступать в ближайшей перспективе в окружающую среду. Они же являются ядрами конденсации для паров воды и формирования осадков; а, попадая в органы дыхания человека и других организмов, вызывают различные респираторные заболевания.

Имеются данные, что если бы вся сегодняшняя энергетика базировалась на угле, то выбросы CO , составляли бы 20 млрд. т/год (сейчас они близки к 6 млрд. т/год). Это тот предел, за которым прогнозируются такие изменения климата, которые обусловят катастрофические последствия для биосферы.

Библиографический список

1. Волков, Э. П. Методические принципы обоснования развития электроэнергетики России в условиях ее либерализации / Э. П. Волков, В. А. Баринов // Изв. РАН. Энергетика. – 2006. – № 6. – С. 14 – 19.
2. Воронков, Н. А. Экология общая, социальная, прикладная : учебник для студентов высш. учеб. заведений, пособие для учителей / Н. А. Воронков. – М. : Агар, 1999. – 424 с.
3. Хандогина, Е. К. Экологические основы природопользования : учеб. пособие / Е. К. Хандогина. Н. А. Герасимова. – М. : ФОРУМ – ИНФРА-М, 2007. – 160 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА, КАК ВАРИАНТ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Ю. Кобелева, Аль Мансури Мухамед Хусейн

Одна из основных проблем в электроснабжения фермерских хозяйств, приусадебных и дачных участков в Тамбовской области связана с рядом обусловленных трудностей в подводе электроэнергии от существующих линий электропередач, сооружений дополнительных трансформаторных подстанций, решения целого ряда организационных вопросов. Удаленность таких объектов от системы электроснабжения требуют повышенных капитальных вложений на электрификацию. Существует проблема, характеризующаяся частыми отключениями подачи электрической энергии на достаточно длительное время. Все эти факторы увеличивают привлекательность альтернативных вариантов автономного электроснабжения.

Для районов Тамбовской области, где среднегодовые скорости ветра варьируют в интервале 6...3 м/с. Максимум среднегодовой скорости ветра в этом регионе не имеет характерной выраженности (рис. 1).

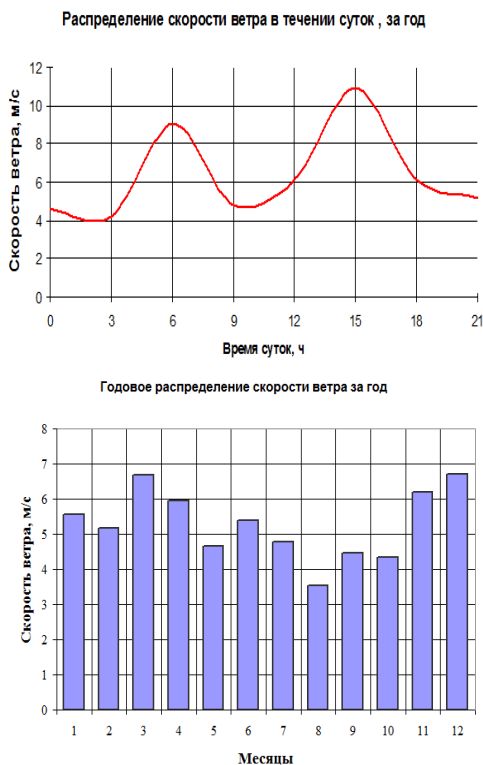


Рис. 1. Годовое распределение скорости ветра в течении суток и за год в Тамбовской области

Из данных Тамбовских районных электрических сетей о распределении электрической энергии в течение года (рис. 2) следует, что наивысшая активность в электропотреблении совпадает с наивысшей ветровой активностью.

Известно, что мощность, вырабатываемая ветрогенераторами, напрямую зависит от скорости ветра. Проанализировав полученные данные (рис. 1), можно сделать вывод, что наибольшая выработка электрической энергии будет в утреннее и вечернее время, а также в осеннее и зимнее время. Сопоставив показания на рис. 1 и рис. 2, мы видим, что применение ветрогенераторов можно использовать как автономный источник электро-снабжения для фермерских хозяйств, приусадебных и дачных участков на территории Тамбовской области.

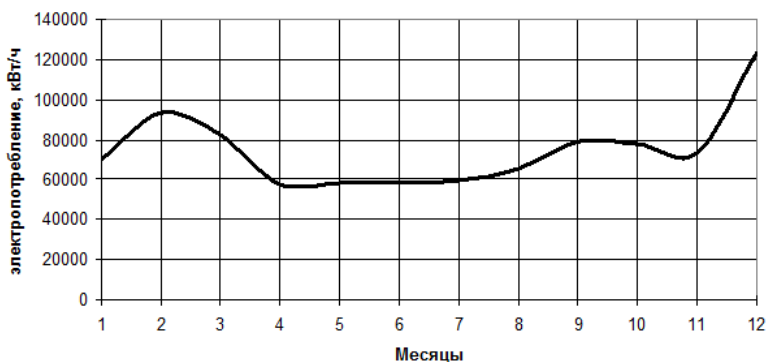


Рис. 2. Годовое электропотребление жилого сектора района Тамбовской области

Один из немало важных факторов в пользу использования ветровой энергии – это возможность уменьшать нагрузку на традиционную электрическую сеть за счет вырабатываемой энергией от ветрогенератора, источников электроснабжения.

Но для более подробного изучения возможностей применения ветрогенераторов в вопросе эффективности использования альтернативного варианта автономного электроснабжения в условиях региона требуется проведение научно-исследовательской работы и разработка необходимых методик.

Библиографический список

1. Кобелев, А. В. Повышение эффективности систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии: автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.09.03) / А. В. Кобелев // Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2004. – 13 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Ю. Кобелева, Аль Мансури Мухамед Хусейн

В агропромышленном комплексе Тамбовской области производится более 20% валового регионального продукта. В селе проживает более 42% населения области. [1] Одна из основных задач развития агропромышленных предприятий – повышение надежности и эффективности обеспечения энергоресурсами, прежде всего газом и электроэнергией.

Любое инновационное предприятие, как правило, использует современное высокотехнологическое и дорогостоящее оборудование, у которого система электропитания должна отвечать требованиям качества и надежности поставки электрической энергии. Однако значительная часть сельских распределительных сетей изношена, что связано с медленными темпами их обновления.

Проведенные испытания на сельскохозяйственных объектах показывают несоответствие качества электрической энергии требованиям ГОСТ 32144–2013. Одним из основных показателей несоответствия качества электрической энергии нормам является установившееся отклонение напряжения (рис. 1).

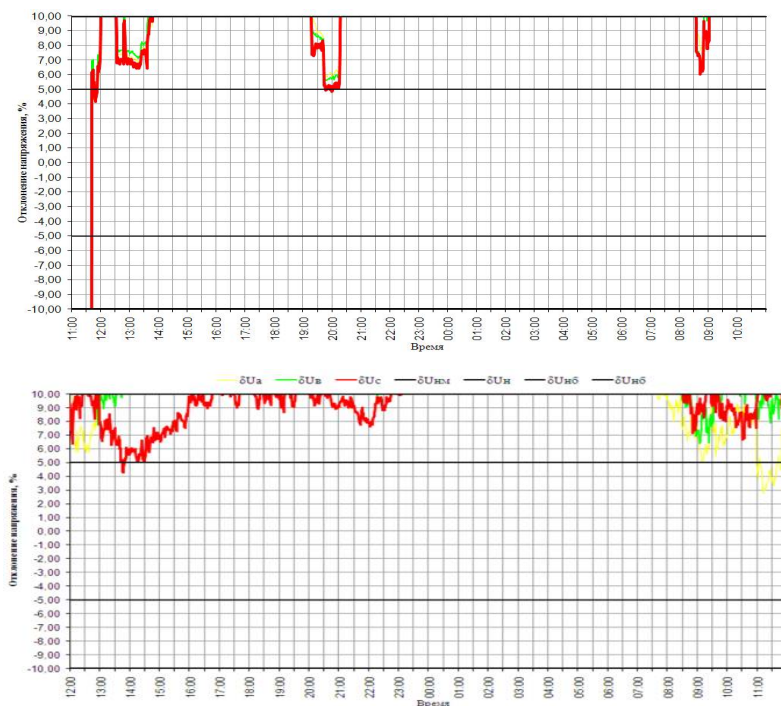


Рис. 1. Изменение значения установившегося отклонения напряжения в течение суток

В сложившейся ситуации является целесообразным исследование вопроса эффективности автономных источников электроснабжения на территории Тамбовской области.

Электроснабжение агропромышленных предприятий может быть осуществлено путем использования биогазовых установок. Можно сде-

лать вывод, что среди наиболее эффективных направлений для Тамбовской области можно считать использование биотоплива, а именно, преобразование энергии отходов биологического происхождения (растительные остатки, отходы животноводства, продукты жизнедеятельности человека бытовые отходы и т.п.) в энергию, содержащуюся в биогазе, с помощью биогазовых установок в результате анаэробной ферментации.

Однако, эффективность использования биогазовых установок в большой степени зависит от сезонной и суточной неравномерности потребления энергии. Генерация и объемы добычи биогаза в течение года относительно стабильны, тогда как электрические и тепловые нагрузки подвержены значительным колебаниям по сезонам и времени суток. Вследствие этого в отдельные периоды расход утилизируемого биогаза будет недостаточен для покрытия пиковых нагрузок, а при спаде потребляемых мощностей – избыточен. Эффективность использования биогаза может быть существенно повышена за счет более полной и равномерной загрузки мощностей газотермических установок (ГТУ).

Но для более подробного изучения возможностей применения ГТУ в условиях региона требуется проведение научно-исследовательской работы и разработка необходимых методик.

Библиографический список

1. Общая характеристика агропромышленного комплекса Тамбовской области [Электронный ресурс] // Инвестиционный паспорт Тамбовской области [Офиц. сайт]. URL : http://invest-tambovregion.ru/obschaja_harakteristika_selskogo_hozjajstva.html (дата обращения : 02.12.2015).

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДНОГО УЧАСТКА АНГЦ 3 ЦЕХА ПХПП ОАО «НЛМК»

А. В. Кокорев

В данной работе рассмотрена система автоматического управления выходного участка АНГЦ 3. Система основана на преобразователях частоты Simover, программируемых логических контроллерах Simatic S-7 400, связь на полевом уровне осуществляется сетью Profibus DP, связь на уровне контроллеров осуществляется сетью Ethernet. Система автоматического управления данного агрегата довольно сложна, поэтому рассмотрим только выходную часть агрегата, состоящую из станции натяжения и двух моталок.

Данный объект является современным и имеет полный автоматический цикл, но его оборудование подлежит моральному износу, и следует

его дальнейшая модернизация. В связи с этим можно предложить следующие варианты модернизации агрегата:

1) замена преобразователей частоты Simovert на современные преобразователи Sinamics;

2) замена программируемых логических контроллеров серии Simatic S-7 400 на современные аналоги Simatic S-7 1500;

3) замена сетей Profibus DP и Ethernet, на сеть Profinet.

Основной прием замены программируемых контроллеров, так как это позволит уменьшить количество контроллеров с трех до одного в выходной части агрегата. Также это приведет к замене сетей Profibus DP и Ethernet на сеть Profinet. Это позволит уменьшить количество контроллеров, т.е. увеличить надежность системы и простоту ее обслуживания. Также это позволит перейти от оборудования, которое на данный момент может уйти с производства, на более современные аналоги.

*Работа выполнена под руководством
профессора В. Н. Мещерякова*

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ИНВЕРТОРАМИ

Д. А. Колесников

В связи с бурным техническим прогрессом стали востребованы инверторы с большим диапазоном выходных частот, как для электропривода, так и для других электрических установок, что делает инвертор универсальным. Например, индукционный нагрев различных металлов.

Для этого был построен экспериментальный высокочастотный однофазный инвертор напряжения. Схема управления собрана на ШИМ генераторе, который выдавал стабильные двухполярные ШИМ сигналы на ключи.

Произведены испытания инвертора на активную и индуктивную нагрузку. В ходе испытаний инвертор работал устойчиво и не давал сбоев на всем диапазоне регулирования выходной частоты.

В дальнейшем планируется сделать схему управления на основе синусоидальной ШИМ, так как при ее использовании выходной ток инвертора будет близок к синусоиде. Это благотворно повлияет на работу приемников данного инвертора.

Также рассматривается управление инвертора по принципу релейного регулятора напряжения (РРН). С его помощью можно добиться на выходе инвертора максимально приближенного синусоидального тока и напряжения.

*Работа выполнена под руководством
профессора В. Н. Мещерякова*

ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ 6...10 кВ КИРОВСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

А. А. Костицын

С каждым днем потребление электроэнергии, несомненно, растет, но на сегодняшний день в энергетике много проблем, требующих решения. Наряду с высоким процентом износа оборудования имеется проблема надежности электроснабжения, то есть непрерывного обеспечения потребителей электроэнергией заданного качества.

С целью выявления основных причин повреждаемости оборудования собрана и проанализирована статистика повреждений в сетях 6...10 кВ Кировской энергосистемы за последние три года.

Как показали исследования, за 3 года в энергосистеме произошло 116 аварийных отключений, из которых около 43% составляют аварийные отключения из-за повреждений на воздушных и кабельных ЛЭП и около 10% – на распределительных устройствах (РУ).

Основными причинами повреждений на воздушных линиях являются гроза и сильный ветер, на кабельных линиях – старение изоляции. Немаловажную роль играет человеческий фактор. Так, 1,1% повреждений произошли из-за ошибок персонала, 2,2% – из-за несанкционированной валки деревьев. Кроме того, в 2,2% случаях причиной отключения воздушной линии становилось перекрытие изоляции проводов птицами.

Основными причинами повреждений в распределительных устройствах являются выгорания высоковольтных предохранителей, которые составляют около 48% всех повреждений в РУ, повреждение линейных разъединителей – около 31% и пробой изоляции – около 16%. Следует отметить, что в распределительных устройствах есть единичные случаи отключения из-за повреждения силового трансформатора, ошибок персонала при производстве плановых оперативных переключениях и перекрытия изоляции залетевшими в РУ птицами.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента Е. И. Кушковой*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КВАЗИПОСТОЯННЫХ ТОКОВ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

М. П. Крюковский, А. А. Кабанов

Причиной возникновения квазипостоянных токов (КПТ) в системах электроснабжения (СЭС) являются геомагнитные бури (ГМБ). Основное воздействие КПТ на СЭС заключается в насыщении магнитной системы силовых трансформаторов и влиянии на пропускную способность линий электропередач (ЛЭП). Наиболее сильному влиянию ГМБ подвержены

системообразующие ЛЭП с номинальным напряжением 220 кВ и выше, основным режимным параметром которых является пропускная способность по условиям статической устойчивости. Изменение пропускной способности ЛЭП может служить одной из причин возникновения системных аварий в СЭС, из-за понижения уровней напряжения, протекания высших гармоник тока и напряжения, ложных срабатываний релейной защиты и автоматики.

На рисунке 1 показана принципиальная схема, связывающая ЭЭС₁ и ЭЭС₂ с напряжениями $\dot{U}_1, \dot{U}_2$ соответственно на шинах бесконечной мощности.

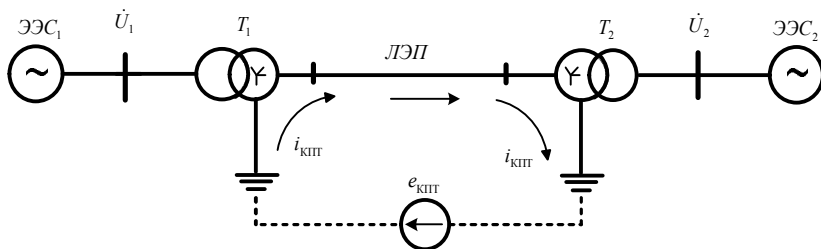


Рис. 1. Принципиальная схема межсистемной электропередачи

Нейтрали обмоток высокого напряжения силовых трансформаторов T_1 и T_2 заземлены. Последнее обстоятельство обуславливает уязвимость рассматриваемой ЛЭП к воздействию КПТ, которые, протекая по заземленным обмоткам ВН силовых трансформаторов T_1 и T_2 , вызывают одностороннее насыщение магнитных систем. В результате многократно возрастает проводимость ветви намагничивания силовых трансформаторов T_1 и T_2 , оказывая влияние на пропускную способность ЛЭП.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора В. В. Вахниной*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6...10 кВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ

А. П. Медведев

В сложившихся условиях постоянно ухудшающегося технического состояния электрических сетей 6...10 кВ сельскохозяйственного назначения из-за хронического отсутствия средств на их своевременный и качественный ремонт на первый план выдвигается проблема поддержания их безопасности и бесперебойной работоспособности, что в конечном итоге выльется в энергосберегающий эффект.

Статистические данные указывают на то, что самым ненадежным элементом электрической сети 6...10 кВ являются изоляторы. Известно, что однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) составляют примерно 75% от общего числа повреждений ВЛ [1]. Такие замыкания вызывают разрушение железобетонных опор, пожары, и поражения электрическим током людей и животных.

Требования ПУЭ допускают работу линии с ОЗЗ, однако в современных экономических условиях развития электроэнергетики требования ПУЭ надо рассматривать как минимальные.

В энергонасыщенных производствах агропромышленного комплекса ущерб от аварий, вызванных или инициированных ОЗЗ, может исчисляться миллионами рублей. Это делает экономически оправданным не только применение надежных селективных защит от ОЗЗ, но и проведение непрерывного мониторинга состояния изоляции за счет постоянного контроля за токами утечки отходящих линий.

Большая часть ОЗЗ не возникают внезапно (за исключением случаев действительно внезапных и случайных внешних воздействий), и будущее повреждение, как правило, происходит в результате развития скрытого дефекта изоляции, возникшего при изготовлении, монтаже, ремонте или эксплуатации электрооборудования.

Большинству «устойчивых» ОЗЗ, как правило, предшествуют кратковременные неустойчивые пробои изоляции длительностью (от 1 до 10 мс), сопровождающиеся значительными по продолжительности бестоковыми паузами (от 1 до 17 минут). Время от первого кратковременного пробоя до возникновения устойчивого ОЗЗ составляет от 1 минуты до 10 суток и более [2].

Исключить возможность внезапного повреждения изоляции из-за ее износа и обеспечить тем самым возможность предотвращения развития более тяжелых аварий можно, только осуществляя непрерывный контроль состояния изоляции.

Существующий в настоящее время коммутационный способ контроля состояния изоляции сети не получил широкого распространения, так как он требует изменения принятой схемы включения всех трансформаторов напряжения нулевой последовательности (ТННП) в составе защищаемой сети (следует отсоединить от земли среднюю точку «звезды» первичных обмоток ТННП). Это приведет к выводу из работы традиционной неселективной защиты от ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности, а значит нельзя будет использовать направленную защиту от ОЗЗ, цепи напряжения которой включаются на напряжение нулевой последовательности.

Таким образом, разработка новых способов и средств, позволяющих прогнозировать развивающиеся ОЗЗ, является актуальной задачей, требующей дополнительных, специальных исследований, направленных на повышение безопасности и надежности системы электроснабжения.

Библиографический список

1. Лихачев, Ф. А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов / Ф. А. Лихачев. – М. : Энергия, 1971. – 152 с.
2. Шуцкий, В. И. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок / В. И. Шуцкий, В. О. Жидков, Ю. Н. Ильин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 151 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н., доцента Е. А. Печагина*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Молоканов, Э. Г. Гаджиев

Биогаз преимущественно состоит из метана (CH_4). Это тот же горючий газ, младший в ряду углеводородов, из которого преимущественно состоит так называемый «природный газ». Только в природном газе метана более 90%, а в биогазе – 45....75%. В жидкое состояние метан переходит при температуре $-161,6^\circ\text{C}$.

Поэтапно разберем проблемы, возникающие при получении биогаза.

Первое – загруженность рынка. Опираясь на последние данные, в Тамбовской области отсутствуют работающие биогазовые установки. В России только в 2009 году введена в эксплуатацию первая из них. Приходим к выводу, что рынок практически пуст.

Второе – постоянное сырье. ООО «Тамбовский бекон» является дочерним предприятием ОАО «Группа компаний «Русагро», которое зарегистрировано на территории области в 2010 году и реализует крупномасштабный проект по строительству свиноводческого комплекса в четырех районах Тамбовской области: Жердевском, Сампурском, Знаменском и Тамбовском. Приходим к выводу о том, что сырье присутствует.

Третье – рентабельность. Биогазовая установка средних размеров обойдется в 500 тыс р. На один завод с учетом того, что в нем 42000 голов, нужно не менее 10 таких установок. Начальные вложения колоссальные. При данном количестве голов эквивалент возможной вырабатываемой электрической энергии до 1159 кВт·ч. Дополнительно вырабатываемая тепловая энергии, до 1352 кВт·ч. Стоит отметить, что получение только электрической энергии не эффективно. Для решения этой проблемы используют когенерационные электростанции, функционирующие на базе микротурбинного оборудования.

Интерес к подобным установкам вызван их уникальными техническими свойствами, например, возможностью их работы без газоподготов-

ки на разнообразных типах топлива. Микротурбинное оборудование, функционирующее в когенерационном режиме, позволяет почти на четверть нарастить эффективность использования топлива и вдвое снизить эксплуатационные затраты (в сравнении с традиционными газопоршневыми устройствами).

Еще более перспективной и экономически выгодной следует признать выработку электричества из биологического газа с использованием топливных элементов. В данном случае обеспечивается прямое преобразование газа в электроэнергию, не требующее его сжигания. Помимо более высокой экологической чистоты процесса достигается более высокий его КПД. Топливные элементы в данном случае являются простыми ячейками (своеобразными аккумуляторами), в которых идут химические реакции горючих веществ с окислителями. Вследствие этих реакций вырабатывается электричество. Однако до конца задача эффективного использования биологического газа в топливных элементах пока не разрешена, поскольку их мембраны подвержены разрушению ввиду воздействия содержащихся в биогазе веществ.

Иностранная научная периодика свидетельствует о том, что в данное время исследования, связанные с поиском материалов для выполнения мембран, находятся в завершающей стадии. В частности, установлено, что малую восприимчивость к загрязнению имеют высокотемпературные материалы. Присутствие CO_2 в составе биогаза (15...50%) позволило немецким специалистам применить при производстве электроэнергии топливные компоненты группы MCFC, способные функционировать в среде, создаваемой биогазом. На катод таких компонентов, имеющих КПД 49%, подается биогаз, а на анод – кислород.

В заключение стоит отметить, что показатель себестоимости получения из биологического газа по схеме когенерации 1 кВт·ч электрической энергии составляет 0,16...0,25 р. Однако, если применять газ исключительно для выработки электричества, то его себестоимость превысит себестоимость сетевой электроэнергии примерно на 35%. Гораздо выгоднее обеспечить переработку отходов на биогазовой установке с обеспечением одновременного получения: газа, тепла, электричества, топлива для автомашин, биологических удобрений.

Библиографический список

1. http://royallib.com/book/severilov_pavel/biogaz_dlya_chaynikov.html.
2. Барбара Эдер. Биогазовые установки : практическое пособие / Барбара Эдер, Хайнц Шульц. – 1996. – С. 150 – 162.
3. <http://www.turbinist.ru/15761-primeneniye-metana-ch4-v-bytu.html>.
4. <http://alternativenergy.ru/raschet-biogazovoy-ustanovki.html>.
5. <http://biogaz-russia.ru/ehlektroehnergiya-iz-biogaza/>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

А. В. Носуров

В данной статье поднимается один из основных вопросов, связанный с использованием средств нетрадиционной энергетики в агропромышленном комплексе страны и Тамбовской области.

Сельское хозяйство является энергоемкой отраслью народного хозяйства, которая потребляет до 15% всего добываемого органического топлива. Энергоснабжение отрасли основано на использовании топливно-энергетических ресурсов. Однако ограниченные запасы топлива и постоянный рост затрат на их использование создают определенные сложности для эффективного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, которое должно быть надежным, качественным и экономичным. Для экономии топлива и снижения затрат на энергоснабжение в некоторых регионах нашей страны используют энергию ветрового потока.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) могут располагаться в местах, не предназначенных для посевов, но расположенных рядом с объектами потребления. Их также можно размещать и на территории пастбищ, полей, ферм и других объектов сельского хозяйства. ВЭУ меньше подвержены вандализму, занимают малые территории в связи с наличием на поверхности земли только одного элемента – мачты. В связи с вышесказанным внедрение автономных ветроэнергетических установок в АПК Тамбовского региона может обеспечить полным или частичным энергоснабжением небольшие объекты, фермы или малые цеха с целью развития инфраструктуры области.

Библиографический список

1. Безруких, П. П. Использование энергии ветра / П. П. Безруких. – М. : Колос, 2008. – С. 9 – 158.
2. Твайдел, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр ; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – С. 195 – 242.
3. Соломин, Е. В. Технические особенности и преимущества ветроэнергетических установок / Е. В. Соломин, Р. Л. Холстед // Альтернативная энергетика и экология. – М. : НИИЭС, 2010. – № 1. – С. 36 – 41.

ВЛИЯНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ НА ДЕМПФИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В. В. Пикалов, Д. С. Сибицев

Демпфирующая способность электропривода в двухмассовой электромеханической системе в зависимости от жесткости механической характеристики при пренебрежимо малой индуктивности или частоте сво-

бодных колебаний, соответствующих гибко подвешенному грузу, показана на рис. 1. Из рисунка видно, что определенной оптимальной жесткости соответствует оптимальное демпфирование $\lambda_{\text{опт}}$. В случаях, когда индуктивность пренебрегать нельзя (при инерционных механизмах) $\lambda_{\text{опт}}$ снижается. Таким образом, индуктивность якорной цепи в системах электроприводов отрицательно сказывается на времени переходных процессов и демпфирующей способности электропривода. При определенных сочетаниях $T_{\text{я}}$ и $T_{\text{м}}$ ($4T_{\text{я}} > T_{\text{м}}$) возникают колебательные переходные процессы, которые отрицательно сказываются на работе механизма. Вместе с тем, индуктивность силовых цепей положительно сказывается на демпфирующей способности, особенно при малых $\gamma = (J_1 + J_2)/J_1$, т.е. в области, где менять демпфирование другими способами невозможно (рис. 2, $\lambda_{\text{опт2}} > \lambda_{\text{опт1}}$).

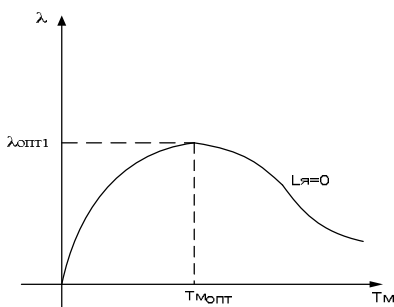


Рис. 1. $\lambda = f(T_{\text{м}})$ при различных $L_{\text{я}}$

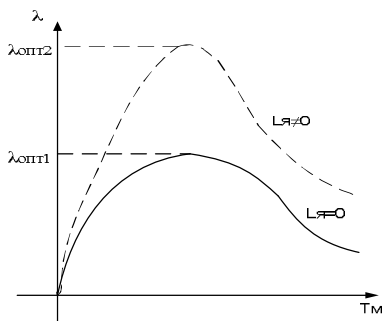


Рис. 2. $\lambda = f(T_{\text{м}})$

Изменять индуктивность можно только в замкнутых системах, ограничивая влияние гибкой связи по току. С другой стороны, в системах подчиненного регулирования при малых γ можно влиять на демпфирующую способность посредством компенсации регулятором тока электромагнитной постоянной времени $T_{\text{я}}$.

*Работа выполнена под руководством
д. т. н., профессора В. Н. Мещерякова*

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И. С. Попов, Н. А. Безверхний

Внедрение интеллектуальной сети (*Smart Grid*) способно вывести электроэнергетику России на качественно новый уровень, а именно существенно повысить надежность и экономичность функционирования и развития ЕЭС России, улучшить качество электроэнергии и обслуживания потребителей электрической энергии при ее удешевлении и сопутствующих услуг.

Энергетическая система на базе концепции *Smart Grid* должна обладать возможностью дифференцировать услуги электроснабжения посредством предложения разных уровней надежности и качества электроснабжения по разной цене, обеспечивая в режиме реального времени мониторинг, диагностику и быструю реакцию на изменения надежности и качества электроснабжения.

Уровень надежности электроснабжения в интеллектуальных сетях может варьироваться от «стандартного» до «премиум» в зависимости от предпочтений потребителя. Управление различными уровнями надежности электроснабжения должно обеспечиваться оперативным устранением аварийных режимов в сети. При этом функция *Smart Grid* заключается в оперативном определении причин и источников снижения надежности и качества электроснабжения, а также возможности устранения этих причин быстро и эффективно.

Интеллектуальные технологии, обеспечивающие двусторонние коммуникации и интегрированные в сеть, позволят энергетическим компаниям более оперативно определять, локализовать, изолировать и восстанавливать электроснабжение на расстоянии (удаленно) без привлечения «полевых» работников. Ожидается, что реализация концепции *Smart Grid* позволит снизить экстренные вызовы до 50% [1].

Удаленный мониторинг и контролирующие устройства системы могут создать самовосстанавливающуюся сеть, которая способна сокращать и предотвращать перебои, а также продлевать срок службы подстанционного и распределительного оборудования. Однако для реализации интеллектуальной сети необходимы большие скоординированные усилия. Это обеспечить прорыв на качественно новом технологическом уровне, по последствиям сопоставимым с созданием ЕЭС СССР.

Интеллектуальная сеть в своем составе должна содержать технические средства коррекции параметров электрических сетей, системы сбора, передачи и обработки информации, быстродействующие программы оценки состояния (текущего режима) и прогнозирования режимов энергосистемы, а также гибкую систему управления (сочетание централизованного и локального управления). При проектировании интеллектуальных электрических сетей, которые в автоматическом режиме должны выявлять наиболее аварийно опасные участки сети, а затем с целью предотвращения аварии и снижения потерь изменять характеристики и схему сети, основной проблемой является информация о надежности сетей.

Особенностью определения показателей является то, что на надежность работы электрических сетей влияет большое количество различных факторов: конструкции опор, типы проводов, сроки эксплуатации, климатические условия т.д.

В настоящее время для оценки надежности энергетических сетей используются показатели надежности из справочников и книг. Однако эти

показатели слишком усреднены по регионам, временам года и т.д. Поэтому результаты расчета не могут достоверно отображать реальную ситуацию и соответственно обоснованно проводить мероприятия по повышению надежности энергообеспечения и снижению аварийных режимов.

Очевидно, что определение достоверной информации о надежности электрических сетей необходимо в первую очередь внедрять информационно-измерительные системы (ИИС) учета аварий и накопления статистических данных для вычисления показателей надежности. ИИС в своем составе должны содержать измерительные преобразователи, устройства коммутации, каналы передачи и защиты информации, устройства обработки информации, устройств защиты и управления [1].

Для технической реализации ИИС, которые будут являться частью интеллектуальных электрических сетей, необходим анализ надежности основных элементов системы электроснабжения и существующих методов оперативной оценки показателей надежности. Эта информация необходима для обоснованного выбора структурной схемы ИИС, ее аппаратного состава и алгоритма обработки информации.

Библиографический список

1. Доронина, О.И. Информационно-измерительная система мониторинга надежности воздушных линий электропередач: дис. ... канд. техн. наук (05.11.16) / О. И. Доронина ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2014.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЫТОВОЙ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Р. В. Рузанов

Рынок электроэнергии в России на данный момент состоит из двух основных секторов: оптового и розничного. Участниками оптового рынка являются крупные потребители и генераторы электроэнергии. Одной из особенностей функционирования оптового рынка электроэнергии является необходимость планирования электропотребления крупными покупателями на сутки вперед. В связи с этим возникает потребность в программном обеспечении, позволяющем с высокой точностью составлять прогнозы электропотребления на краткосрочный период. Таким образом обеспечивается экономическая эффективность работы предприятий на оптовом рынке.

Предметом данного исследования является разработка модели прогнозирования электропотребления энергосбытовой компании на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

В ходе исследования решались такие задачи как выбор архитектуры нейронной сети, выбор способа ее обучения и выбор программной среды для построения сети. Прорабатывался вопрос о возможности использования информации о погодных условиях, влияющих на электропотребление, для более точного прогнозирования.

В результате исследования для построения модели ИНС была выбрана программная среда Matlab, так как она является наиболее простой для работы и в то же время имеет значительный функционал. Архитектура сети выбрана, исходя из поставленных задач, поэтому выбор пал на сеть с возможностью параллельных вычислений. Из всех видов обучения наиболее эффективным оказалась регуляризация Байеса, поэтому в окончательном варианте именно этот алгоритм принят для обучения.

Испытание ИНС на тестовой выборке данных показало, что наибольшая точность, с которой могут составляться прогнозы электропотребления, достигает 2,1%, что, в свою очередь, является хорошим результатом в сравнении с иными программными комплексами. Данные результаты позволяют говорить о том, что ИНС способна обеспечить эффективную работу энергосбытовой компании на оптовом рынке электроэнергии.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

А. В. Синюков

Реализация энергосбережения в электроприводе влечет за собой уменьшение потребляемой из сети электроэнергии. Системы управления электроприводами с каждым годом совершенствуются, что ведет к повышению их быстродействия и зачастую к уменьшению габаритов.

В настоящее время растет интерес к искусственному интеллекту и, как следствие, к устройствам, содержащим элементы, работающие на принципах нечеткой логики [1 – 3]. Часто необходимые параметры не доступны для непосредственного измерения, а определение их косвенным путем влечет за собой постоянно накапливающуюся ошибку измерения. При исследовании имеющейся системы необходимо определить «точку» наименьшего энергопотребления, например, минимальное значение тока статора. Затем выявить составляющие, влияющие на изменение данного параметра. Определить сигнал, который можно корректировать для обеспечения минимизации выбранного критерия энергосбережения. В качестве устройства, работающего на принципах нечеткой логики, возможно применение нечеткого регулятора, на выходе которого формируется необходимый сигнал коррекции в зависимости от условий поступающих на его входы. Реализация данных алгоритмов возможна на языке C++, с которым работают современные контроллеры.

Библиографический список

1. Зак, Ю. А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии / Ю. А. Зак. – М. : Книжный дом «Либроком», 2012. – 352 с.
2. Takagi, T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. SystemsManCybernet. – 1985. – № 116.
3. Гибридные сети в электроприводе / В. Н. Мещеряков, П. Н. Левин, Т. В. Синюкова, А. В. Синюков // Сб. материалов докл. XXI Междунар. науч.-техн. конф. «Информационные системы и технологии» ИТС-2015. – Нижний Новгород, 2015. – С. 155.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя Т. В. Синюковой*

ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ И СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

А. В. Синюков

Использование в электроэнергетике альтернативных источников энергии является актуальной темой исследования. В настоящее время данное направление получило широкое изучение, так как рациональное применение возобновляемых источников обеспечивает экономический эффект.

В районах Центрального Черноземья средняя скорость ветра составляет примерно 4 м/с, продолжительность солнечного сияния составляет около 1700 ч/год, геотермальная активность в данном районе невысокая. В связи с этим отдельное использование одного из источников альтернативной энергии зачастую не приносит в данном регионе желаемого результата.

Применение стандартных ветрогенераторов с начальной скоростью ветра, необходимой для осуществления выработки электроэнергии, 3...6 м/с не позволит получить на выходе существенное количество энергии [1, 2] в связи с низкой активностью ветра. Однако применение появившихся в настоящее время ветрогенераторов с вертикальной осью вращения и начальной скоростью ветра, необходимой для выработки электроэнергии, около 1 м/с, позволяет добиться неплохих результатов.

Наиболее перспективным в данном регионе будет применение двух видов альтернативных источников энергии. Предлагаемая установка сочетает в себе два типа генерирующих устройств, преобразующих энергию

солнца и ветра. Данный источник энергии может найти применение, например, для покрытия собственных нужд предприятия ограниченной мощности, в частном секторе, что позволит снизить потребление электроэнергии из питающей сети, обеспечивая энергосбережение.

Библиографический список

1. Германович, В. Альтернативные источники энергии / В. Германович, А. Турилин. – М. : Изд-во : Наука и техника, 2011. – 320 с.
2. Ветроэнергетика / В.М. Каргиев и др. – СПб. : Интерсоларцентр, 2001. – 62 с.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя Л. Н. Языковой*

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А. В. Сурин, М. Г. Егоров

Проблема живучести заслуживает особого рассмотрения в связи с авариями, ведущими к исключительно серьезным последствиям. Тяжелый режим чаще всего возникает при выходе из работы отдельных линий или станций, в результате чего в системе устанавливаются состояния с непредвиденной топологией и перетоками мощности. Последствия от таких режимов должны быть изучены и учтены с целью обеспечения как надежной, так и экономичной работы объединения. Их исследование в настоящее время осуществляется путем моделирования большого множества системных аварий в межсистемных связях [1].

Надежность и эффективность функционирования электрических систем неразрывно связаны с поддержанием качества электрической энергии.

Дело в том, что для электропитания современного оборудования все чаще используются встроенные импульсные источники питания, представляющие собой нелинейные нагрузки, сопротивление которых изменяется с течением времени.

Решить проблемы надежности и эффективности электрических сетей не возможно без моделирования питающих сетей, позволяющего производить глубокий анализ сложных процессов распространения гармоник в сетях.

Выяснено [2], что коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (K_U) является величиной, зависящей от многих случайных факторов, связан с полем событий, характеризуется таблицей вероятностей:

$$\left(\begin{matrix} K_{U_1}; K_{U_2}; K_{U_3}; \dots; K_{U_n} \\ P_1; P_2; P_3; \dots; P_n \end{matrix} \right), \quad (1)$$

где $K_{U_1}; K_{U_2}; K_{U_3}; \dots; K_{U_n}$ – различные значения в течение суток коэффициента K_U , %; $P_1; P_2; P_3; \dots; P_n$ – вероятности появления значений этого коэффициента.

Однако следует также учитывать и различать гармоники в установившихся режимах, когда форма кривой не изменяется, и гармоники в переходных режимах, когда форма кривой существенно меняется от цикла к циклу. Экспериментальные исследования появления гармоник и их анализ в переходных режимах указывают на специфическую природу этих процессов в электрических сетях, не укладывающихся в традиционные рамки известных случайных моделей. Это затрудняет понимание механизма распространения гармоник тока и напряжения в электрических сетях. Известно, что динамика многих детерминированных нелинейных систем не поддается описанию в терминах классических колебательных систем, но и не является случайной, стохастичной. Важным является и то, что взаимная зависимость элементов электрических систем приводит к немарковости случайных процессов, протекающих в них. Для адекватного описания таких процессов и систем необходимо использования специальных методов, например – фрактального анализа. Характерным для описания этих процессов являются обнаруженные свойства самоподобия или масштабной инвариантности статистических характеристик.

Библиографический список

1. Арзамасцев Д. А. Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем / Д. А. Арзамасцев. – Свердловск : Изд-во УПИ, 1984. – 82 с.
2. Ордабаев, М. Е. Повышение электромагнитной совместимости в системах электроснабжения при гармоническом воздействии : автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.09.03) / М. Е. Ордабаев // Московский энергетический институт. – М., 2009.

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПОДСТАНЦИИ С СИНХРОННОЙ НАГРУЗКОЙ ПРИ СНИЖЕНИИ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

А. П. Трушин, Аль Срайеф Зейнаб Хасан Шантаф

Назначение подсистемы релейной защиты и автоматики – выявление повреждений и ненормальных режимов электрической сети и принятие мер к отключению поврежденного участка либо устранению ненормаль-

ного режима работы. Работа РЗА в узлах нагрузки с синхронными двигателями подробно рассмотрена в [2]. Выбор параметров срабатывания защит электродвигателей рассмотрен в [1] и [3].

В результате проработки проектной документации на подстанции НПС магистральных нефтепроводов, а также данных, приведенных в [2], можно сделать вывод, что подсистема РЗА на подстанции насосной станции обеспечивает следующие основные функции защиты и автоматики:

- при повреждении (отключении) работающего насосного агрегата должен автоматически запускаться другой исправный насосный агрегат;

- при исчезновении, или изменении параметров питающего напряжения, сверх нормируемых, на секции шин, к которой подключен работающий (работающие) насосный агрегат, должен автоматически включаться резерв (АВР секционных выключателей технологических ЗРУ) при соблюдении условий, обеспечивающих самозапуск электродвигателя;

- для предотвращения развития аварий при коротких замыканиях на секциях шин, должны быть приняты меры, препятствующие повторной подаче напряжения на поврежденную секцию шин действием АВР;

- уставки релейной защиты вводов и секционных выключателей технологических ЗРУ, питающих подстанций должны обеспечивать самозапуск необходимого количества электродвигателей и должны быть согласованы с энергоснабжающей организацией;

- системы возбуждения синхронных электродвигателей должны работать в автоматическом режиме, обеспечивать максимальную устойчивость электродвигателя во время переходных процессов и форсированное гашение поля статора или ресинхронизацию во время работы электродвигателя на выбеге;

- для предотвращения остановки НПС по причине нарушений электроснабжения системы автоматики и вспомогательные системы должны быть обеспечены резервным источником электроснабжения;

- автоматика НПС должна обеспечивать АПВ исполнительных механизмов вспомогательных систем при кратковременном исчезновении напряжения, и их технологический АВР при отказе АПВ, или снижении контролируемых параметров ниже нормы;

- при расчетных токах самозапуска электродвигателей, превышающих согласованные с электроснабжающими организациями уставки токовых защит секционного выключателя и ввода 6(10) кВ, необходимо применять быстродействующие устройства автоматического включения резерва (БАВР), обеспечивающие синхронную подачу напряжения и самозапуск электродвигателей без превышения уставок токовых защит, при отсутствии БАВР (а также выведенном в ремонт или отсутствии условий срабатывания БАВР), включение резерва должно производиться устройствами штатного АВР-6(10) кВ;

– в случае одновременной кратковременной посадки напряжения по обоим вводам технологических ЗРУ-6(10) кВ, алгоритм работы электроавтоматики ЗРУ-6(10) кВ должен обеспечить состояние схемы электроснабжения с сохранением условий самозапуска электродвигателей при восстановлении напряжения, и восстановления технологического режима НПС.

Библиографический список

1. Беляев, А. В. Автоматика и защита на подстанциях с синхронными и частотно-регулируемыми электродвигателями большой мощности / А. В. Беляев. – СПб. : ПЭИПК, 2012.
2. Гамазин, С. И. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой / С. И. Гамазин, В. А. Ставцев, С. А. Цырук. – М. : Изд-во МЭИ, 1997. – 424 с.
3. Слодарж, М. И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных двигателей / М. И. Слодарж. – М. : Энергия, 1977. – 215 с.

*Работа выполнена под руководством
к. ф-м. н. профессора В. М. Иванова*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ НА РАБОТУ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. П. Трушин, Курди Салим Хаснави Курди

Рассмотрим влияние отклонения напряжения на угол нагрузки.

Пусть значение мощности на валу двигателя сохранилось, а значение напряжения U уменьшилось, следовательно при этом должна увеличиться составляющая $I \cos \varphi$ (активная составляющая тока). Необходимо отметить, что этот вывод справедлив только для неизменного тока возбуждения.

Электромагнитный момент неявнополюсного СД определяется по известному выражению

$$M = \frac{E_q U}{x_d} \sin \delta, \quad (1)$$

где E_q – возбуждение; U – действующее значение напряжения питания двигателя; x_d – эквивалентное индуктивное сопротивление двигателя по продольной оси; δ – угол нагрузки.

Во время отклонения напряжения сети от номинального значения изменяется угол нагрузки δ . В этом случае, сохраняя значения момента M , возбуждения E_q и сопротивления x_d , приняв в относительных единицах номинальное напряжение $U_n = 1$, исходя из (1), можно записать:

$$\sin \delta = \frac{\sin \delta_{\text{н}}}{U}, \quad (2)$$

где $\delta_{\text{н}}$ – номинальное значение угла нагрузки.

Из (2) следует, что при уменьшении напряжения сети U угол нагрузки увеличивается и наоборот.

Причиной неустойчивости энергосистемы может стать нехватка реактивной мощности. Далее рассмотрим влияние отклонения напряжения на реактивную мощность.

Реактивная мощность синхронной машины (для неявнополюсных) может быть определена по формуле [1]:

$$Q = -\frac{E_q U}{x_d} \cos \delta + \frac{U^2}{x_d}. \quad (3)$$

Первая часть выражения (3) представляет собой реактивную мощность, отдаваемую двигателем в сеть. Вторая, пропорциональная квадрату напряжения, характеризует потребляемую СД реактивную мощность на намагничивание.

Преобразуем выражение (2) для случая неизменной нагрузки к виду

$$\cos \delta = \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \delta_{\text{н}}}{U} \right)^2} = \frac{1}{U} \sqrt{U^2 - \sin^2 \delta_{\text{н}}}, \quad (4)$$

Подставив (4) в (3), получим

$$Q = \frac{1}{x_d} \left(-E \sqrt{U^2 - \sin^2 \delta_{\text{н}}} + U^2 \right). \quad (5)$$

Найдем первую производную реактивной мощности по напряжению и приравняем ее к нулю:

$$\frac{dQ}{dU} = \frac{-E_q 2U}{2\sqrt{E^2 - \sin^2 \delta_{\text{н}}}} + 2U = 0. \quad (6)$$

Решив уравнение (6), найдем величину напряжения U_{max} , при которой отдаваемая в сеть реактивная мощность принимает максимальное значение:

$$U_{\text{max}} = \sqrt{\left(\frac{e_q}{2} \right)^2 + \sin^2 \delta_{\text{н}}} = \sqrt{\left(\frac{m_{\text{с.м}} x_d}{2} \right)^2 + \sin^2 \delta_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где $m_{\text{с.м}} = \frac{E_{q_{\text{н}}}}{x_d}$ – отношение максимального синхронного момента

к номинальному, $\sin \delta_{\text{н}} = \frac{\cos \varphi_{\text{н}}}{m_{\text{с.м}}}$.

При $U_{\text{max}} < 1$ максимальная отдача реактивной мощности двигателем в сеть будет при пониженном напряжении. С точки зрения устойчивости

энергосистемы такая характеристика двигателей является наиболее благоприятной. Рост реактивной мощности при этом происходит, пока снижающееся напряжение сети не достигнет $U_{(\max)}$, после чего величина отдаваемой реактивной мощности начнет резко снижаться.

Библиографический список

1. Важнов, А. И. Переходные процессы в машинах переменного тока / А. И. Важнов. – Л. : Энергия, 1980.
2. Горев, А. А. Переходные процессы синхронной машины / А. А. Горев. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1950. – 552 с.
3. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1963.

*Работа выполнена под руководством
к. ф-м. н. профессора В. М. Иванова*

ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е. В. Пятов, М. А. Филатов

Инженерная инфраструктура городов в настоящее время представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов. Чтобы обеспечить надежность функционирования городской системы, необходимо исследовать работу отдельных ее элементов как отдельно, так и во взаимосвязи друг с другом.

Изменение характера нагрузки потребителей и усложнение инфраструктуры в городских системах электроснабжения требуют отдельного рассмотрения вопросов качества электрической энергии (КЭ). Под КЭ понимается степень соответствия ее параметров установленным значениям ГОСТ 32144–2013.

Актуальными вопросами КЭ на современном этапе является:

- анализ причин возникновения гармоник напряжения и тока в городских системах электроснабжения;
- количественная оценка высших гармоник тока, генерируемых различными нелинейными нагрузками,
- прогнозирование увеличения значений высших гармоник тока и напряжения в электрических сетях;
- оценка влияния гармоник на потери электроэнергии и экономический ущерб;
- снижение уровней высших гармоник.

Широкое использование электрооборудования со встроенными импульсными источниками питания, представляющие собой нелинейные нагрузки (компьютерная техника, бытовая электроника, энергосберегающие лампы), сопротивление которых изменяется с течением времени и ведет к возникновению гармоник [1 – 3]. Ток, потребляемый этими источниками, имеет ярко выраженный импульсный характер. Это объясняется схемными особенностями импульсных источников питания, а именно, наличием сетевого выпрямителя (диодного моста) и сглаживающего емкостного фильтра. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вентиля диодного моста скачкообразно меняют свое сопротивление от бесконечности до определенного малого значения. Подобный характер изменения сопротивления вентиля равносильен включению или отключению им нагрузки. Таким образом, периодическое включение и отключение приводят к появлению коротких импульсов потребляемого тока и искажению формы кривой синусоидального тока.

К последствиям гармоник тока, которые влияют на энергоэффективность работы электрических сетей, можно отнести:

- потери в линиях электропередач;
- дополнительные потери в силовых трансформаторах (вплоть до выхода из строя);
- снижение коэффициента мощности электроустановок.

Проведенные исследования на одной из подстанций города Тамбова показали, что в вечернее время с 20:00 – 23:00 резко увеличивается коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения K_U (рис. 1) и достигает 8% (нормально допустимого значения по ГОСТу). Это вызвано включением домашней бытовой техники (нелинейной нагрузки).



Рис. 1. Изменение коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения

Таким образом, в настоящее время при строительстве объектов необходимо рассматривать вопрос влияния характера нагрузки потребителей на качество электрической энергии и уже на стадии проектирования закладывать технические решения по снижению уровня гармоник в электрических сетях.

Библиографический список

1. Петухов, В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники. – 2009. – № 5. – С. 59.
2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.
3. Кобелев, А. В. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения / А. В. Кобелев, А. А. Зыбин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 187 – 191.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

М. А. Филатов, Е. В. Пятов

В настоящее время в нашей стране активно развиваются энергосберегающие технологии, в том числе широкое распространение получили энергосберегающие лампы. Энергосберегающая лампа представляет собой компактную люминесцентную лампу, скрученную в спираль или змейку; в цоколь лампы помещается электронный балласт, обеспечивающий запуск лампы.

Происходящие преобразования в городских системах электроснабжения требуют серьезного рассмотрения вопросов качества электрической энергии (КЭ). Под КЭ понимается степень соответствия ее параметров установленным значениям ГОСТ 32144–2013.

Одним из важных вопросов КЭ на современном этапе является:

- прогнозирование увеличения значений высших гармоник тока и напряжения в электрических сетях;
- оценка влияния гармоник на потери электроэнергии и экономический ущерб;
- снижение уровней высших гармоник.

Возникновение гармоник связано с использованием ламп со встроенными импульсными источниками питания, представляющие собой нелинейные нагрузки, сопротивление которых изменяется с течением времени [1 – 3]. Подобный характер изменения сопротивления вентиля равносильен включению или отключению им нагрузки. Таким образом, периодическое включение и отключение приводят к появлению коротких импульсов потребляемого тока и искажению формы кривой синусоидального тока.

Согласно Федеральному закону № 261-ФЗ от 23.09.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, предприятия и организации обязаны переходить на новые энергосберегающие технологии. На смену лампам накаливания приходят компактные люминесцентные (CFL – Compact Fluorescent Lamps) и светодиодные лампы. Люминесцентные лампы производят яркий дневной свет, который не утомляет глаза, создает комфорт и уютную атмосферу, при минимальном тепловыделении. Экономия электроэнергии достигает 80%, и все это при довольно длительном сроке службы. Однако системы зажигания современных люминесцентных ламп изменили картину формы тока и напряжения в электросетях.

Проведенные исследования на шести CFL «Испытательной лабораторией качества электрической энергии» при ТГТУ доказывают это утверждение (рис. 1).

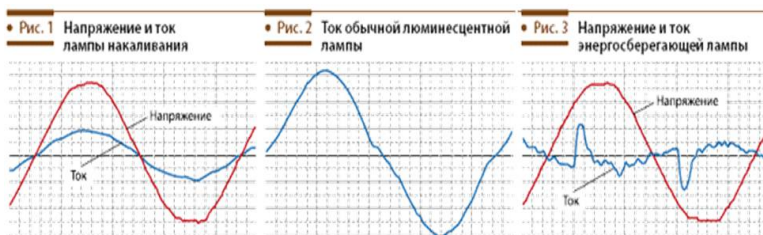


Рис. 1. Токи и напряжения в различных видах ламп

Согласно полученным данным, в гармонических составляющих напряжения и тока преобладают нечетные гармоники. Особенно искажается кривая тока. Величина 3-й гармоники тока достигает 74% от основной частоты тока. В результате, с учетом того, что они составляют большую долю в действующем значении фазных токов, общий ток в нейтрали может превышать фазные токи [1].

Таким образом, в настоящее время при строительстве объектов необходимо рассматривать вопрос влияния характера нагрузки потребителей на качество электрической энергии и уже на стадии проектирования закладывать технические решения по снижению уровня гармоник в электрических сетях.

Библиографический список

1. Петухов, В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники. – 2009. – № 5. – С. 59.
2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.
3. Кобелев А. В. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения / А. В. Кобелев, А. А. Зыбин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 187 – 191.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак. Перспективы развития энергетики Ирака</i>	3
<i>Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак. Технологии охлаждения воздуха на входе в газотурбинную установку</i>	4
<i>Жукова Н. Ю., Арестова А. А., Абрашкин П. А., Суркова Н. Э., Медведева О. А. Современные способы теплоизоляции теплопроводов</i>	5
<i>Аван Ю. Ш. Проектирование наружных ограждающих конструкций зданий с учетом энергосбережения в условиях воздействия неблагоприятных средовых факторов</i>	6
<i>Сафаа Малик. Солнечная энергетика в топливном балансе Ирака</i>	8
<i>Аль-фураиджи Муштак Аббас Ораиби. Способ достижения высокого термического КПД в ПТУ</i>	9
<i>Хенд Дахель Схааль. Снижение выбросов при сжигании биомассы в кипящем слое</i>	10
<i>Анисимов А. А., Андреев А. А. Моделирование тепловых процессов в измерительной ячейке для определения теплофизических свойств сыпучих материалов</i>	11
<i>Бозатырев А. О. Озонирование воды</i>	13
<i>Бронникова А. С., Пешкова А. В. Использование технологического тепла компрессорных установок в системах отопления и вентиляции здания</i>	14
<i>Веберг Е. А. Особенности теплообмена при турбулентном течении водовоздушного потока в горизонтальном цилиндрическом канале</i>	15
<i>Гришин А. В., Медведева О. А. Определение толщины теплозащитного покрытия на металлическом изделии</i>	16
<i>Трофимов Д. В., Хромый К. С., Гришин А. В. Тепловой метод определения дефектов в полимерно-металлических изделиях</i>	17
<i>Гусев А. А., Богометова О. Е. Измерительная система определения теплопроводности твердых и сыпучих материалов на базе прибора ИТ-3</i>	18
<i>Денисов С. А. Способы оценки эффективности блочно-модульной холодильной установки</i>	20
<i>Детяткина Л. В. Моделирование сжатия тонкодисперсной водовоздушной смеси в проточной части турбокомпрессора</i>	21
<i>Колесникова Е. С., Талибова Д. Ф. Обзор метода определения температуры структурных переходов в полимерных материалах с применением линейного нагревателя</i>	22
<i>Кох-Татаренко В. С., Барсуков А. А., Галушин Д. А., Хохлов П. А., Медведева О. А. Температурное поле в двухслойном изделии: металл – теплоизоляционное покрытие</i>	24
<i>Кувалдина А. В. Повышение эффективности пароводяного цикла ТЭЦ</i>	25
<i>Леонова О. В. Исследование систем энергоснабжения жилых зданий с помощью международных стандартов</i>	26
<i>Маркин Д. В., Федотов А. Н. Моделирование температурных полей в методе неразрушающего контроля качества изделий с полимерными покрытиями</i>	27
<i>Медведева О. А., Барсуков А. А., Галушин Д. А., Хохлов П. А., Кох-Татаренко В. С. Исследование метода контроля качества кремнийорганических покрытий изделий из поликарбоната</i>	28

<i>Медведева О. А., Барсуков А. А., Галушин Д. А., Хохлов П. А., Кох-Татаренко В. С.</i>	
Исследование метода контроля качества металло-полимерных изделий	29
<i>Хромый К. С., Медведева О. А.</i> Идентификация дефектов в полимерном покрытии металлического изделия	29
<i>Муратова Н. С.</i> Мини-ТЭЦ на твердых бытовых отходах	31
<i>Пешикова А. В., Бронникова А. С.</i> Разработка системы отопления сцены актового зала ЛПТУ	32
<i>Попкова М. В.</i> Повышение эффективности передачи тепловой энергии	33
<i>Анисимов А. А., Андреев А. А.</i> Моделирование тепловых процессов в измерительной ячейке для определения теплофизических свойств сыпучих материалов	34
<i>Федотов А. Н., Маркин Д. В.</i> Метод неразрушающего контроля качества изделий с полимерными покрытиями	36
<i>Фролов А. Е.</i> Надежность тепловых сетей микрорайона «Елецкий» города Липецка	37
<i>Хромый К. С., Гришин А. В.</i> Температурное поле в металлическом изделии с покрытием из поливинилиденфторида	38
<i>Щелокова А. И.</i> Реконструкция паровой котельной, работающей для нужд теплоснабжения ОАО «Орбита»	39
<i>Ярмизина А. Ю., Медведева О. А.</i> Контроль качества теплоизоляционных покрытий металлических изделий	40
<i>Аль Жавдах Фейзал Тхяб Абед, Аль Сумармад Хайзаран Абдулхуссейн Сачит.</i> Совершенствование методик расчета потерь электроэнергии в распределительных сетях	41
<i>Аль Рубайе Бакер Салих Махди, Аль Шахери Аммар Муса.</i> Повышение надежности электроснабжения городских распределительных сетей	42
<i>Безверхний Н. А., Попов И. С.</i> Обнаружение зон нагрева в разъединителях с помощью тепловизионного контроля	44
<i>Безверхний Н. А., Аль Фадхли Мохаммед Сауд Али.</i> Диагностика высоковольтных разрядников	45
<i>Белоусов А. С.</i> Моделирование системы электропривода лифта, работающего по оптимальному закону изменения скорости	47
<i>Бледных Д. М., Шаповалов С. В.</i> Страхование риска крупных техногенных катастроф в электроэнергетике	48
<i>Головин А. Ю.</i> Исследование и модернизация узла моталки агрегата азотирования и обезуглероживающего отжига АТОиП-5 цеха ПДС ОАО НЛМК	49
<i>Грабо А. С., Клепинов М. В.</i> Проблемы защиты окружающей среды от воздействия энергетики	50
<i>Грабо А. С., Клепинов М. В.</i> Стратегия инновационно-инвестиционного развития малой энергетики	51
<i>Евсеев А. М.</i> разработка алгоритма сопряжения программной среды Matlab Simulink со средой генерации кода контроллера TMS320C2000 F28069	52
<i>Егоров М. Г., Сурин А. В.</i> Повышение надежности энергетических систем путем развития информационно-измерительных систем мониторинга электрических сетей	53
<i>Юзин М. О., Крюковский М. П.</i> Влияние квазипостоянных токов на режимы работы силовых трансформаторов	55

<i>Кабанов А. А., Зюзин М. О.</i> Исследование влияния геомагнитных бурь на насыщение силовых трансформаторов с различной конструкцией магнитных систем	56
<i>Калугин Е. С., Фомин А. В.</i> Стенд для исследования фотоэлектрических насосных станций	56
<i>Грабко А. С., Клепинов М. В.</i> Экологические проблемы тепловой энергетики ...	58
<i>Кобелева Е. Ю., Аль Мансури Мухамед Хусейн.</i> Перспективы использования ветрового потенциала, как вариант автономного электроснабжения в Тамбовской области	59
<i>Кобелева Е. Ю., Аль Мансури Мухамед Хусейн.</i> Использование биогазовых установок в электроснабжении предприятий агропромышленного комплекса Тамбовской области	61
<i>Кокорев А. В.</i> Модернизация системы автоматического управления выходного участка АНГЦ 3 цеха ПХПП ОАО «НЛМК»	63
<i>Колесников Д. А.</i> Разработка новых систем управления высокочастотными инверторами	64
<i>Костицын А. А.</i> Причины повреждений оборудования 6 – 10 кВ Кировской энергосистемы	65
<i>Крюковский М. П., Кabanов А. А.</i> Исследование влияния квазипостоянных токов на пропускную способность линий электропередач	65
<i>Медведев А. П.</i> Энергосберегающие аспекты эксплуатации электрических сетей 6-10 кВ за счет совершенствования контроля изоляции	66
<i>Молоканов А. А., Гаджиев Э. Г.</i> Перспективы развития биогазовых установок в агропромышленном комплексе Тамбовской области	68
<i>Носуров А. В.</i> Использование энергии ветра в агропромышленном комплексе ...	70
<i>Пикалов В. В., Сибирицев Д. С.</i> Влияние индуктивности на демпфирующую способность электропривода	70
<i>Попов И. С., Безверхний Н. А.</i> Проблемы внедрения интеллектуальных сетей ...	71
<i>Рузанов Р. В.</i> Прогнозирование электропотребления энергосбытовой компании с использованием искусственных нейронных сетей	73
<i>Синюков А. В.</i> Энергосбережение в системах управления электроприводами	74
<i>Синюков А. В.</i> Ветрогенераторы и солнечные батареи как альтернативные источники энергии в Центральном Черноземье	75
<i>Сурин А. В., Егоров М. Г.</i> Актуальные вопросы моделирования развития электроэнергетических систем	76
<i>Трушин А. П., Аль Срайеф Зейнаб Хасан Шантаф.</i> Анализ работы релейной защиты и автоматики подстанции с синхронной нагрузкой при снижении питающего напряжения	77
<i>Трушин А. П., Курди Салим Хаснави Курди.</i> Влияние изменений напряжения питающей сети на работу синхронных двигателей	79
<i>Пятов Е. В., Филатов М. А.</i> Проблемы надежности функционирования городских систем электроснабжения	81
<i>Филатов М. А., Пятов Е. В.</i> Исследование влияния осветительной нагрузки потребителей на качество электрической энергии	83

Научное издание

ПЕРВАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ
СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭНЕРГЕТИКА.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ»

Тезисы докладов

Редактор З. Г. Черн о в а

Инженер по компьютерному макетированию Т. Ю. З о т о в а

ISBN 978-5-8265-1508-2



Подписано в печать 18.12.2015.

Формат 60×84 / 16. 5,1 усл. печ. л.

Тираж 100 экз. (1-й з-д 40). Заказ № 564

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

Тел. 8(4752) 63-81-08;

E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru