



ЭНЕРГЕТИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

ЭНЕРГЕТИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Тезисы докладов
3-й Всероссийской студенческой научной конференции

г. Тамбов
20–21 декабря 2017 года

Научное электронное издание



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2017

УДК 658.26
ББК 31.3
Э65

Председатель конференции – *Д. Ю. Муромцев*

Редакционная коллегия:

ответственный редактор – *Т. И. Чернышова*,
зам. ответственного редактора – *С. Н. Баршутин*,
члены редколлегии – *В. Ф. Калинин, А. Н. Грибков, А. В. Кобелев*

Э65 Энергетика. Проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс] : тезисы докладов 3-й Всероссийской студенческой научной конференции / отв. ред. Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 156,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1887-8.

Представлены тезисы докладов участников 3-й Всероссийской студенческой научной конференции «Энергетика. Проблемы и перспективы развития», в которых раскрываются вопросы генерации, транспортировки использования тепло- и электроэнергетики 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.

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-1887-8

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2017

Секция 1

Теплоэнергетика.

Проблемы и перспективы развития

А. А. Балашов, С. Н. Данилов, В. В. Быковская

ВЫДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА НА ТЕРМОГРАММЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

balashovalexei@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Любой измерительный прибор обладает некоторой погрешностью, на него может оказывать влияние большое количество внешних и внутренних воздействий, что приводит к тому, что информация с него оказывается зашумленной. Чем сильнее зашумлены экспериментальные данные, тем сложнее обрабатывать такую информацию. Фильтр – это алгоритм обработки данных, который убирает шумы и лишнюю информацию. В фильтре Калмана есть возможность задать априорную информацию о характере системы, связи переменных и на основании этого строить более точную оценку.

Рассмотрим способ неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах (ПМ) основан на модели нестационарного теплопереноса от плоского ограниченного источника тепла постоянной мощности в виде круга, реализованного в информационно-измерительной системе [1]. При регистрации термограммы в ходе проведения эксперимента возникают наводки, и наблюдается некоторая нестабильность мощности на нагревателе. Поэтому задачу определения структурных переходов в полимерах на термограмме можно решать путем выделения относительной энергии сигнала от помех [2, 3].

За основу взята экспериментальная термограмма, зафиксированная центральной термопарой на изделии из политетрафторэтилена (ПТФЭ) при следующих условиях: начальная температура опыта 23 °С; мощность на нагревателе 0,7 Вт; временной шаг измерения температуры 0,5 с; толщина образца – $15 \cdot 10^{-3}$ м. Видно, что при значении температуры в диапазоне 29...31 °С в ПТФЭ



Рис. 1. Термограмма для ПТФЭ, обработанная фильтром Калмана

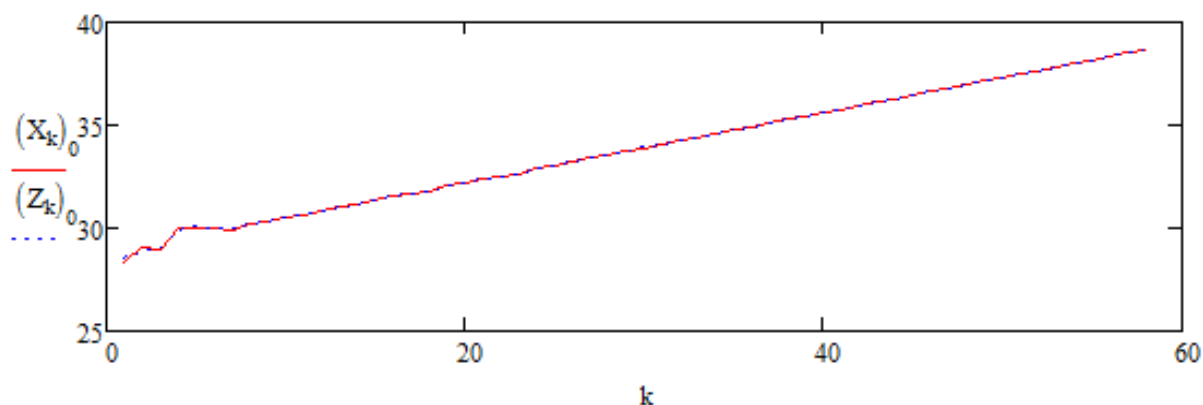


Рис. 2. Алгоритм выделения сигнала с использованием фильтра Калмана

наблюдаются эндотермические эффекты, сопровождающие внутрикристаллические переходы в твердой фазе.

Алгоритм выделения сигнала состоит из двух повторяющихся фаз: предсказание и корректировка. На первом рассчитывается предсказание состояния в следующий момент времени (с учетом неточности их измерения). На втором, новая информация с датчика корректирует предсказанное значение (также с учетом неточности и зашумленности этой информации). Результат фильтрации с данными параметрами представлен на рис. 1.

Таким образом, структурный переход в ПТФЭ был зафиксирован в диапазоне 29...30 °C (рис. 2), что совпадает с другими литературными и экспериментальными данными.

Библиографический список

1. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.
2. **Богословский, А. В.** Корреляционный анализ изображений изотропными фильтрами / А. В. Богословский, И. В. Жигулина, И. А. Басенков, В. В. Скоморохов // Радиотехника. – 2012. – № 4. – С. 43–46.
3. **Балашов, А. А.** Поиск структурного перехода в полимере на термограмме путем дискретной фильтрации / А. А. Балашов, И. В. Жигулина, Н. П. Жуков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 687 – 693.

Е. Н. Богатырева, В. В. Быковская

ПОИСК ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА НА ТЕРМОГРАММЕ ПРИ ПОМОЩИ ФИЛЬТРА С ДВУМЕРНОЙ АПЕРТУРОЙ

balashovalexei@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Информация о структурных переходах в полимере необходима для назначения технологических режимов их переработки в изделия. В [1, 2] предложен метод фиксации структурных переходов в полимере методом неразрушающего контроля. Однако при работе информационно-измерительной системы, реализующей данный метод, возникает шум с достаточно большой амплитудой из-за теплового движения заряженных частиц в элементах электрических цепей. Для последующего определения возможных структурных переходов в полимере необходимо увеличить соотношение сигнал/шум. Целью данной работы является исследование возможности поиска структурного перехода в полимере на термограмме с использованием двумерных фильтров.

На рис. 1 представлена экспериментальная термограмма, зафиксированная центральной термопарой на изделии из политетрафторэтилена (ПТФЭ) при

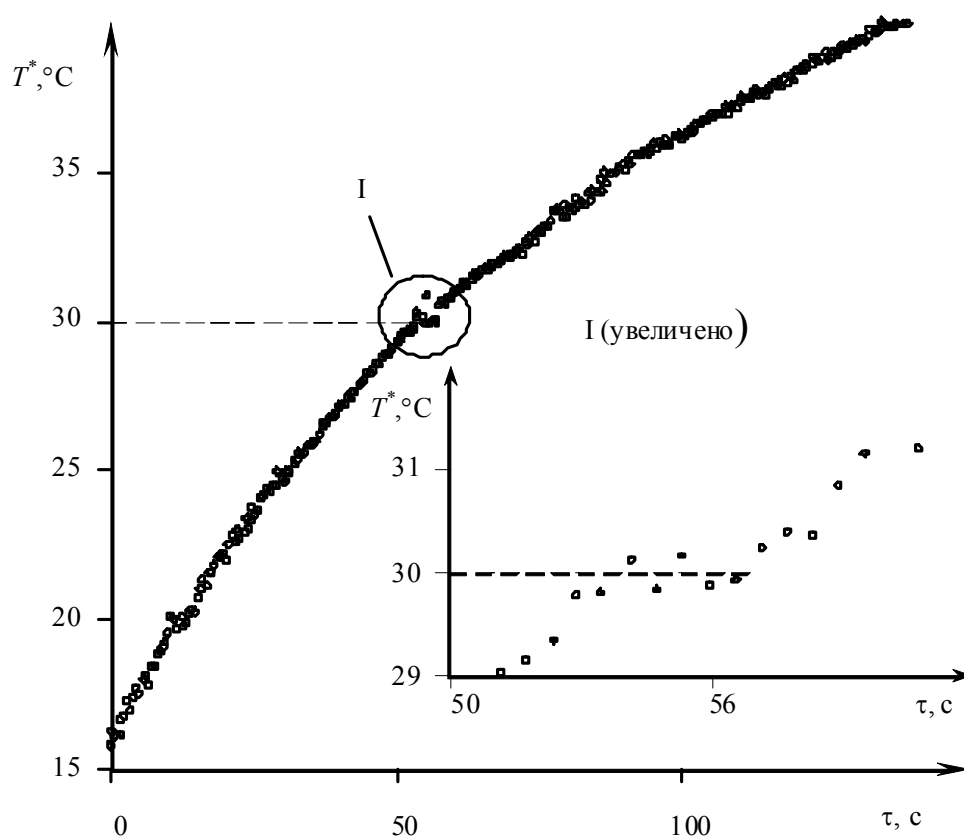


Рис. 1. Термограмма, зафиксированная на изделии из ПТФЭ

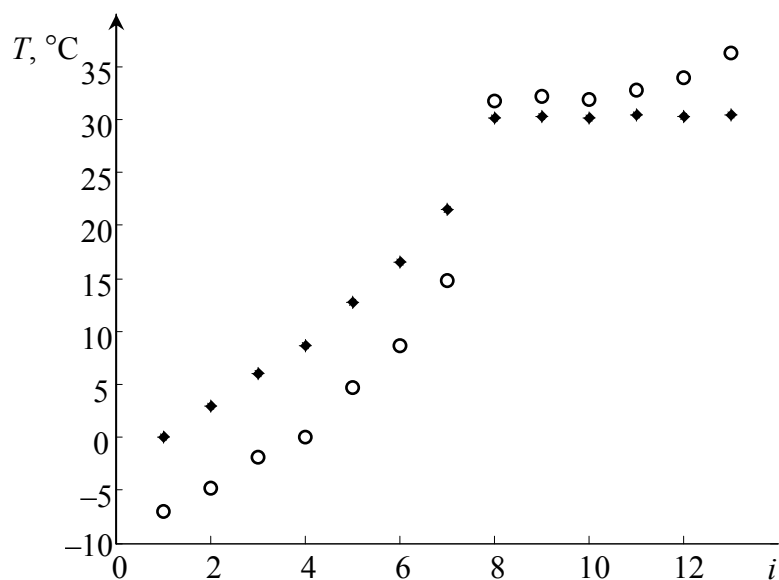


Рис. 2. Рабочий участок термограммы до (черные точки) и после (белые точки) фильтрации

следующих условиях [1]: начальная температура опыта 15 $^\circ\text{C}$; мощность на нагревателе 0,8 Вт; временной шаг измерения температуры 0,5 с; толщина образ-

ца – $25 \cdot 10^{-3}$ м. Видно, что при значениях температуры 30 °С в ПТФЭ наблюдается эндотермический эффект, который сопровождается внутрикристаллическим переходом в твердой фазе.

Известны три кристаллические модификации ПТФЭ. При температуре ниже 19,6 °С его элементарная ячейка имеет триклиническую структуру с размерами: $a = b = 5,54 \cdot 10^{-10}$ м; $c = 16,8 \cdot 10^{-10}$ м; $\gamma = 119,5^\circ$. В интервале от 19,6 до 30 °С существует гексагональная элементарная ячейка с параметрами: $a = 5,61 \cdot 10^{-10}$ м; $c = 16,8 \cdot 10^{-10}$ м; $\gamma = 120^\circ$.

Применим метод многомерной фильтрации [2-4] с целью выделения сигнала в виде «плато». Это плато образуется структурным переходом в полимере с эндотермическим эффектом, так как известно, что структурные переходы совершаются при постоянной температуре. На рис. 2 показан результат обработки термограммы полученным фильтром двумерной апертуры.

Видно, что на участке от нуля до семи фон изображения уменьшился, а на участке 8...13 – полученный сигнал выделился по отношению с реальным (зашумленным) сигналом.

Таким образом, эффективность обработки термограммы при помощи фильтра с двумерной апертурой составила 2,78 усл. ед.

Библиографический список

1. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.

2. **Балашов, А. А.** Поиск структурного перехода в полимере на термограмме путем дискретной фильтрации / А. А. Балашов, Н. П. Жуков, И. В. Жигулина // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 687 – 693.

3. **Свидетельство** об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2016615345. Поиск полезного сигнала на термограмме при помощи фильтра с двумерной апертурой / А. А. Балашов.

4. **Балашов, А. А.** Методика контроля структурного перехода на фоне шумов с помощью одномерной фильтрации / А. А. Балашов // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов: материалы Межд. науч. - практ. конференции. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет. – 2016. – С. 181 – 187.

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

О. Е. Богометова, А. В. Гришин, Д. В. Трофимов, И. В. Rogov

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

За последние 20 лет в различных лабораториях были получены нанокomпозиты на основе десятков полимеров и углеродных наполнителей: нанотрубок (УНТ), нановолокон, частиц графена. Типичным примером является нанокomпозит на основе полипропилена (ПП) и УНТ. Значительный интерес к подобным композитам вызван стремлением получить материалы, которые сочетали бы низкую себестоимость и комплекс свойств, превосходящих свойства исходных полимеров.

Наиболее важными для композитов на основе крупнотоннажных полимеров являются механические свойства, обеспечивающие их работоспособность в условиях эксплуатации изделий. Углеродные нанонаполнители предоставляют широкие возможности регулирования свойств веществ без изменения их состава за счет проявления размерных эффектов, которые влияют на электронные, термические, механические, электрические, магнитные и другие свойства наполнителя и сказываются на свойствах наноматериалов [1].

Так, УНТ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. Они придают полимерам жесткость и повышают удельные характеристики значений прочности и жесткости композитов. Целью данной работы являлось исследование температурных зависимостей теплопроводности композицион-

ных материалов на основе полипропилена, наполненных УНТ. Использовали полипропилен (ПП) марки 01030. УНТ получены на катализаторе Co+Mo/MgO с содержанием Co+Mo 0,5 % масс. и удельной поверхностью 1308 м²/г. Для регулирования взаимодействия и улучшения совместимости ПП с УНТ применяли олигооксипропиленгликоль.

Предварительно компаундирование компонентов осуществляли в смесителе с использованием ультразвукового диспергатора МОД МЭФ 91 [1]. Температурные зависимости теплопроводности ПП, содержащих УНТ, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы времени [2 – 4].

Зависимости теплопроводности исходного ПП и композиционного материала на основе ПП с наполнителем УНТ (0,1 % масс.) от температуры представлены на рис.

Наполнение ПП углеродными нанотрубками несколько повышает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры, фактически не меняя характера зависимости. Учитывая высокую теплопроводность отдельных УНТ, входящих в состав материалов, теплопроводность композита, полученного с их помощью, повышается.

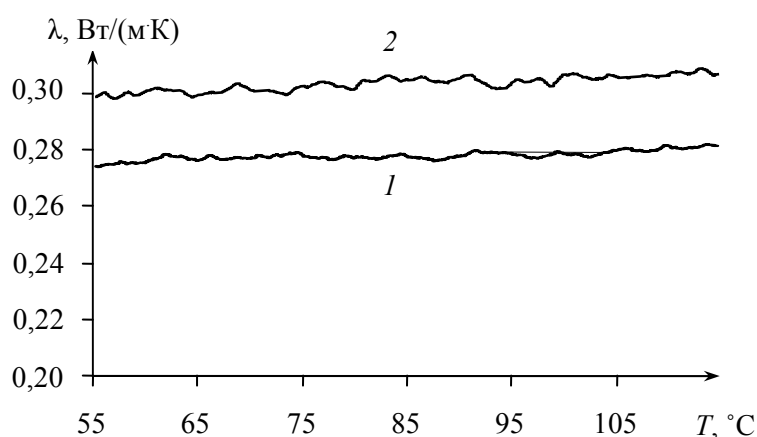


Рис. 1. Температурные зависимости теплопроводности ПП (1) и композита на основе ПП, содержащего 0,1 % масс. УНТ (2)

Библиографический список

1. **Раков, Э. Г.** Углеродные нанотрубки в новых материалах / Э. Г. Раков // Успехи химии. – 2013. – Т. 82, № 1. – С. 27 – 47.
2. **Исследование** температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков / Н. Ф. Майникова, С. С. Никулин, В. С. Осипчик и др. // Пластические массы. – 2014. – № 9-10. – С. 35 – 37.
3. **Измерительно-вычислительная** система для исследования температурных зависимостей теплопроводности и теплоемкости материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, С. В. Балашов и др. // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 35 – 44.
4. **Измерительно-вычислительная** система для регистрации температурных зависимостей теплопроводности и теплоемкости материалов / Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, В. И. Ляшков, С. В. Балашов // Заводская лаборатория. – 2001. – Т. 67, № 8. – С. 35 – 37.

О. Е. Богометова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ

olga.bogometova00@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Ранее получено решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности. Показано что данное решение можно использовать для определения толщины покрытия или теплопроводности его материала с помощью измерительной системы по разработанному алгоритму [1]. Согласно разработанной методике, на термограммах выделяют рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности.

Реализация метода предусматривает следующую последовательность действий. На поверхность двухслойного тела размещают нагреватель постоян-

ной мощности в виде тонкого диска радиусом R_n , встроенный в подложку измерительного зонда (ИЗ). Через нагреватель в материал подается тепловой поток q_1 . Первый слой – с теплофизическими свойствами λ_1, c_1, ρ_1 ; второй – λ_2, c_2, ρ_2 . Толщина покрытия – h_1 , второго слоя – h_2 . Подложка ИЗ выполнена из рипора – хорошего теплоизолятора, что обеспечивает реализацию адиабатического режима нагрева. В ходе эксперимента измерительной системой фиксируются термограммы – зависимости значений избыточной температуры T в точках контроля от времени [2, 3].

Так как объект исследования – двухслойное тело, первый слой которого низкотеплопроводный, а второй – высокотеплопроводный, решение принимает вид

$$b_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2}\right) \frac{q h_1}{\lambda_1} \approx \frac{q h_1}{\lambda_1}.$$

Зная λ_1 , можно определить h_1 .

Перед началом опыта определяли толщину покрытия из теплоизоляционного материала с торговым названием «Симфония Виннер» на стальной пластине. Данная полиуретановая эмаль предназначена для окраски металлических изделий, лодок, радиаторов отопления и т.д. Испытаниям подвергали пять изделий с различными значениями h_1 . Режимы опытов: временной шаг измерения температуры – 0,25 с; радиус нагревателя – 0,004 м.

Проведено три параллельных серии экспериментов при мощности теплового воздействия – 9753 Вт/м². Получены термограммы. Определены коэффициенты математической модели b_0 .

В таблице $h_{1и}$ – значение толщины покрытия, измеренное с помощью микрометра. По значениям b_0 и $h_{1и}$ (табл.) построена зависимость $b_0 = f(h_{1и})$, представленная на рис. 1.

Экспериментальные значения b_0

$h_{1и}, \text{мм}$	$b_0(1)$	$b_0(2)$	$b_0(3)$
0,030	12,901	12,259	12,963
0,015	11,047	10,707	12,670
0,040	12,039	11,183	12,410
0,040	11,251	10,943	12,404
0,015	10,843	11,247	11,253

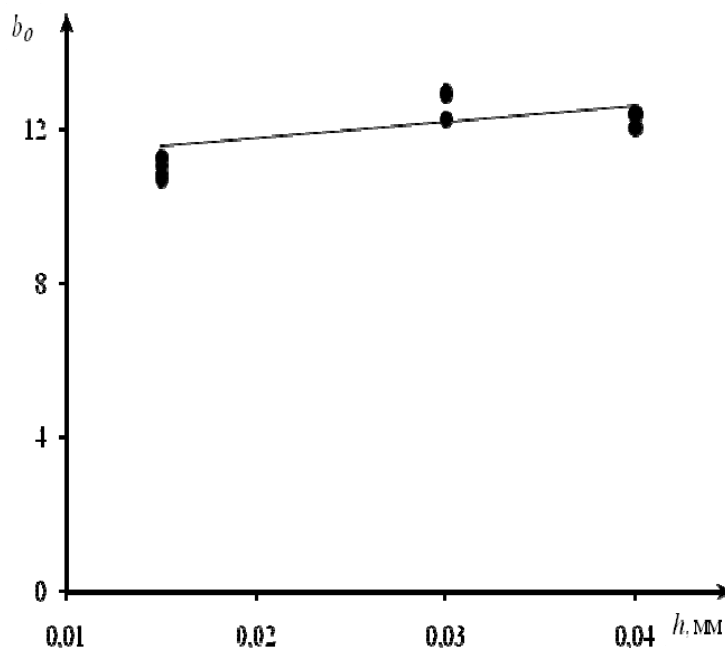


Рис. 1. Зависимость $b_0 = f(h_{1н})$

Полученные данные свидетельствуют о том, что при указанных значениях мощности и диапазоне толщин данного покрытия зависимость $b_0 = f(h_{1н})$ незначительная. Следовательно, для реализации метода необходимо увеличить мощность нагрева и расширить диапазон толщин покрытия.

Библиографический список

1. **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.
2. **Теоретическое** обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 9 (23). – С. 93 – 99.
3. **Жуков, Н. П.** Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.

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

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА МЕТОДА ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Исследуемое изделие состоит из двух слоев: первый – низкотеплопроводный; второй – высокотеплопроводный. Толщина первого слоя – h_1 , второго – h_2 . Длина и ширина исследуемого тела (изделия) L_1 и L_2 соответственно [1].

Измерительная схема метода представлена на рис. 1. Измерительный зонд (ИЗ) устанавливается на плоскую поверхность изделия. Подложка ИЗ выполнена из пенополиуретана. Это обеспечивает реализацию адиабатического режима нагрева. Воздействие на исследуемое тело осуществляется с помощью источника тепла постоянной мощности q , выполненного в виде тонкого диска радиусом R_H , встроенного в подложку ИЗ. Температура в точках контроля измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей, расположенных в центре нагревателя (ТП1) и на расстоянии l от оси зонда (ТП2).

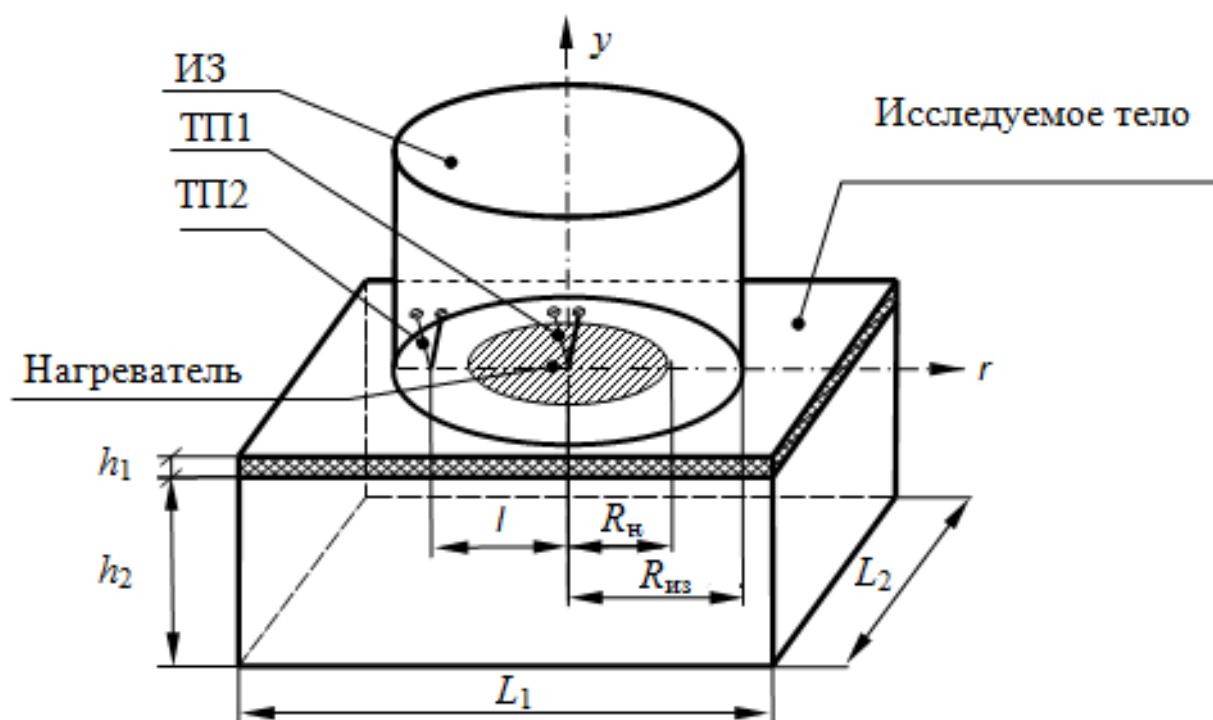


Рис. 1. Измерительная схема метода

Измерительные операции и обработка результатов осуществляются персональным компьютером (ПК) в следующем порядке:

1. Калибровка ИС [3].

2. ИЗ устанавливают на поверхность исследуемого объекта. Для уменьшения влияния контактных термических сопротивлений конструкция ИЗ обеспечивает постоянную силу прижатия подложки зонда к поверхности изделия за счет встроенной пружины.

3. Систему выдерживают при одинаковой температуре для выравнивания температурных полей в ИЗ и изделии.

4. В момент времени, соответствующий началу активной стадии эксперимента, на нагреватель подают постоянную электрическую мощность, что позволяет с достаточной точностью задать постоянную во времени величину теплового потока $q = \text{const}$.

5. На протяжении активной стадии эксперимента выполняют измерения значений температуры в точках контроля (фиксируется термограмма) и значений электрической мощности во времени. Разностные ЭДС, полученные на дифференциальных термопарах ТП1 и ТП2, усиливаются. Полученные сигналы преобразуются в аналого-цифровом преобразователе и поступают в ПК для обработки информации в соответствии с математической моделью метода [1, 3].

6. Выделяют рабочий участок и определяют его продолжительность. Рабочий участок термограммы характеризуется регуляризацией теплового режима [2].

7. После завершения активной части эксперимента отключают нагреватель и производят обработку полученных данных.

8. Производят вычисление коэффициентов математической модели, описывающей термограмму на рабочих участках, определяют теплофизические свойства материалов изделия или толщину покрытия. Примеры практической реализации метода представлены в работах [3].

Библиографический список

1. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

2. **Лыков, А. В.** Теория теплопроводности. – М. : Высшая школа, 1967. – 559 с.

3. **Жуков, Н. П.** Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.

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

А. А. Будаев, П. Г. Волостных, Д. В. Шишкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

lescha.budaew@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Теоретические исследования теплопроводности в настоящее время в значительной степени основаны на численном моделировании с использованием персональных компьютеров. Математическое моделирование поддерживается разнообразными компьютерными системами и пакетами прикладных программ. ELCUT – это мощный современный комплекс программ для инженерного моделирования тепловых задач методом конечных элементов [1].

В данной работе представлены результаты исследования распределения температуры при реализации неразрушающего метода, теоретическое обоснование и примеры практической реализации которого представлены в работе [2].

Тепловое воздействие в методе осуществляется с помощью источника тепла постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку зонда. Получено решение, которое использовано для получения математических выражений для определения теплопроводности низкотеплопроводных покрытий на металлических основаниях [2].

В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки, для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим

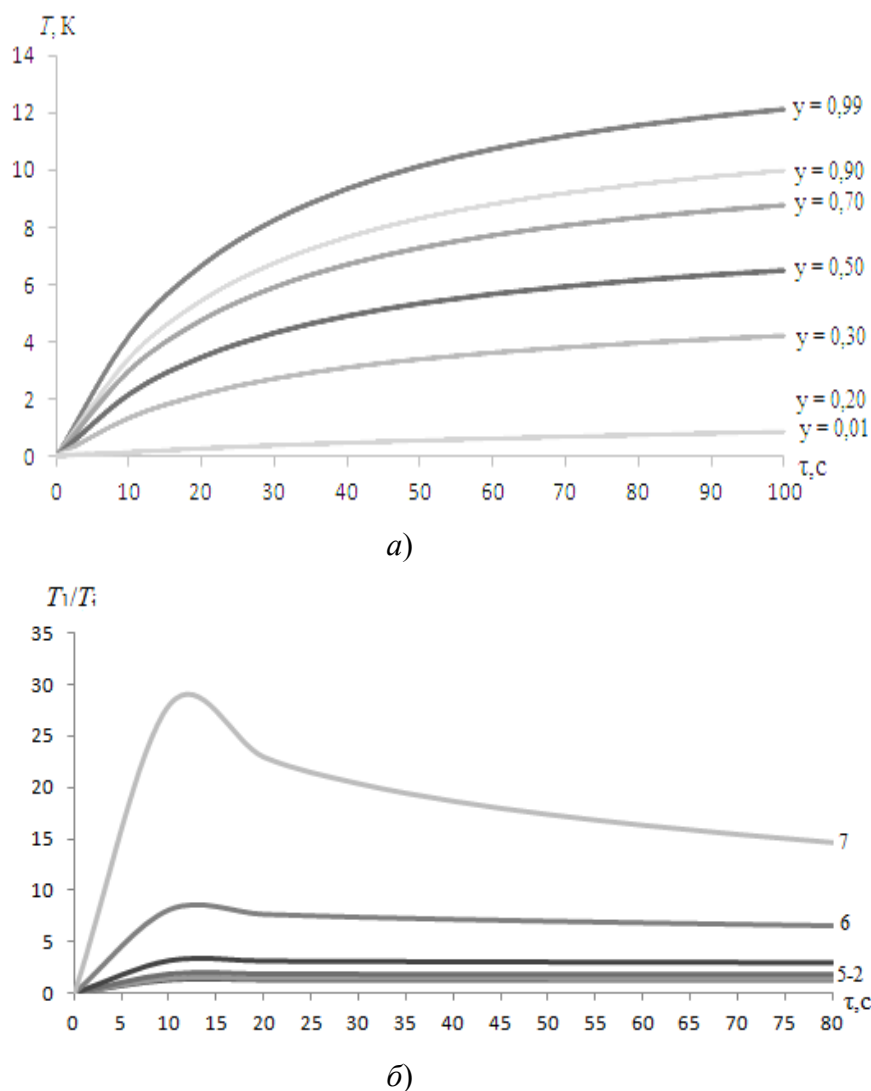


Рис. 1. Термограммы (а), полученные в точках контроля, и зависимости отношения T_1/T_i во времени (б)

участкам соответствуют тепловые режимы, вышедшие на стадию регуляризации. Учтено, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности [3].

Исследуемый объект представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – эпоксидное покрытие толщиной 1 мм; второй – изделие из Стали 40. Температуру контролировали в слое покрытия на оси нагревателя в точках с координатами y_i (см. рис. 1, а).

Данные, представленные на рис.1, б, позволяют сделать вывод о том, что при толщине эпоксидного слоя на металлическом изделии до 0,5 мм, отношения значений температуры на поверхности покрытия и в сечениях меняются

мало. Для термограмм, полученным для больших значений толщины покрытия появляется возможность выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Численное исследование позволило сделать вывод о реализации режима регуляризации теплопереноса при определенных условиях.

Библиографический список

1. **ELCUT:** Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.1. Руководство пользователя. – СПб. : Производственный кооператив ТОР, 2003. – 249 с.
2. **Жуков, Н. П.** Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.
3. **Лыков, А. В.** Теория теплопроводности. – М. : Высшая школа, 1967. – 559 с.

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

А. А. Будаев, П. Г. Волостных, Д. В. Шишкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ИЗДЕЛИИ

lescha.budaew@yandex.ru, teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Известны контактные методы неразрушающего теплового контроля, позволяющие определять толщину низкотеплопроводных покрытий металлов. Так, толщину покрытия определяют по рабочим участкам термограмм, полученным при тепловом воздействии на поверхность двухслойного объекта от

круглого плоского нагревателя, встроенного в подложку измерительного зонда [1, 2].

В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки, для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим участкам соответствуют тепловые режимы, вышедшие на стадию регуляризации [3].

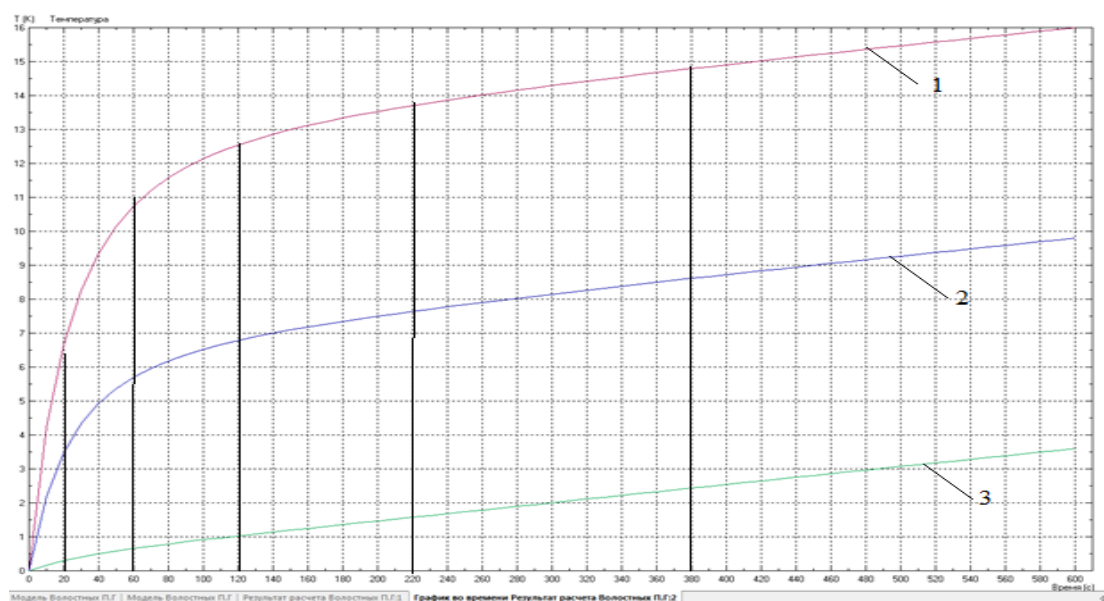


Рис. 1. Термограммы, зарегистрированные в точках контроля, расположенных в слое полимера на оси нагревателя: вблизи границы с подложкой (1); в середине слоя (2); вблизи границы с металлом (3)

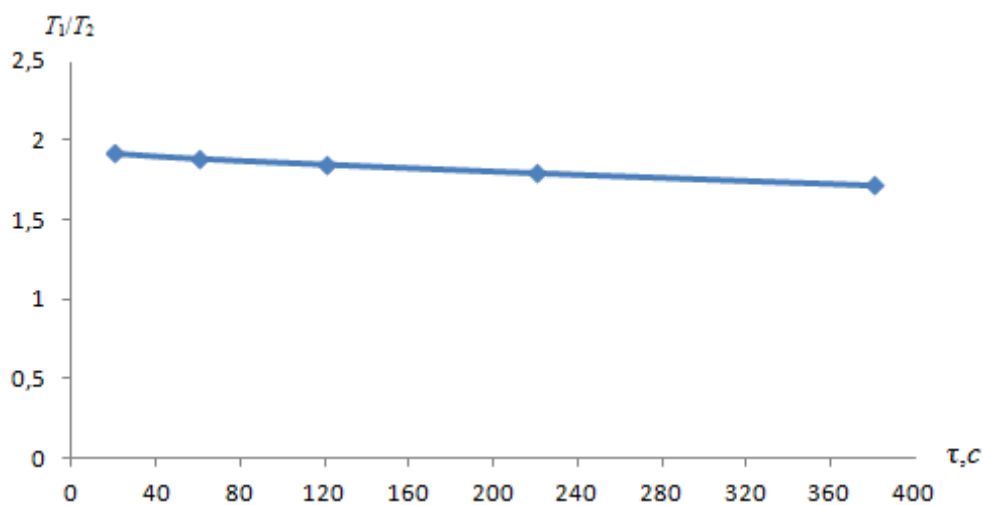


Рис. 2. Отношения T_1/T_2 во времени

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей методом конечных элементов. Исследуемый объект представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – эпоксидное покрытие; второй – изделие из Стали 40. Температуру контролировали в слое покрытия на оси нагревателя в следующих точках: вблизи границы с подложкой; в середине слоя; вблизи границы с металлом.

Данные, представленные на рис. 2, позволяют сделать вывод о том, что при толщине эпоксидного слоя на металлическом изделии до 0,5 мм, отношения значений температуры на поверхности покрытия и в сечениях меняются мало. Это позволило выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Численное исследование позволило сделать вывод о реализации режима регуляризации теплопереноса при определенных условиях.

Таким образом, при одномерном распространении тепла в плоском полупространстве для локальной области объекта на стадии регуляризации появляется возможность определения толщины полимерного слоя по методике, изложенной в работе [2].

Библиографический список

1. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.
2. **Жуков, Н. П.** Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.
3. **Лыков, А. В.** Теория теплопроводности. – М. : Высшая школа, 1967. – 559 с.

**ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОГО
КОНСТРУИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ**

gavrilov-al@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Вопросы повышения энергетической эффективности и применения современных энергосберегающих технологий в промышленности являются в настоящее время весьма актуальными. Значительное внимание при этом уделяется внедрению систем энергосберегающего управления (СЭУ) теплотехнологическими аппаратами, поскольку они не только широко распространены, но и являются одними из наиболее энергопотребляющих объектов, применяемых в современной промышленности.

Важнейшими компонентами СЭУ являются алгоритмическое и программное обеспечение, которые во многом определяют функциональность и эффективность системы [1, 2]. Разработке алгоритмов синтеза оптимальных управляющих воздействий посвящено множество исследований и публикаций.

Одной из известных методик синтеза оптимального управления является аналитическое конструирование оптимальных регуляторов (АКОР), но практическое применение данной методики сталкивается с серьезными трудностями при решении задач энергосберегающего управления с учетом интегральных ограничений на управляющие воздействия (когда требуется не перерасходовать выделенный лимит энергии или запас топлива).

В статье [3] предложен алгоритм аналитического конструирования оптимальной программы (АКОП) управления, который позволяет решать такие задачи. Для практической реализации алгоритма АКОП был разработан программный модуль на языке программирования Python. Графический интерфейс пользователя программного модуля показан на рис. 1.

Программный модуль позволяет по заданным исходным данным рассчитывать массивы значений и строить графики фазовых координат и управляющих воздействий, а также определять значения минимизируемого функционала.

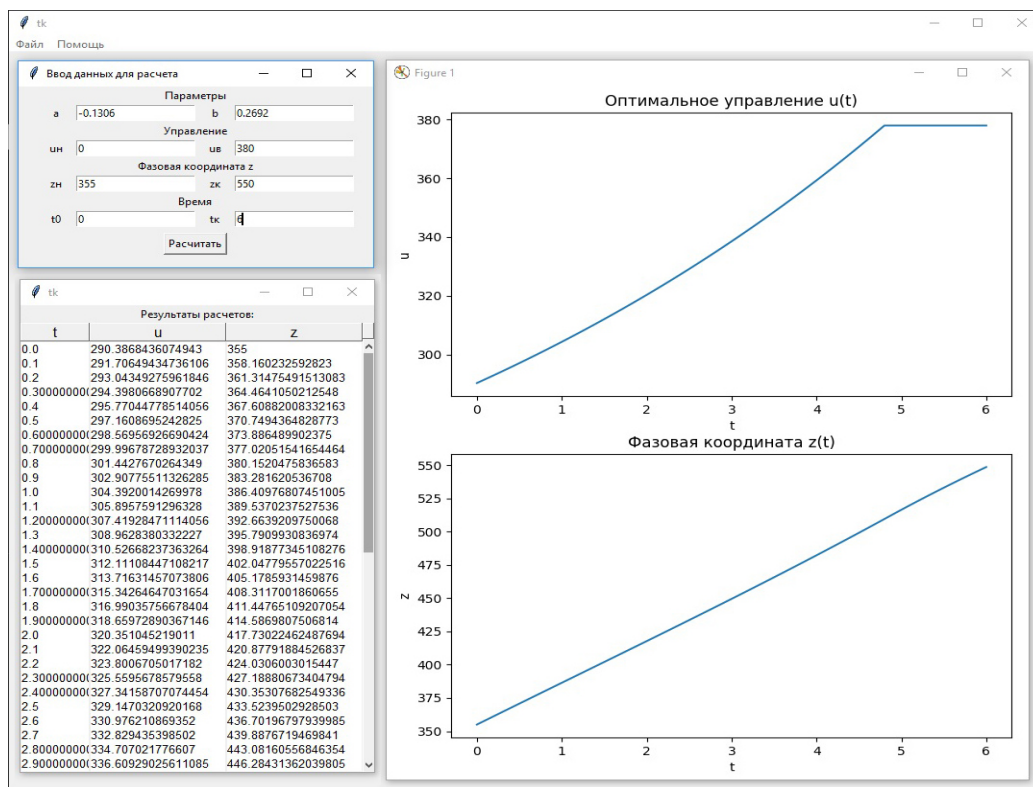


Рис. 1. Графический интерфейс пользователя программного модуля

Практическое применение программного модуля позволяет в значительной степени упростить задачу построения алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления теплотехнологическими аппаратами [4].

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-00457-а.

Библиографический список

- Грибков, А. Н.** Информационно-управляющие системы многомерными технологическими объектами: теория и практика: монография / А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 164 с.
- Грибков, А. Н.** Программное обеспечение информационно-управляющей системы динамическими режимами процессов сушки послеспиртовой барды / А. Н. Грибков, И. А. Куркин, А. О. Гаврилов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докладов 3-й Междунар. конф. с элементами науч. шк. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. – С. 61 – 62.

3. **Артемова, С. В.** Информационная технология аналитического конструирования энергосберегающего управления / С. В. Артемова, А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев // Информационные системы и процессы: сб. науч. тр. – Тамбов–Москва–Санкт-Петербург–Баку–Вена : Нобелистика. – 2004. – Вып. 2 (224). – С. 48 – 52.

4. **Грибков, А. Н.** Теоретические основы оптимального управления многомерными технологическими объектами: монография / А. Н. Грибков. – М. : Изд-во МИНЦ, 2014. – 138 с.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., доцента А. Н. Грибкова*

М. А. Горбатов, Д. С. Луцков, А. А. Зацепина

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

devaise23@bk.ru

Тамбовский государственный технический университет

Ионизация пламени оказывает существенное влияние на динамику окислительных процессов при сжигании различных видов топлива. Соответственно изменение характеристик ионизации можно управлять процессом сжигания, повышая при этом эффективность получения энергии, как тепловой, так и электрической.

Существующие работы в этом направлении рассматривают вопросы воздействия на пламя постоянного или переменного поля. Причем управление постоянным электрическим полем высокой напряженностью имеет больше возможностей по изменению характеристик пламени: характера движения пламени, изменения характеристик теплопередачи от пламени к нагреваемому объекту, изменения коэффициента расхода воздуха, процессов сажеобразования и т.д.

Однако недостатком воздействия постоянным электрическим полем является высокое потребление энергии генератором электрического поля высокой напряженности. Расход большей части энергии в этом случае идет на термиче-

ский нагрев пламени, повышая при этом интегральную температуру пламени, что не всегда оправданно с точки зрения эффективности получения энергии.

В связи с этим необходимо разработать метод воздействия на пламя, который, не повышая интегральную температуру, увеличивал бы степень ионизации пламени.

Рассмотрим физические процессы, происходящие в пламени под воздействием электрического поля, и найдем минимально достаточное время воздействия на электрон, при котором возможна будет первая волна ионизации различных видов атомов пламени.

На рис. 1 изображена схема воздействия электрического поля на ионы образованные в пламени.

При помещении в электрическое поле напряженностью E на электрон действует сила F в соответствии со следующим соотношением

$$F = Ee, \quad (1)$$

где e – заряд электрона.

С другой стороны для перемещения заряда в электрическом поле необходима энергия (работа)

$$A = e(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (2)$$

где φ_1 – потенциал начального положения точки; φ_2 – потенциал конечного положения точки.

Еще одно соотношение, которое нам поможет определить время воздействия на электрон

$$\frac{mv^2}{2} = E_{\text{ion}}, \quad (3)$$

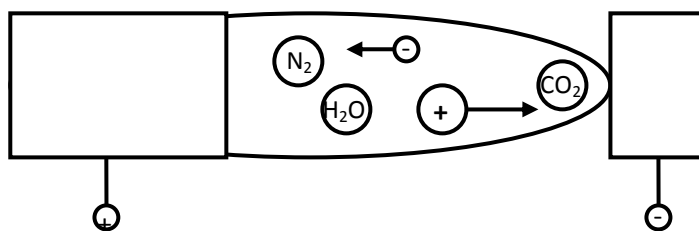


Рис. 1. Схема воздействия электрического поля на структуру и состав пламени

где m – масса электрона; v – скорость электрона; E_{ion} – энергия ионизации молекулы. Используя соотношения (1) – (3) получаем время импульса необходимое для ионизации молекул пламени

$$t = \frac{\sqrt{\frac{2E_{\text{ion}}}{m}} m}{eE}. \quad (4)$$

Расчитаем значения времени для трех основных ионов, находящихся в пламени.

Известно, что энергия ионизации паров воды, углекислого газа и азота равны соответственно 12,6 эВ, 14,3 эВ, 17 эВ. Расчет значения времени при напряженности электрического поля $5 \cdot 10^5$ В/м составил: $t_{\text{H}_2\text{O}} = 2,397 \cdot 10^{-11}$ с; $t_{\text{CO}_2} = 2,5536 \cdot 10^{-11}$ с; $t_{\text{N}_2} = 2,7842 \cdot 10^{-11}$ с.

Таким образом, длительность импульса для ионизации атомов пламени находится в пределах до 0,03 нс. Если учесть, что время жизни ионов в пламени находится в пределах $6 \cdot 10^{-5}$ с, то увеличение степени ионизации в 2 раза достаточно применить частоту импульсов в пределах 20 кГц, а скважность импульса установить не менее $6 \cdot 10^{-5}$ с. Соответственно энергопотребление на ионизацию можно уменьшить на 4 порядка.

Библиографический список

1. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699.
2. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.
3. **Платенкин, А. В.** Метод обнаружения и оценки концентрации углеродных наноструктурных объектов в продуктах плазмохимического синтеза / А. В. Платенкин, С. Н. Баршутин, В. Н. Чернышов, В. П. Шелохвостов // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 3. – С. 399 – 404.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ТЕПЛОТЫ С УЧЕТОМ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗДАНИЙ

sonnie_alex@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Теплоснабжение промышленных предприятий имеет большое экономическое значение. Вопросы снижения энергозатрат, рациональности использования топливно-энергетических ресурсов, значительная часть которых расходуется на покрытие потребности предприятия в теплоте, а также эффективного функционирования системы теплоснабжения весьма актуальны.

Эффективность систем теплоснабжения определяется рациональным отпуском тепловой энергии от источника потребителям. Одним из видов отпуска теплоты является ее периодическая подача потребителям с учетом теплоаккумулирующей способности зданий.

Целью исследования режимов периодической подачи теплоты с учетом теплоаккумулирующей способности зданий является разработка и внедрение нового способа теплоснабжения в системе с несколькими тепломагистралями. Данный способ позволяет избежать перерасходов тепловой энергии в диапазонах наружных температур от температуры начала-конца отопительного периода до точки излома температурных графиков.

В основу такого отпуска теплоты положена теплоаккумулирующая способность зданий. Режим отпуска теплоты подразумевает снабжение зданий путем периодической подачи расчетного количества теплоты попеременно в каждую из нескольких тепломагистралей. Расход теплоносителя при этом остается постоянным, что обеспечивает стабильный гидравлический режим в тепловой сети. Время, в течение которого температура воздуха внутри помещения понизится до минимально допустимой величины, определяет период переключения магистралей на расчетную температуру теплоносителя.

Исследование проведено на примере системы водяного теплоснабжения Новолипецкого металлургического комбината, состоящей из четырех тепломагистралей. Выбраны наиболее нагруженная тепломагистраль и три наиболее неблагоприятных потребителя, обладающие разной массивностью.

Проведены расчеты коэффициента аккумуляции выбранных зданий, по результатам которых определен диктующий потребитель (с самой малой теплоаккумулирующей способностью). Для диктующего потребителя выполнены расчеты по изменению температуры внутреннего воздуха в зависимости от периодичности подачи теплоты для расчетных и текущих температур наружного воздуха. Расчеты показали, что заданный диапазон температуры внутреннего воздуха диктующего здания не опускается ниже допустимых величин, определяемых санитарными нормами.

При классическом отпуске теплоты годовое потребление тепловой энергии исследуемыми потребителями составляет 11186,981 ГДж/год, при периодическом отпуске с учетом теплоаккумулирующей способности зданий годовое потребление тепловой энергии исследуемыми потребителями составляет 6856,489 ГДж/год. Таким образом, результаты расчетов продолжительности тепловых нагрузок при различных режимах отпуска теплоты позволяют сделать вывод, что режим периодической подачи теплоты способствует значительному снижению годового теплопотребления в сравнении с классической подачей теплоты методом центрального качественного регулирования.

Библиографический список

1. **Пат. 2334173** Российская Федерация, МПК F 24 D 3/02. Способ снабжения тепловой энергией потребителей в централизованных системах / В. А. Стерлигов, Т. Г. Мануковская, В. В. Логинов и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ЛГТУ»). – № 2006146325/03; заявл. 25.12.06; опубл. 20.09.08, Бюл. № 26. – 1 с.
2. **СП 60.13330.2012.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : нормативно-технический материал. – М. : [б.и.], 2013. – 54 с.
3. **Соколов, Е. Я.** Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Т. Г. Мануковской*

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
В МУЛЬТИАЛГОРИТМИЧНЫХ СИСТЕМАХ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ
СЛОЖНЫМИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ**

GribkovAlexey@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Системы энергосберегающего управления (СЭУ) находят широкое применение во многих отраслях высокотехнологичного производства. Особенно актуально их применение для управления сложными теплотехнологическими аппаратами (СТА), которые являются широко распространенными и одними из наиболее энергоемких объектов. К числу СТА относятся промышленные печи, сушильные, холодильные и котельные установки.

При проектировании СЭУ необходимо учитывать ряд особенностей СТА как объектов управления. К таким особенностям относятся: распределенность и многочисленность контролируемых и регулируемых параметров объекта; векторное управление; сложность критерия оптимальности при решении задач управления; необходимость учета возмущающих воздействий и возможных изменений состояния функционирования объекта в процессе реальной эксплуатации. В связи с этим, разработка СЭУ СТА, зачастую, представляет собой сложную научно-техническую задачу, поскольку в состав алгоритмического обеспечения системы могут включаться достаточно сложные алгоритмы (структурной и параметрической идентификации моделей; анализа и синтеза оптимального управления на множестве состояний функционирования; имитационного моделирования; принятия решений в условиях неопределенности и т.д.), отличающиеся не только высокими требованиями к вычислительной мощности системы, но и сложностью применяемого математического аппарата.

Для решения задач оптимального энергосберегающего управления СТА, в состав СЭУ включается фреймовая (объектно-ориентированная) база знаний [1], содержащая определенный набор алгоритмов синтеза управляющих воздействий. То есть, СЭУ СТА представляет собой интеллектуальную мультиал-

горитмичную систему [2], в которой решается задача выбора наиболее оптимального алгоритма синтеза управляющих воздействий в зависимости от текущего значения переменной состояния функционирования объекта управления. Решение данной задачи возможно с использованием базы продукционных правил, построенной на основе методики, подробно рассмотренной в [3].

Программная реализация мультиалгоритмичной СЭУ СТА возможна с применением теории многоагентных систем. В этом случае каждый алгоритм синтеза управляющих воздействий, входящий в объектно-ориентированную базу знаний, реализуется в виде программы (агента управления), обладающей определенной степенью автономности. В состав системы также включаются информационно-измерительная подсистема [4] и агент-координатор, который определяет приоритеты агентов управления по продукционным правилам и реализует алгоритм интеллектуального синтеза управляющих воздействий.

Описанный выше подход нашел успешное применение при разработке алгоритмического и программного обеспечения информационно-управляющей системы динамическими режимами процессов сушки органических красителей в вальце-ленточных сушильных установках [5].

Материал подготовлен при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-00457-а.

Библиографический список

1. **Муромцев, Д. Ю.** База знаний интеллектуальной информационно-управляющей системы многомерным объектом / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Информационно-управляющие системы. – 2015. – № 5. – С. 60 – 64.

2. **Об одном** подходе к синтезу управляющих воздействий в мультиалгоритмичных системах энергосберегающего управления / А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев, А. О. Гаврилов, А. Ю. Коток // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации: сб. тр. XXVI Междунар. науч.-техн. конф., Алушта. – Крым : ИД «Медпрактика-М», 2017. – С. 23 – 24.

3. **Муромцев, Д. Ю.** Методика выбора алгоритма синтеза управляющих воздействий многомерным технологическим объектом на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, В. Н. Шамкин // Информатика и системы управления. – 2017. – № 3 (53). – С. 109 – 118.

4. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21. – № 2. – С. 239 – 247.

5. **Грибков, А. Н.** Мультиагентная информационная система интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов / А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – №8. – С. 42 – 45..

А. А. Дурнов, А. А. Патаенко

ТЕПЛОВЫЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

dontpobeda@yandex.ru; pataenko987@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Использование полимерных материалов невозможно без информации об изменениях структурных свойств этих материалов. Для полимеров характерен широкий диапазон механических характеристик, сильно зависящий от их структуры. Кроме структурных параметров большое влияние на механические свойства полимеров оказывают внешние факторы: температура, длительность и частота или скорость нагружения, давление и др.

Метод теплового неразрушающего контроля (ТНК) – метод контроля изменения свойств материалов, основанный на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов без нарушения пригодности объекта к эксплуатации.

Физическая сущность методов ТНК заключается в том, что при нарушении термодинамического равновесия объекта с окружающей средой на его поверхности формируется температурное поле, характер которого позволяет получить информацию об интересующих свойствах объекта [1, 2].

Методы теплового контроля основаны на взаимодействии теплового поля объекта с термочувствительными элементами (термопарой, фотоприемником, жидкокристаллическим индикатором и т.п.), преобразовании параметров поля (интенсивности, температурного градиента, контраста, лучистости и др.) в электрический сигнал и передаче его на регистрирующий прибор. Существует два вида методов ТНК: активный и пассивный.

Активный метод ТНК предполагает нагрев объекта специальными внешними источниками энергии для создания тепловых потоков во время контроля. Активный метод применяется преимущественно для неразрушающего контроля материалов и изделий. Этот метод контроля используется, если в процессе эксплуатации контролируемый объект не подвергается достаточному тепловому воздействию.

Пассивный метод ТНК не нуждается во внешнем источнике теплового воздействия, тепловое поле в объекте контроля возникает при его эксплуатации или в процессе изготовления.

Рассмотрим один из вариантов метода активного ТНК. Измерительная система, реализующая метод, состоит из измерительного зонда, регулируемого блока питания и персонального компьютера, содержащего измерительно-управляющую плату.

При измерениях зонд устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого изделия. Тепловое воздействие постоянной мощности осуществляется с помощью встроенного в основание зонда нагревателя, выполненного в виде диска. Мощность и длительность теплового воздействия подбираются экспериментально, в зависимости от свойств исследуемого материала. Распределение температуры на поверхности исследуемого тела контролируется несколькими термопарами одновременно [3].

Термопары расположены в плоскости контакта подложки исследуемого тела в центре нагревателя и на различных расстояниях от него. Сигналы с термопар преобразуются и передаются в компьютер через мультиплексор, усилитель, аналого-цифровой преобразователь, буфер обмена и интерфейс. Контроллер обеспечивает необходимый порядок опроса каналов и различные диапазоны измерения на каждом из них. Сбор информации производится как при нагреве, так и при остывании исследуемого объекта.

Таким образом, возможна реализация метода ТНК двумя способами: активным и пассивным. Рассмотренный метод ТНК основан на регистрации тем-

пературы в нескольких точках контроля исследуемого объекта в динамических температурных режимах при нагреве и остывании. В результате обработки полученных термограмм другими методами [3, 4], можно получить больше информации о свойствах исследуемого объекта.

Библиографический список

1. **Пат.** на изобретение RUS № 2328725 Российская Федерация. Способ неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Жуков Н. П., Майникова Н. Ф., Рогов И. В., Чех А. С., Никулин С. С., 17.11.2006.
2. **Mainikova, N.F.** Investigation of the temperature dependences of the thermal conductivity of epoxy carbon-fibre-reinforced plastics / N.F. Mainikova, S.S. Nikulin, V.S. Osipchik, T.P. Kravchenko, O.I. Kladovshchikova, Hoang Nguen Le, N.V. Kostromina // International Polymer Science and Technology. – 2015. – № 11, Т. 42. – Р. 35 – 38.
3. **Жуков, Н.П.** Определение закона движения границы раздела фаз в полимере / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, С.С. Никулин // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 15. № 1. – С. 120-126.
4. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя С. С. Никулина*

С. Р. Егоров, В. М. Вошин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ БИКАЛОРИМЕТРА

Egorov_SR@tog.tmb.ru

Тамбовский государственный технический университет

Целью разработки автоматизированной системы измерения теплофизических свойств материалов является реализация многомодельного подхода [1, 3].

Многомодельные методы определения теплофизических свойств материалов позволяют более полно использовать первичную измерительную информацию за счет выделения временных интервалов эксперимента, в которых модель обработки экспериментальных данных будет линейной (или линеаризуемой) по параметрам.

В состав автоматизированной системы (рис. 1) входят теплоизмерительная ячейка 3 на базе бикалориметра и блоки измерительно-управляющих подсистем. Управление ходом эксперимента осуществляется с персонального компьютера 1 со встроенной платой АЦП/ЦАП. Образцы 4, в виде дисков диаметром 120 мм и толщиной 6 – 20 мм, располагаются между латунным сердечником и альфа-блоками измерительной ячейки. Теплота к образцам подводится от электрического нагревателя, расположенного внутри латунного сердечника. Отводится теплота охлаждающей жидкостью, подаваемой в альфа-блоки из термостата 8 с помощью насоса 7.

Для сопряжения персонального компьютера с активными элементами измерительной системы был разработан блок питания и управления 5 [2, 4]. Блок питания и управления позволяет управлять и контролировать мощность на нагревателях измерительной ячейки и термостата. Термодпары (обозначены римскими цифрами) подключены к плате АЦП/ЦАП через блоки холодных спаев 2 и 9. В блоки холодных спаев термодпар встроены полупроводниковые датчики температуры, которые совместно с термодпарами позволяют контролировать температуру образца в измерительной ячейке и температуру жидкости в термостате. Контроль и управление ходом эксперимента осуществляется с персонального компьютера 1 специально разработанным программным обеспечением.

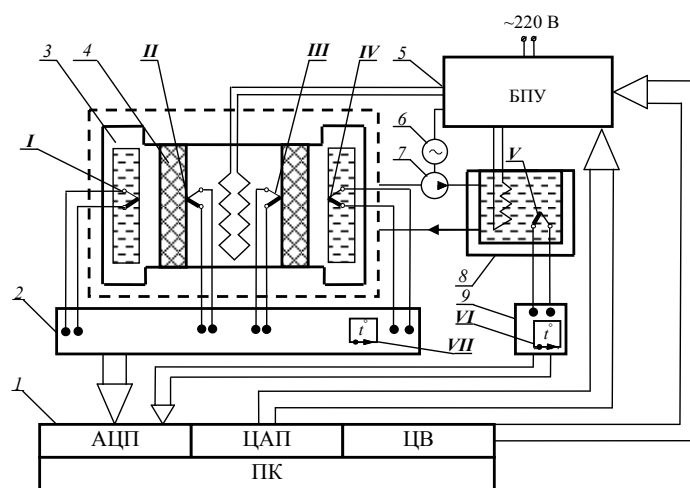


Рис. 1. Схема автоматизированной системы

Библиографический список

1. **Многомодельные** методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. В. Мищенко [и др.]. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», ЭБС АСВ, 2012. - 111 с.
2. **Измерительная** система на базе бикалориметра, реализующая многомодельный метод определения теплофизических свойств / И. В. Рогов, Н. Ю. Тужилина, Е. П. Полунин, Н. Ф. Майникова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2011 – Т. 77, № 8. – С. 36 – 39.
3. **Измерительная** система на базе прибора ИТ-3 для исследования теплопроводности материалов / И. В. Рогов, Н. Ю. Полунина, А. В. Рожков, Н. П. Жуков // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – Т. 81, № 8. – С. 31 – 34.
4. **Многомодельные** методы и средства для определения теплофизических свойств материалов / А. О. Антонов, Н. Ю. Полунина, О. Н. Попов, Е. В. Пудовкина, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 43. – С. 41 – 46.

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

С. Р. Егоров, В. М. Вошин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ БИКАЛОРИМЕТРА

Egorov_SR@tog.tmb.ru

Тамбовский государственный технический университет

Целью моделирование процессов теплообмена в измерительной ячейке бикалориметра является разработка и отладка программного обеспечения, реа-

лизирующего многомодельный метод определения теплофизических свойств твердых и сыпучих материалов [1 – 5].

Моделирование процессов теплообмена проводилось с использованием среды моделирования физических задач COMSOL Multiphysics, а также интерактивной среды программирования и численных расчетов MatLab.

Теоретической основой многомодельного метода определения теплофизических свойств твердых и сыпучих материалов является решение задачи нестационарной теплопроводности для системы из двух тел [2]. Анализ решения позволил выделить три рабочих стадии, на которых математическое описание экспериментальной информации может быть представлено простыми зависимостями. На рисунке 1 приведены термограммы, построенные по результатам моделирования для образца из оргстекла диаметром 120 мм и толщиной 6 мм, в точках, соответствующих месту заделки термопар в теплоизмерительной ячейке бикалориметра.

Моделирование тепловых процессов в измерительной ячейке позволяет, не проводя эксперимент, определить время измерения необходимое для реализации всех трех рабочих стадий; оптимальные режимы проведения эксперимента для образцов с разным соотношением диаметра и толщины; выявить основные факторы, влияющие на точность измерений; ввести поправки в исходные

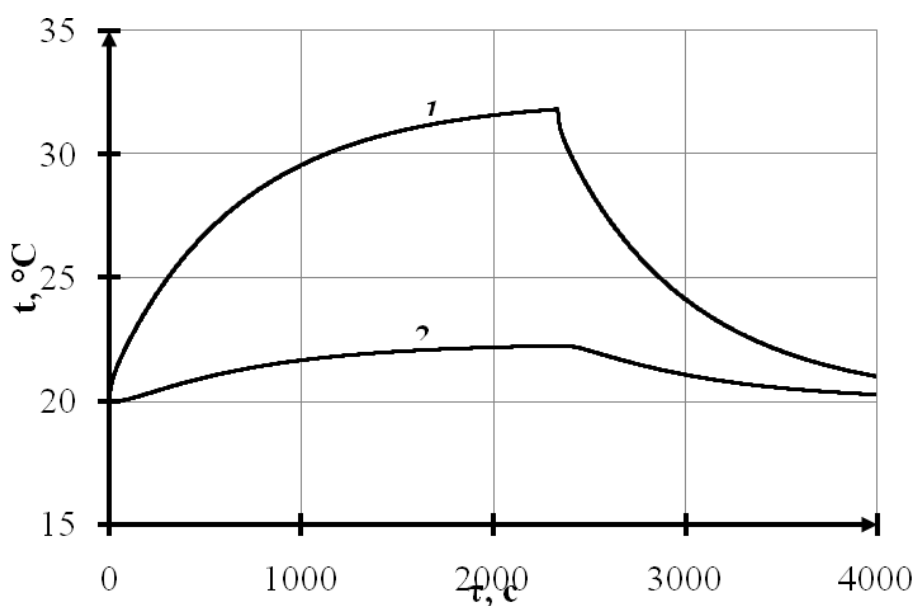


**Рис. 1. Зависимость температуры от времени
в точках контроля измерительной ячейки**

модели расчета теплофизических свойств материалов; определить ограничения на размеры образцов, относящихся к разным классам материалов; получить информацию о предельных погрешностях для различных классов материалов; разработать и отладить программное обеспечение, необходимое для проведения эксперимента и обработки полученной измерительной информации.

Библиографический список

1. **Математическая** модель распространения тепла в системе двух тел / И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, Е. П. Полунин, Н. Ю. Тужилина // Вопросы со-
времен. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2010 – № 1-3 (38). –
С. 67 – 72.

2. **Многомодельные** методы в микропроцессорных системах неразру-
шающего контроля теплофизических характеристик материалов [Электронный
ресурс] : учеб. пособие / С. В. Мищенко [и др.]. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
ЭБС АСВ, 2012. - 111 с.

3. **Математическое** моделирование теплопереноса в тепловой ячейке
информационно-измерительной системы / Н. Ю. Полунина, И. В. Рогов // Ма-
тематические методы в технике и технологиях – ММТТ-27 : сб. тр. XXVII Ме-
ждународ. науч. конф.: в 12-ти т. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2014. – Т. 4. –
С. 172 – 175.

4. **Многомодельные** методы и средства для определения теплофизиче-
ских свойств материалов / А. О. Антонов, Н. Ю. Полунина, О. Н. Попов,
Е. В. Пудовкина, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вопросы со-
времен. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 43. – С. 41 – 46.

5. **Измерительная** система на базе бикалориметра, реализующая много-
модельный метод определения теплофизических свойств / И. В. Рогов,
Н. Ю. Тужилина, Е. П. Полунин, Н. Ф. Майникова // Заводская лаборатория.
Диагностика материалов. – 2011. – Т. 77, № 8. – С. 36 – 39.

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

ТЕПЛОВОЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

valentin.poopov@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Рассматривается метод неразрушающего контроля (НК) двухслойных изделий с применением теплового воздействия постоянной мощности от нагревателя в виде диска. При малых значениях времени в локальной области изделия, расположенной под источником тепла, развитие теплового процесса при нагреве некоторый промежуток времени будет аналогично развитию теплового процесса в плоском полупространстве [1, 2].

Теоретическое обоснование теплового метода НК двухслойных изделий, сформулированное в работе [3], распространяется на полуограниченные тела и не учитывает оттоки тепла в материал подложки измерительного зонда. Полученное в работе [3] решение краевой задачи теплопроводности не позволяет с достаточной точностью определять теплофизические свойства (ТФС) слоев двухслойных объектов. В целях повышения точности определения ТФС рассматривается система, состоящая из ограниченного и двух полуограниченных тел (рис. 1).

Ограниченный стержень толщиной h_1 приведен в соприкосновение с двумя полуограниченными стержнями. ТФС стержней различны. В начальный момент времени на свободном конце ограниченного стержня начинает действовать источник тепла постоянной мощности q , который действует на протяжении всего процесса нагрева.

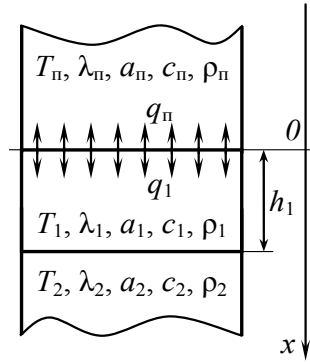


Рис. 1. Тепловая схема метода при воздействии плоского бесконечного источника тепла на двухслойное изделие

Для определения распределения температуры по длине стержней в любой момент времени сформулирована краевая задача теплопроводности [4]:

$$\frac{\partial T_1(x, \tau)}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 T_1(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad \tau > 0, \quad 0 < x < h_1;$$

$$\frac{\partial T_2(x, \tau)}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 T_2(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad \tau > 0, \quad h_1 < x < \infty;$$

$$\frac{\partial T_{\text{п}}(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{\text{п}} \frac{\partial^2 T_{\text{п}}(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad \tau > 0, \quad -\infty < x < 0;$$

$$T_1(x, 0) = T_2(x, 0) = T_{\text{п}}(x, 0) = 0; \quad T_1(0, \tau) = T_{\text{п}}(0, \tau); \quad T_1(h_1, \tau) = T_2(h_1, \tau);$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(h_1, \tau)}{\partial x} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2(h_1, \tau)}{\partial x};$$

$$q = -\lambda_1 \frac{\partial T_1(0, \tau)}{\partial x} + \lambda_{\text{п}} \frac{\partial T_{\text{п}}(0, \tau)}{\partial x} + C_{\text{н}} \frac{\partial T_1(0, \tau)}{\partial \tau}; \quad T_2(+\infty, \tau) = T_{\text{п}}(-\infty, \tau) = 0.$$

Решение краевой задачи теплопроводности имеет вид [4]

$$T_1(0, \tau) = \frac{2q\sqrt{\tau}}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_{\text{п}})\sqrt{\pi}} + \frac{qh_1}{\lambda_1} \frac{\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_{\text{п}})^2} - \frac{qC_{\text{н}}}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_{\text{п}})^2}.$$

Данное решение возможно использовать для нахождения ТФС первого тела, если известна толщина h_1 и ТФС подложки зонда $\varepsilon_{\text{п}}$, или для нахождения толщины первого тела при известных значениях ТФС.

Библиографический список

1. **Определение** условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, А. А. Балашов, С. С. Никулин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2006. – Т. 12, № 3-1. – С. 610 – 616.

2. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего теплофизического контроля. Ч. 1. Стадия нагрева / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, А. А. Балашов, С. С. Никулин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 39 – 45.

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

4. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3 – С. 506 – 511.

А. А. Желтов, А. Ю. Ярмизина, Н. Ф. Майникова

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

В методе неразрушающего теплового контроля защитных покрытий использован круглый плоский источник тепла, расположенный на поверхности двухслойного полимерно-металлического изделия [1]. Учтено, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности [2].

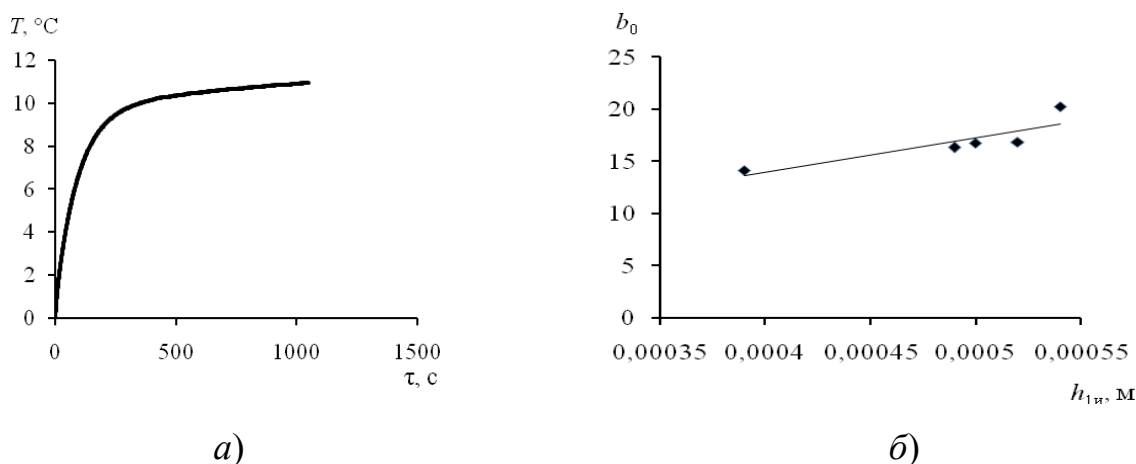


Рис. 1. Термограмма (а) и график зависимости $b_0 = f(h_{1и})$ (б)

Получено решение, которое было использовано для получения математических выражений для определения теплопроводности низкотеплопроводных покрытий на металлических основаниях [3].

Измерительная схема метода представлена в работе [3].

На рис. 1, а представлена термограмма, зарегистрированная ТП при проведении эксперимента на изделии с толщиной покрытия $h_{1и} = 0,39$ мм. Здесь T – избыточная температура в точке контроля. Построена зависимость $b_0 = f(h_{1и})$. На основании полученных термограмм и зависимостей $b_0 = f(\sqrt{\tau})$ построена линия тренда, по которой найдены значения b_0 (рис. 1, б). По полученным значениям рассчитана теплопроводность λ_1 (табл. 1). Испытаниям подвергали изделия с толщинами покрытий: $h_{1и} = 0,39; 0,49; 0,5; 0,52$ и $0,54$ мм (серии опытов № 1 – 5, табл. 2). Теплопроводность материала покрытия – $0,09$ Вт/(м·К);

1. Экспериментальные значения теплопроводности покрытия

$h_{1и}, \text{ м}$	b_0	$\lambda_{1}^*, \text{ Вт/(м·К)}$
0,00039	13,67742	0,09081757
0,00049	16,93322	0,09216499
0,00050	17,25880	0,09227177
0,00052	17,90996	0,09247369
0,00054	18,56112	0,09266143
Среднее значение		0,09207789

2. Результаты экспериментов

№ опыта	$\lambda_{1и},$ Вт/(м·К)	b_0	λ_1 , Вт/(м·К)	$\delta = \left \frac{\lambda_{1и} - \lambda_1}{\lambda_{1и}} \right 100, \%$
1	0,09	13,68	0,091	1,1
2	0,09	16,93	0,092	2,2
3	0,09	17,26	0,092	2,2
4	0,09	17,91	0,092	2,2
5	0,09	18,56	0,093	2,2

временной шаг измерения температуры – 0,25 с; радиус нагревателя – 0,0008 м; подложка измерительного зонда выполнена из Рипора, мощность теплового воздействия на нагревателе – 3185 Вт/м². Аналогично определены значения λ_1 покрытия стальной пластины в опытах 2 – 5 (табл. 2).

В таблицах 1 и 2: $h_{1и}$ – значение толщины покрытия, измеренное с помощью электронного штангенциркуля, как разница толщины двухслойного изделия и толщины пластины без покрытия.

Относительные погрешности определения теплопроводности материала покрытия составили 1,1 – 2,2 %. Результаты эксперимента подтверждают работоспособность метода, детальное описание которого представлено в работе [3].

Библиографический список

1. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.
2. **Лыков, А. В.** Теория теплопроводности. – М. : Высшая школа, 1967. – 559 с.
3. **Жуков, Н. П.** Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ МЕТОД ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Структурная схема измерительной системы (ИС), реализующей неразрушающий метод определения теплофизических свойств (ТФС) материалов в двухслойных изделиях, представлена на рис. ИС управляет режимами эксперимента, определяет ТФС материалов согласно методу, представленному в работе [1].

ИС состоит из персонального компьютера (ПК), управляющей платы E14-140-MD, усилителя ZET 410 (У), измерительного зонда (ИЗ), блока управления питанием (БУП). Зонд обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемое изделие, фиксирование температуры в заданных точках контроля термоэлектрическими преобразователями (ТП1, ТП2) горячие спаи которых установлены в подложку ИЗ, а холодные спаи выведены в блок холодных спаев (БХС). БХС обеспечивает одинаковую температуру холодных спаев термопар, которая фиксируется датчиком температуры ТС1047AVMBTR.

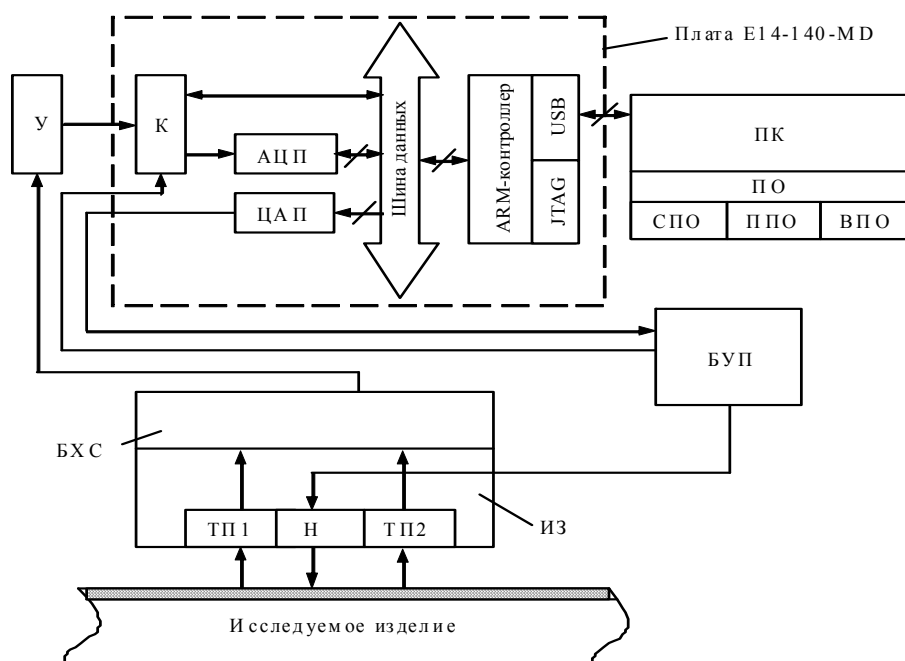


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

Сигналы с ТП поступают через усилитель ZET 410 (У) на вход управляющей платы E14-140-MD.

Плата содержит следующие основные блоки:

- ARM-контроллер (тип AT91SAM7S256), осуществляет не только управление E14-140-MD , но и поддерживает интерфейс USB и отладочный интерфейс JTAG;

- коммутатор (К) предназначен для аналоговой коммутации сигналов;

- АЦП LTC1416 – 14-ти битный АЦП последовательного приближения.

- двухканальный ЦАП (16 бит) работает не только в асинхронном, но и в синхронном режиме (до 200 кГц), имеет большой рабочий выходной ток и нормированные характеристики при воспроизведении переменного напряжения.

Программное обеспечение (ПО) включает системное (СПО), прикладное (ППО) и вспомогательное (ВПО) обеспечения.

Разработан неразрушающий метод, позволяющий определять теплофизические свойства материалов, толщину покрытий и температурные характеристики фазовых превращений в материалах двухслойных изделий [1, 2].

При измерениях ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность изделия. Воздействие осуществляется с помощью источника тепла постоянной мощности (Н), выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку ИЗ. Мощность и длительность теплового воздействия БУП задаются программно. Подложка зонда выполнена из пенополиуретана, что обеспечивает реализацию адиабатического режима нагрева.

Пример работоспособности ИС представлен в работе [3].

Библиографический список

1. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.

2. **Васильев, С. О.** Тепловой метод неразрушающего контроля двухслойных изделий / С. О. Васильев, А. О. Антонов, Н. Ф. Майникова // Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену. – 2014. – С. 1415 – 1417.

3. Жуков, Н. П. Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.

Н. Ю. Жукова, И. М. Никитин, А. А. Львова

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОЛИМЕРНОМ ПОКРЫТИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

В работе представлены результаты численного исследования возможности выявления дефектов в виде включений в полимерном слое покрытия из полиметилметакрилата на изделии из сплава алюминия.

Согласно схеме метода измерительный зонд (ИЗ) устанавливают на плоский участок поверхности двухслойного тела. Конструкция ИЗ включает плоский круглый нагреватель постоянной мощности (радиусом R_n), теплоизолирующую подложку из Рипора (радиусом $R_{из}$), термоприемники (ТП). Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из полимерного покрытия (толщиной h_1) с теплофизическими свойствами λ_1 , c_1 , ρ_1 на металлической пластине (толщиной h_2) с теплофизическими свойствами λ_2 , c_2 , ρ_2 .

Обоснование метода представлено в работах [1 – 3].

Использовано моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student [4].

Созданы: задача, ее геометрия, заданы свойства среды, источники тепла, граничные и другие условия моделирования.

Для построения геометрии задачи использованы следующие размеры. Высота теплоизоляционной подложки измерительного зонда – 20 мм, радиус подложки зонда – 25 мм. Толщина покрытия из полиметилметакрилата – 1 мм,

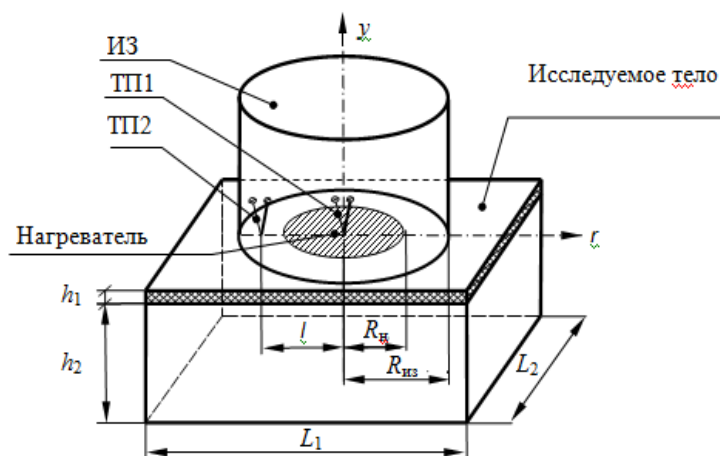


Рис. 1. Измерительная схема метода

толщина металлического основания – 10 мм. Нагреватель в виде диска из меди имеет размеры: радиус – 10 мм, высота – 1 мм. Исследованы нарушения сплошности полимерного покрытия на металлическом изделии.

Моделировали дефекты покрытия в виде воздушного расслоения и включения частицы металла в слой покрытия (вблизи границы полимер-металл). В ходе проведенного опыта выявлено, что при диаметре металлического включения более 20 мм и толщиной $h_{\text{вк}} = 0,1 - 0,75$ мм возможно выявить не только наличие, но и определить размеры дефекта в покрытии по данным термограмм, полученных термоприемником ТП1.

В случае воздушного расслоения возможно определить и наличие, и размер дефекта при $d_{\text{вк}} = 40; 50$ мм для $h_{\text{вк}} = 0,1; 0,25; 0,5; 0,75$ мм. Данный результат основан на существенно различных ТФС воздуха и металла, что упрощает определение размеров воздушного включения в покрытии из полиметилметакрилата.

Практическая реализация метода осуществляется с помощью измерительных систем, детальное описание которых представлено в работах [2, 4].

Пример работоспособности метода представлен в работе [4].

Библиографический список

1. **Моделирование** теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т.19, № 3. – С. 506 – 511.

2. 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.

3. Лыков, А. В. Теория теплопроводности. – М. : Высшая школа, 1967. – 559 с.

4. Жуков, Н. П. Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 6 – 11.

А. Н. Захаров

ОЦЕНКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

zakan12@gmail.com

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

Применение эксергетического подхода для определения теплоэнергетической нагрузки технической системы (ТС), неотъемлемо связано с понятием эксергии. Под эксергией понимают максимальную работу, которую можно получить от рассматриваемой системы при данном состоянии окружающей среды. Таким образом, при определении эксергии объект исследования включает прежде всего ТС, а также окружающую среду [1 – 3].

ТС представляет собой модель, содержащая множество взаимосвязанных между собой внутренних и внешних элементов. Использование эксергетического подхода дает возможность определить потери эксергии в каждом элементе системы, а также оценить эффективность работы, как отдельного элемента, так и ТС в целом. Поэтому можно считать, что эксергетический подход является универсальным способом определения теплоэнергетической нагрузки различных процессов превращения энергетических потоков в элементах системы.

Эксергетический анализ теплоэнергетических систем проводится в следующей последовательности [1, 2]:

– рассматриваемая система (или ее элементы) отделяется замкнутой контрольной поверхностью от других объектов;

- выбираются параметры окружающей среды (температура, влажность и др.);
- проводится оценка совершенства рассматриваемой системы, определяется эксергетический КПД и ее отдельных элементов, оцениваются относительные эксергетические потери.

Основными задачами эксергетического подхода являются [1]:

- оценка всех энергоресурсов и энергоносителей, в пределах одного технологического процесса;
- определение степени термодинамического совершенства ТС по проектным и эксплуатационным данным;
- определение на всех этапах преобразования и использования энергии потерь эксергии во всех элементах системы;
- термодинамическая оптимизация рассматриваемой системы и ее элементов.

Эффективность ТС будет выше, чем меньше потери эксергии на отдельных ее элементах и как следствие, повышение эффективности функционирования системы, будет характеризоваться эксергетическим КПД (η_e), который представлен в виде [1, 3, 4]:

$$\eta_e = \frac{E_{\text{сис}}}{E_{\text{сис}} + E_{\text{п}}},$$

где $E_{\text{сис}}$ – эксергия системы; $E_{\text{п}}$ – потери эксергии в элементах ТС.

При исследовании различных вариантов работы ТС и состояния окружающей среды с применением эксергетического подхода, выявляются самые нагруженные теплоэнергетические элементы ТС и определяются основные методы и способы по снижению нагрузки как отдельных ее элементов, так и всей системы в целом.

Библиографический список

1. **Бродянский, В. М.** Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / В. М. Бродянский, Г. П. Верховке, Я. Я. Карачев и др. – Киев : Наукова думка, 1991. – 360 с.

2. **Сажин, Б. С.** Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б. С. Сажин, А. П. Булеков, В. Б. Сажин. – М. : Московский гос. текстильный ун-т, 2000. – 297 с.

3. **Рябышенков, А. С.** Система воздухоподготовки чистых помещений как объект термодинамического анализа / А. С. Рябышенков // Известия вузов. Электроника. – 2017. – Т. 22, № 4.

4. **Захаров, А. Н.** Эксергетический анализ рециркуляционной системы кондиционирования и фильтрации воздуха в чистых помещениях / А. С. Рябышенков, А. Н. Захаров, В. А. Гаврилин; под ред. В. И. Каракеяна // МИЭТ. – 2016. – С. 28 – 34.

А. А. Зацепина, Д. С. Луцков, Э. А. Мешкова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА

zatzepina.nastya2013@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Повышение эффективности генерации электрической энергии возможно путем применения методов основанных на магнитогидродинамических характеристиках пламени. Основной проблемой МГД генерации является низкая ионизация пламени. Для изучения этой характеристики лучше всего подходит метод измерения вольтамперной характеристики пламени. Для этого была создана экспериментальная установка, представленная на рис. 1.

Связь электрических параметров величины напряжения и значения тока со степенью ионизации можно установить через известное соотношение между плотностью тока j и напряженностью электрического поля:

$$j = ne(b_e + b_i)E, \quad (1)$$

где n – концентрация ионов; e – заряд электрона; b_e – подвижность электронов; b_i – подвижность ионов.

Из соотношения (1) видно, что количество ионов n находится в прямой зависимости от плотности тока, также как напряженность электрического поля.

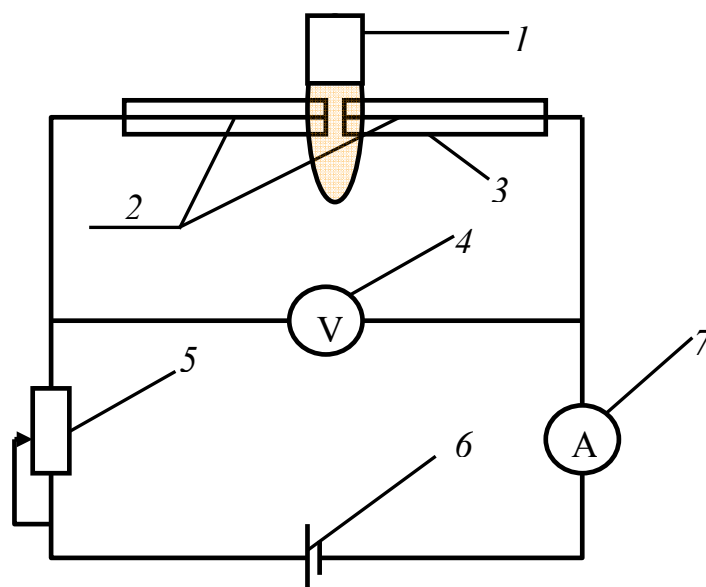


Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – форсунка; 2 – электроды; 3 – керамический изолятор; 4 – вольтметр;
5 – переменный резистор; 6 – источник питания; 7 – амперметр

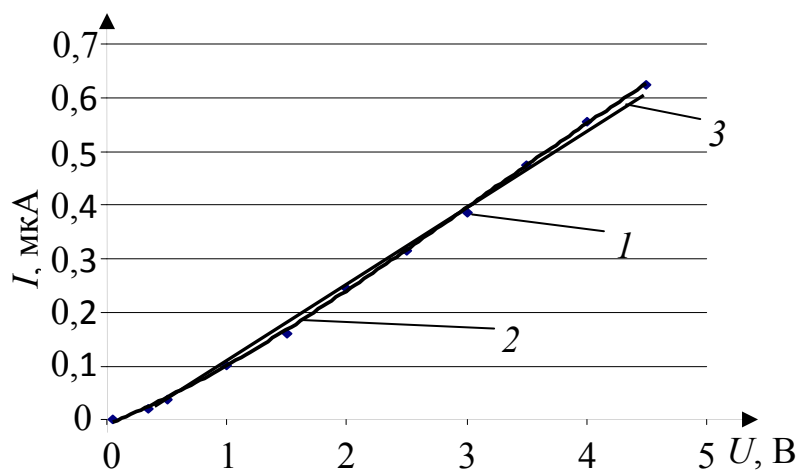


Рис. 2. Вольтамперная характеристика пламени:

1 – экспериментальные точки; 2 – аппроксимирующая полиномиальная линия третьего порядка; 3 – аппроксимирующая прямая

Анализируя экспериментальные данные, можно видеть, что даже на малых напряжениях экспериментальные точки не аппроксимируются прямой линией (рис. 2). Это указывает на изменение количества ионов при увеличении напряжения, что дает предпосылки для возможности увеличения степени ионизации при высоких напряженностях электрического поля.

Библиографический список

1. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699.
2. **Шелохвостов, В. П.** Исследование процессов синтеза наноматериалов и их диспергирования в смазочных маслах / В. П. Шелохвостов, С. Н. Баршутин, Р. В. Шелохвостов, В. В. Остриков, Н. Н. Тупотилов // Технология металлов. – 2008. – № 1. – С. 25 – 27.
3. **Пат. 2188411** Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001116233/28; заявл.13.06.2001; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с.: ил.
4. **Ушаков, А. В.** Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.

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

Н. Д. Игнатов, Д. А. Желудков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДПЛАВЛЕНИЯ В ПОЛИМЕРАХ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ

nikita021998@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

В полимерах с жесткими макромолекулами и в полимерах, в которых эти поперечные связи между цепями достаточно многочисленны и располагаются по всему объему материала, плавление в обычном смысле слова не наблюдается

ся. При наличии конфигурационной гибкости самыми различными методами можно обнаружить в этих веществах явления, сходные с кристаллизацией. Температуру, при которой эти явления имеют место, можно определить, как и для низкомолекулярных веществ, исходя из энтропийных или энергетических факторов [1]. Рассмотрим исследования, основанные на термодинамических параметрах – энтальпия и удельный объем. На рис. 1 приведена температурная зависимость удельной теплоемкости полиэтилена [1].

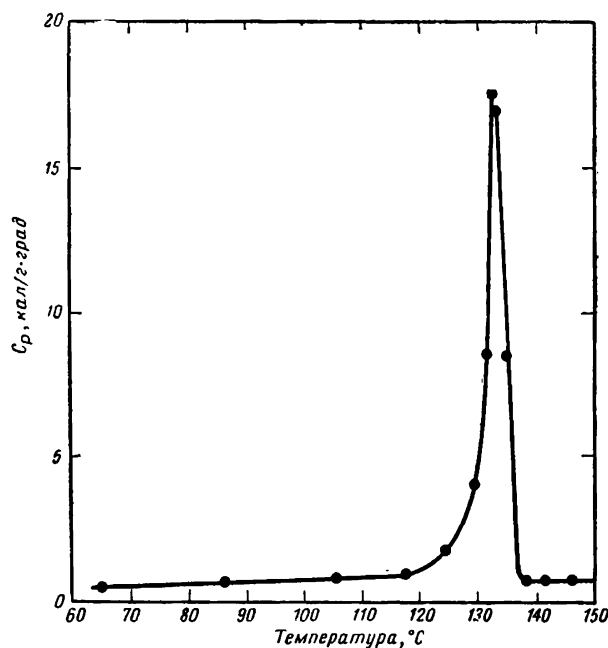


Рис. 1. Температурная зависимость удельной теплоемкости полиэтилена

Если бы плавление кристалла действительно можно было объяснить разрушением кристаллической решетки вследствие критического возрастания амплитуды ее колебаний, то следовало бы ожидать, что по мере приближения температуры кристалла к температуре плавления его свойства, которые зависят от колебаний, например решеточные составляющие удельной теплоемкости и термического расширения, будут обнаруживать предваряющие аномалии. Иногда для объяснения аномалий свойств, наблюдаемых в области предплавления в некоторых типах кристаллов, привлекается ангармоничность колебаний решетки.

Результат численного исследования в программном обеспечении Comsol – MATLAB с помощью метода определения тепловой активности материалов [2] представлен на рис. 2 для полиэтилена. Таким образом, процесс плавления в полиэтилене неразрушающим методом теплового контроля подтверждается литературными данными [1].

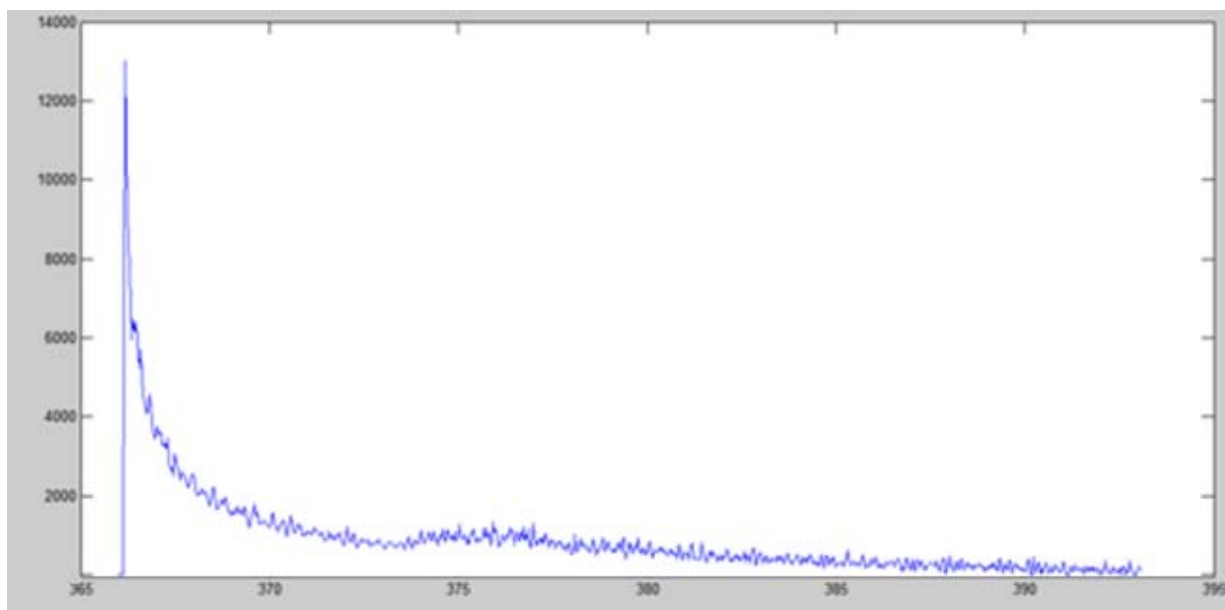


Рис. 2. Графическая зависимость тепловой активности материала полиэтилена от температуры

Библиографический список

1. **Уббелоде, А.** Плавление и кристаллическая структура, пер. с англ., М., 1969. – С. 389 – 393.
2. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.

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

А. Ю. Кирин

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КОНСТРУКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ТП-13/Б ПРИ РАБОТЕ НА ПРИРОДНО-ДОМЕННОЙ СМЕСИ ГАЗОВ

andrey-om3@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

В настоящее время в сфере производства электроэнергии на теплоэлектростанциях металлургических предприятий широкое распространение полу-

чили котельные агрегаты (КА) ТП-13/Б (Е-220-10-540ГД). Этот паровой котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией и двухступенчатым испарением, выполнен по П-образной схеме. КА изначально был спроектирован на сжигание экибастузского угля, однако котлы все чаще переделывают для работы на газообразном топливе, так как оно имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с твердым.

Главными проблемами работы данного парового котла, работающего на экибастузском угле, являются высокая температура уходящих газов, которая составляет 165°C и относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД), равный $90,1\%$. Для их решения необходимо перевести КА на сжигание газообразного топлива и произвести его конструктивный расчет.

В работе принято изменение нижнего пояса экрана путем установки перегородки на его дне. Расчеты показывают, что установленный на боковых стенках газохода радиационный пароперегреватель имеет площадь менее 5% площади основной поверхности нагрева и его тепловосприятие можно не учитывать.

В качестве топлива выбрана природно-доменная смесь с располагаемой теплотой сгорания 16 МДж/м^3 и следующим составом основных компонентов:

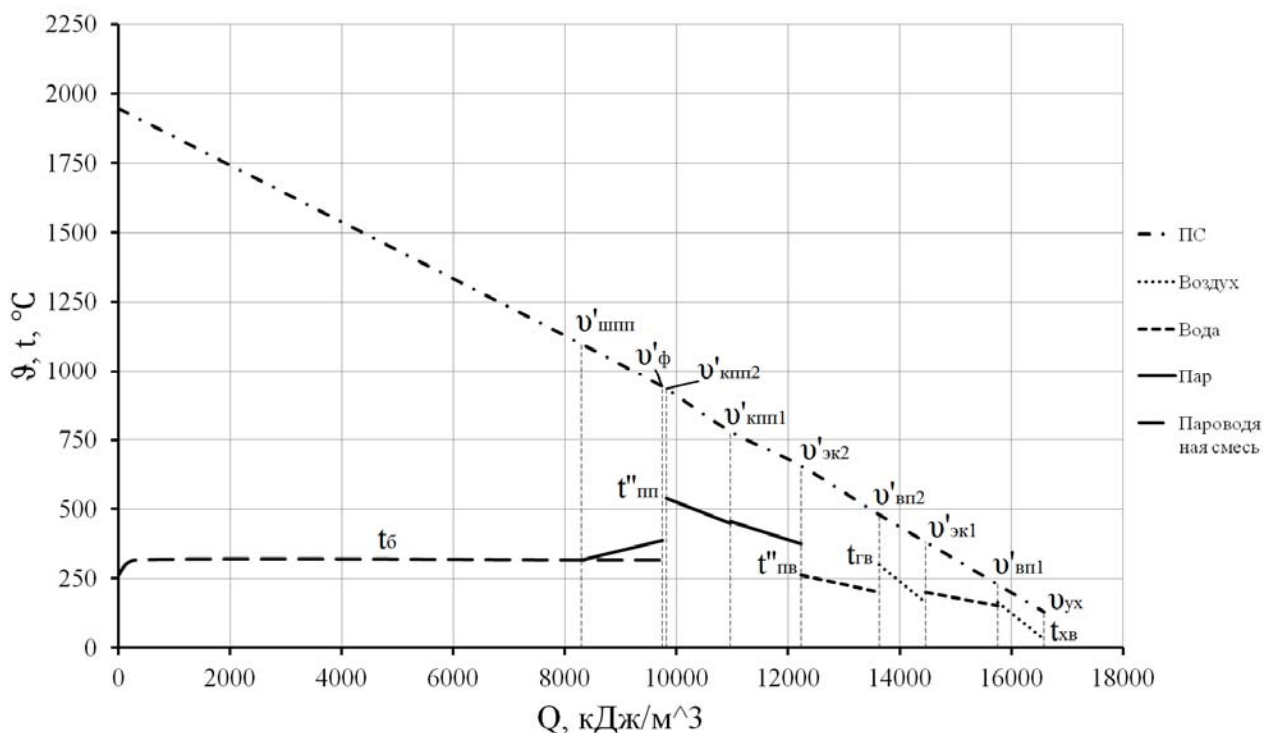


Рис. 1. Тепловая схема котельного агрегата ТП-13/Б

CO_2 – 7,01 %; CO – 17,71 %; H_2 – 1,71 %; N_2 – 37,36 %; CH_4 – 34,77 %; C_2H_6 – 1,03 %. Начальные параметры: давление в барабане – 10,8 МПа; давление питательной воды (ПВ) – 11,12 МПа; температура ПВ – 150 °С; величина непрерывной продувки – 0,5 %; температура продуктов сгорания (ПС) – 130 °С и температура горячего воздуха – 300 °С.

Проведен тепловой расчет топки и конструктивный расчет всех поверхностей нагрева по ходу газов: ширмового пароперегревателя (ШПП), фестона, двух ступеней конвективного пароперегревателя (КПП), двух ступеней водяного экономайзера (ВЭ) и двух ступеней трубчатого воздухоподогревателя (ТВП). Конструктивных изменений коснулись все поверхности нагрева, кроме ШПП и фестона.

Первая и вторая ступени КПП по ходу движения пара состоят из двухрядных змеевиков с числом петель в пакете, равном 6 и 3 соответственно. Конвективная шахта, за исключением верхнего экономайзера, выполнена в виде двух колонок (по глубине котла). Обе ступени ВЭ состоят из двухрядных змеевиков и имеют два потока воды. Число петель в пакете верхнего ВЭ равно 4, а нижнего – 12. ТВП по воздуху четырехходовой и двухпоточный. Состоит из 32 кубов. Высота верхних восьми – 2,962 м каждый, а высота нижних двадцати четырех – 2,898 м каждый.

По результатам расчета была составлена тепловая схема исследуемого КА – зависимость тепловосприятия поверхностей нагрева от температур, которая представлена на рис. 1, где ν – температура ПС; t – температура рабочей среды; ' – параметры на входе; '' – параметры на выходе. Также был определен его КПД, который составил 93,4 %.

В результате перевода КА ТП-13/Б на природно-доменную смесь мы добились повышения КПД, уменьшения температуры уходящих газов и удельного расхода условного топлива. Однако потребуются внесение значительных изменений в конструкцию.

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

**ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ
В КОММУНАЛЬНОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ
МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

arin-siu.coverina@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

В России теплоснабжение обеспечивают более 180 тыс. котельных, большая часть из которых находится в малых населенных пунктах. Для многих из них источником энергии служит каменный уголь. В последние годы резкий рост стоимости и транспортировки угля, снижение его качества приводят к росту тарифов на отпускаемую тепловую энергию. Для малых населенных пунктов эта проблема усугубляется тем, что котельные и тепловые сети имеют большой процент износа, а средства на их замену и ремонт отсутствуют.

Одним из путей решения этой проблемы является переход на местные виды топлива (торф, сельхозотходы, твердые бытовые отходы, отходы лесной и деревоперерабатывающих предприятий).

Исследования показали, что использование древесных отходов и торфа невыгодно из-за их низкой теплотворной способности и изношенности оборудования котельных, не прошедших модернизацию. Предлагается применять технологию производства топливных гранул из древесных отходов, которая предусматривает измельчение, сушку и последующее прессование отходов до требуемых размеров.

Топливные гранулы в зависимости от размеров и структуры производства подразделяют на пеллеты и топливные брикеты. Цена на эти виды сопоставима, но производство топливных брикетов менее сложное, и они лучше подходят для сжигания на существующих котельных в малых населенных пунктах.

Главная причина малого спроса на топливные брикеты – их высокая цена. Для анализа цены на топливные брикеты рассмотрим технологическую схему их производства. Исходное сырье поступает на склад, после чего в рубильной машине измельчается в щепу диаметром 5...10 мм. Щепа подсушивается, затем подается в дробилку для измельчения (1...2 мм) и через циклон попадает в установку, где сушится до влажности 8...15 %. По каналам пневмотранспорта

через циклон она попадает в пресс (экструдер), где уплотняется (в зависимости от технологии форма гранул может быть разная). Производительность линии зависит от прессы и варьируется от 0,2 кг/ч до 5,0 т/ч.

Анализ действующего оборудования показал, что при производительности более 1,5 т/ч стоимость линии для изготовления топливных брикетов резко возрастает. Таким образом, линия производительностью до 1,5 т/ч наиболее подходит для малых населенных пунктов.

Проанализируем структуру себестоимости производства топливных брикетов. Существенного снижения себестоимости топливных брикетов (на 25...30 %) можно достичь за счет снижения затрат на электроэнергию, топливо, амортизацию и ремонт оборудования. Известно, что использование топливных брикетов с низкой объемной влажностью (7...9 %) повышает температуру горения до 1100⁰С. Это приводит к быстрому выходу из строя оборудования на котельных малых населенных пунктов. Чтобы этого избежать, необходимо иметь топливные брикеты с влажностью, превышающей существующую.

Решение перечисленных выше проблем (снижение себестоимости производства брикетов и использование на существующих котельных брикетов с большей влажностью) позволит не только снизить составляющие себестоимости (затраты на сушку, электроэнергию (более «мягкое» сырье), амортизацию за счет использования технологической линии производительностью до 1,5 т/ч), но и использовать эти брикеты на существующих котельных за счет снижения температуры горения до 800...850 °С.

Данный подход к проблеме использования топливных брикетов в качестве местного вида топлива предусматривает и управленческие решения, предполагающие создание в малом населенном пункте дополнительных производств с низкой влажностью отходов, что позволит отказаться от дорогостоящей сушки сырья для топливных брикетов и снизит затраты на теплоснабжение малого населенного пункта. Например, обычные отходы деревообработки имеют объемную влажность около 40%, отходы столярного производства – не более 10%. Смешивание этих двух видов отходов позволяет отказаться от дорогостоящей сушки при производстве топливных брикетов.

Библиографический список

1. **Ширриме, К. Ж.** Методики формирования топливно-энергетического баланса в регионах / К. Ж. Ширриме, П. А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 3156 – 3159.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Т. И. Тихомировой*

Е. А. Козлов, А. О. Болдарев, Д. Ю. Черченко

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПОДСТИЛОЧНОГО ПОМЕТА

evgeniykozlovbel@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Белгородская область является одним из лидеров в производстве животноводческой продукции в России. Так, в 2016 г. в области было произведено около 808 тыс. т мяса птицы и 787 тыс. т свинины. В настоящее время, одной из основных проблем при производстве продукции птицеводства является загрязнение окружающей среды пометом птицефабрик, накопившимся в огромных количествах. Помет птицефабрик является побочной продукцией птицеводства, в разы превышающей по объему выпуск готовой продукции: на 1 т мяса бройлеров производится от 3 до 4 т помета: это значит что птицефабрики Белгородской области в 2016 г. произвели около 3,5 млн т помета. В данный момент еще преобладает точка зрения что это опасный отход, снижающий прибыльность производства. Это побуждает птицеводов избавляться от него максимально дешевым способом – вывозом на свалки. В мире существуют более экономически выгодные способы утилизации отходов.

Один из способов – прямое сжигание подстилочного помета. Этот способ реализован на ТЭЦ, которая была введена в эксплуатацию в 2008 г. концерном AE&E в г. Моердийк, Голландия, станция которой имеет установленную электрическую мощность 36 МВт и утилизирует в год 400 тыс. т подстилочного птичьего помета [1]. Сжигание отходов на этой станции происходит совместно

с отходами лесопереработки и углем. Канадская компания запатентовала технологию и выпускает оборудование для преобразования куриного помета в сухое топливо. Подготовленный по этой технологии куриный помет имеет сопоставимую калорийность как древесное топливо. Сушка куриного помета в установке происходит одновременно с процессом его измельчения. Технология подготовки подстилочного помета к сжиганию приводит к большим энергетическим затратам при всем этом BPS стоит 370 тыс. долл. Сжигание помета по этой технологии схоже с сжиганием низкокалорийных углей и сланцев.

Одним из перспективных способов является сжигание помета в кипящем слое. Компания DVORAK Engineering, расположенная в Чехии, производит многотопливные котлы, в том числе для сжигания птичьего помета с использованием технологии сжигания в кипящем слое. Применение технологии сжигания в низкотемпературном кипящем слое обладает рядом преимуществ по сравнению с обычными слоевыми топками. В частности, в нем весьма эффективно подавляется выделение оксидов азота и можно применить погружную поверхность. Похожее оборудование также производит компания Biomass Heating Solutions Limited (Ирландия), предусматривающая автоматизированную систему загрузки подстилочного помета Top-Loader System.

Компания Engineering GmbH предлагает технологию сжигания подстилочного помета в топке кипящего слоя. Большой интерес вызывает введенная в 2002 г. крупнейшая в мире энергоустановка по сжиганию биотоплива в Финском городе Алхомене. Паропроизводительность котла составляет 700 т/ч; мощность энергоблока – 205 МВт. Основными задачами при строительстве этой станции было возможность экспериментальной проверки работоспособности такой станции работающей по многотопливной технологии. Также создателям удалось добиться низкого уровня выбросов NO_x и CO. Многотопливный паровой котел с топкой циркулирующего кипящего слоя является основным элементом энергоблока. Он изготовлен Финской фирмой «Квернер Полпинг».

Библиографический список

1. **Аверкин, Н. С.** Утилизация вторичных ресурсов / Н. С. Аверкин, Е. А. Козлов, А. О. Болдарев, Ю. В. Васильченко // Молодежь и научно-

технический прогресс : сб. докл. IX Межд. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2016. Т. 1. – С. 112 – 116.

2. **Иванов, Ю.Г.** Особенности сжигания подстилочного помета в твердо-топливных котлах / Ю. Г. Иванов, В. В. Целиков, А. Ф. Шафеев // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 4 (20). – С. 220 – 224.

Работа выполнена под руководством

к.т.н. Т. И. Тихомирова

Е. С. Козлова, С. Н. Баршутин

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИЙ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА С ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ

lena190698@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Повышение эффективности сжигания различных видов топлива возможно только при детальном исследовании процесса горения. Каждая стадия этого процесса заслуживает глубокой проработки и выяснения основных путей реакции.

Наибольший интерес вызывает исследования стадий горения жидкого топлива. Общая схема этапов представлена на рис. 1. Анализ этапов показал, что наибольшее влияние на процессы горения можно оказать на начальном этапе путем регулировки соотношения подачи топлива и воздуха. Кроме воздуха для интенсификации процесса в воздушную смесь возможно добавить кислород, который на конечном этапе горения позволит более точно регулировать температурный фронт пламени и степень сжигания топлива.

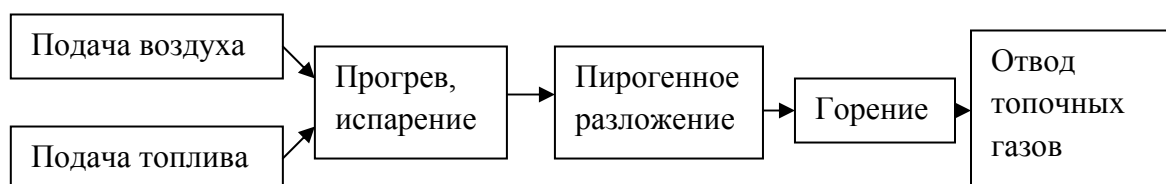
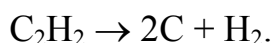


Рис. 1. Этапы горения различных видов топлива

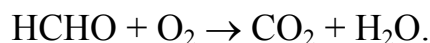
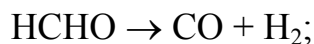
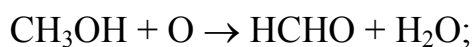
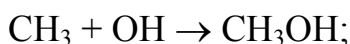
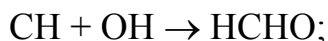
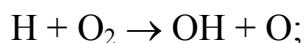
На втором этапе осуществляется прогрев и испарение. Оптимизация температурного режима этого этапа позволит увеличить поверхность взаимодействия топлива с окислительной средой, что также позволит эффективно получать и управлять энергетическими потоками пламени.

Внешнее воздействие на третий этап – пирогенное разложение – можно осуществлять только косвенно, путем добавок в топливо, а также созданием внешних условий непосредственно перед этапом горения.

На примере метана можно рассмотреть химические взаимодействия, которые происходят при пирогенном разложении:



Этап горения на примере метана можно представить по следующим химическим реакциям:



Наибольшее практическое применение имеет метод сжигания жидкого топлива в распыленном состоянии. Наиболее благоприятно протекает процесс смешения и разложения топлива в случае подвода всего воздуха для горения к основанию факела. Сгорание топлива должно заканчиваться в топочной камере без залетания факела в конвекционную секцию. Дымление при сгорании должно быть минимальным.

Библиографический список

1. Пат. 2188411 Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин., В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-та. – № 2001116233/28 ; заявл.13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с.: ил.

2. Ушаков, А. В. Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.

3. Баршутин, С. Н. Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 191.

4. Москвитин, С. П. Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699

5. Чернышова, Т. И. Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21. № 3. – С. 381 – 387.

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

Г. Д. Колесников

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ

g-kolesnikov@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

Среди многих видов неразрушающего контроля (НК) особый интерес для энергетики представляет тепловой НК. Тепловой НК основан на регистрации

возмущений, вносимых внутренними дефектами и аномалиями в эталонный характер распределения поверхностных температур.

В неразрушающем контроле различают два вида теплового контроля – активный и пассивный [1]. На рисунке 1 представлена функциональная схема теплового неразрушающего контроля. Активный и пассивный тепловой контроль широко применяются во многих отраслях промышленности. В энергетике активно применяется пассивный тепловой контроль.

При использовании пассивного метода (метод собственного излучения) тепловые источники не используют. Вместо этого регистрируют тепловые потоки работающих объектов, ставя в соответствие местам повышенного нагрева неисправности и дефекты.

Активный метод теплового контроля используется, если в процессе эксплуатации контролируемый объект не подвергается достаточному тепловому воздействию, либо измерение температуры объекта в процессе эксплуатации технически невозможно. Активный тепловой контроль в основном предназначен для оценки свойств и однородности материалов [2, 3].

Достоинствами неразрушающего теплового контроля являются:

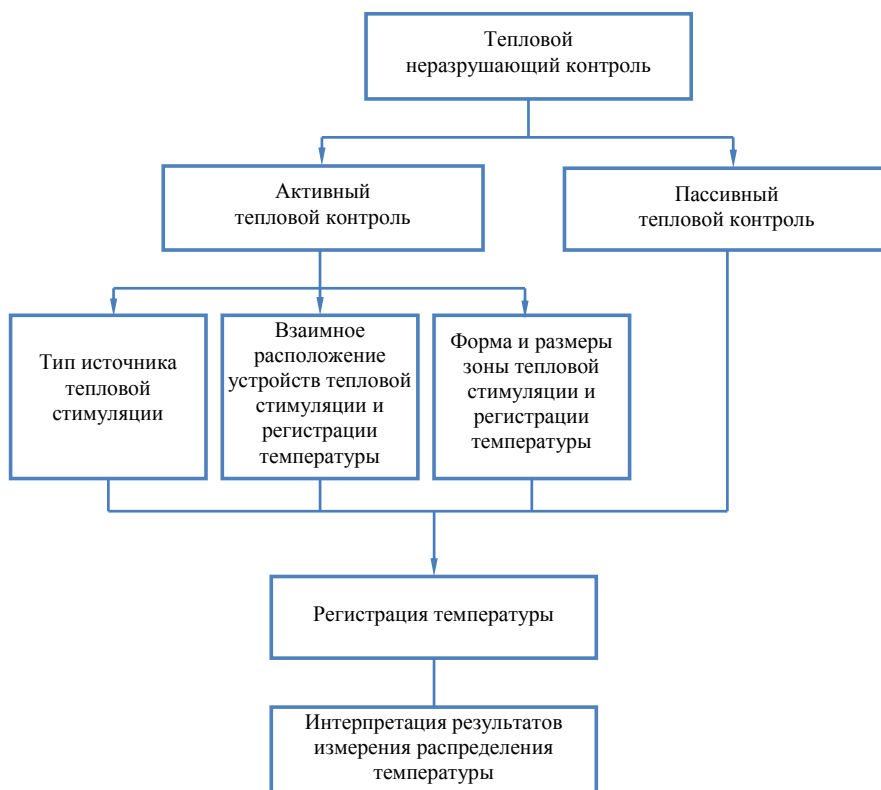


Рис. 1. Функциональная схема теплового неразрушающего контроля [1]

- дистанционность,
- высокая скорость обработки информации;
- высокая производительность испытаний;
- возможность контроля при одно- и двустороннем подходе к изделию;
- теоретическая возможность контроля любых материалов;
- многопараметрический характер испытаний;
- возможность взаимодополняющего сочетания теплового НК с другими видами неразрушающего контроля;
- сочетаемость со стандартными системами обработки информации;
- возможность поточного контроля и создания автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами.

Библиографический список

1. **Неразрушающий** контроль : справочник: в 7 т. ; под общ. ред. В. В. Ключева. – Т. 5: В 2-х кн. – Кн. 1. Тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : Машиностроение, 2004. – 679 с.

2. **Многомодельные** методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов : учеб. пособие / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, О. Н. Попов; под ред. С. В. Мищенко. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

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

Г. Д. Колесников

ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

g-kolesnikov@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

Создание высокоэффективных энергетических установок, обеспечивающих наряду с экономией топлива улучшение экологических показателей,

уменьшение стоимости всего жизненного цикла является одной из самых актуальных задач.

В наращивании энергетических мощностей электростанций главенствующая роль переходит к газотурбинным установкам (ГТУ) и к результату их эволюции – парогазовым установкам (ПГУ). ГТУ и ПГУ применяются в качестве постоянных, резервных или аварийных источников тепло- и электроснабжения в городах, а также отдаленных, труднодоступных районах. Так, на электростанциях США с начала 1990-х более 60 % вводимых и модернизируемых мощностей уже составляют ГТУ и ПГУ, а в некоторых странах в отдельные годы их доля достигала 90 %.

Газотурбинная установка – это агрегат, состоящий из газотурбинного двигателя, редуктора, генератора и вспомогательных систем. Поток газа, образованный в результате сгорания топлива, воздействует на лопатки турбины и создает крутящий момент, вращая ротор, который соединен с генератором. Генератор вырабатывает электроэнергию. В основе конструкции газотурбинного агрегата лежит принцип модульности [1].

В созданных установках повышение КПД и удельной мощности достигается за счет введения промежуточного подогрева после турбины высокого давления, впрыском пара в камеру сгорания ГТУ, впрыском воды на входе в компрессор, впрыском воды на входе в рекуператор ГТУ регенеративного цикла [2, 3]. В некоторых случаях КПД таких установок с утилизацией теплоты может достигать до 52 % при высоком уровне коэффициента использования топлива и улучшении экологических показателей.

Примерно 77 % эксплуатируемых газотурбинных установок, работающих в простом цикле, имеют огромные тепловые потери на выхлопных газах ГТУ. Компания *General Electric* (США) нашла несколько инновационных решений для увеличения прибыли от эксплуатации ГТУ за счет повышения суммарного КПД установок, получения дополнительной электроэнергии и ограничения выбросов вредных веществ в атмосферу [4]. Компания предложила доработать газотурбинную установку комплексом оборудования с пентановым циклом для утилизации выхлопных газов.

Уже десятилетия природный и попутный газ являются основными энергоисточниками, а газотурбинные установки самым эффективным генерирую-

щим оборудованием. Поэтому научные сотрудники и компании-производители продолжают заниматься исследованиями в этой области, искать новые решения для повышения эффективности и экологичности согласно жестким требованиям рыночной конкуренции.

Библиографический список

1. **Зысин, Л. В.** Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции : учеб. пособие / Л. В. Зысин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
2. **Латыпов, Р. Ш.** Вопросы рациональной эксплуатации газотурбинных установок: учеб. пособие / Р. Ш. Латыпов. – Уфа : УГНТУ, 2000. – 100 с.
3. **Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак.** Повышение эффективности работы газотурбинной установки / Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак, О. Н. Попов // Энергосбережение и эффективность в технических системах. – 2017. – С. 185 – 186.
4. **Буррато, А.** Повышение общей эффективности термодинамического цикла газотурбинной установки / А. Буррато // Газотурбинные технологии. – 2010 – № 7 (88). – С. 16 – 17.

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

Г. Д. Колесников, О. Н. Попов

МНОГОМОДЕЛЬНЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ

popov_oleeg@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, в системе изделие – зонд осу-

ществляется с помощью двух нагревателей в виде узкой полосы каждый постоянной мощности (рис. 1), встроенных в подложку измерительного зонда (ИЗ). В ходе эксперимента термоэлектрическими преобразователями (ТП) фиксируются термограммы – зависимости избыточной температуры (или температуры изделия) от времени (рис. 2).

Применен многомодельный подход к анализу и аналитическому описанию нестационарного теплопереноса, реализуемого при неразрушающем контроле (НК) структурных превращений измерительной системой (ИС).

Получены решения задач, описывающих процессы распространения тепла в полуограниченном теле от одного линейного источника тепла постоянной мощности (Модель А) и от двух линейных источников тепла (Модель В) [1, 2].

Исследован многомодельный метод НК температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах (ПМ) по аномалиям теплофизических свойств, которые определяют пошагово через равные промежутки времени, исходя из закономерностей распространения тепла в цилиндрическом полупространстве от двух нагревателей в виде узкой полосы каждый постоянной мощности при регуляризации тепловых потоков. Метод может быть реализован с предварительной калибровкой ИС по образцовым мерам теплофизических свойств.

Исследован метод НК температурных характеристик структурных переходов в ПМ по аномалиям ряда информативных параметров математических моделей нестационарного распространения тепла. Метод не требует калибровки ИС.

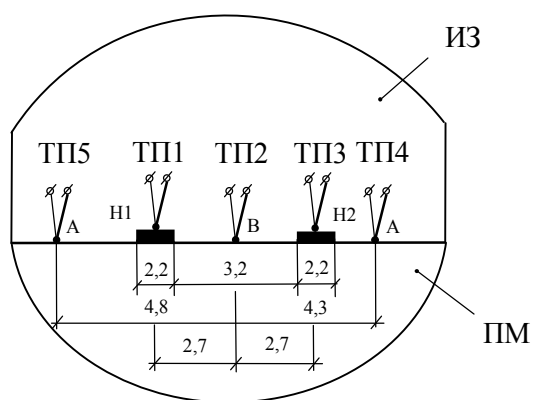


Рис. 1. Измерительная схема

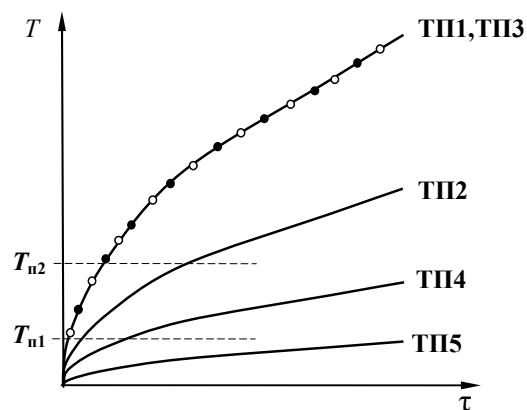


Рис. 2. Термограммы

Исследован метод НК температурных характеристик структурных переходов в ПМ по изменениям скоростей нагрева, определяемым с экспериментальных термограмм в контролируемых точках, расположенными на контактной поверхности подложки ИЗ.

Библиографический список

1. **Теоретическое** обоснование метода неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, О. Н. Попов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 296 – 302.
2. **Попов, О. Н.** Теоретическое обоснование метода неразрушающего контроля твердофазных переходов в полимерах / О. Н. Попов, Н. П. Жуков, И. В. Рогов // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (Специальный выпуск). – С. 46 – 52.

Е. С. Колесникова, Д. В. Корпусов

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЖИРОВОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

awesome009@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

При изучении несоответствий параметров продукции ее описательной характеристике на этикетке, установлено, что данный вопрос остается очень далеким от разрешения. Среди продуктов, фальсификация которых часто встречается, следует указать следующие: масло коровье сливочное; растительные масла; мясные продукты сложного состава; шоколад; детское питание и др. [1].

Масло коровье сливочное и растительные масла. Наиболее частыми случаями фальсификации являются факты смешения молочного жира с растительными жирами и жирами морских млекопитающих, а также смешения дорогостоящих растительных масел с дешевыми (например, оливкового с соевым,

рапсовым, или пальмовым). Фальсификация мясных продуктов сложного состава связана с заменой или смешением мясного сырья разного вида (например, добавка птичьего фарша в свиной фарш, замена фарша индейки куриным). Часты случаи добавки заменителей и эквивалентов масла какао при изготовлении шоколадных изделий.

Рассмотрим ряд примеров применения пальмового масла. Известно, что пальмовое масло используют для приготовления специальных жиров и продуктов, таких как заменители молочного жира, эквиваленты масла какао, жиры для глазури, жиры для жарки, топленое масло, спрэды, кондитерские жиры, наливные маргарины, майонезы, суповые смеси, заменители молочного жира и др.

Основные продукты с содержанием пальмового масла:

1) *кондитерские изделия*: шоколад, пирожные, круассаны, шоколадные конфеты, печенье сдобное, пряники, шоколадные батончики, особенно много пальмового масла в вафлях, поэтому они относительно дешевые по сравнению с другими кондитерскими изделиями;

2) *молочные продукты*: йогурты; сыры; спрэды; сметана; сливки; творожные десерты; кисломолочные напитки; глазированные сырки; мороженое;

3) *полуфабрикаты*: пельмени; вареники; хинкали; чебуреки; котлеты; битки;

4) *продукты быстрого приготовления*: вермишель быстрого приготовления; вкусовые приправы;

5) *готовые упакованные соусы*: майонез; тартар и любые другие соусы на майонезной основе и основе растительного масла.

Так, в состав пальмового масла входит незначительное количество ненасыщенных жирных кислот и около 50 % насыщенных жиров. Насыщенные жирные кислоты, находящиеся в составе пальмового масла, оказывают такое же негативное воздействие на организм человека, как и гидрогенизированные жиры. При этом следует отметить, что в природе нормальная пространственная структура ненасыщенных жирных кислот соответствует цис-форме, а в процессе гидрогенизации происходит поломка молекулы, и она превращается в транс-форму (чуждую для организма человека) [1].

Использование пальмового масла в детском питании особенно недопустимо, поскольку его добавление в смеси для младенцев приводит к дефициту кальция недостаточной минерализации костей, проблемам с пищеварением и др. [2].

В большинстве случаев пальмовое масло нормируется в продуктах и должно отражаться в составе. В связи с изложенным следует считать, что разработка измерительных средств для целей идентификации жирового состава продуктов питания, актуальна. Применение же метода неразрушающего контроля состава жиров по температуре плавления и застывания, представленного в работах [3, 4], перспективно.

Библиографический список

1. **Пальмовое** масло в детском питании: научные факты и мнение экспертов [Электронный ресурс] // Эффективная фармакотерапия. – 2014. – № 58. – С. 4. – Режим доступа : <http://pressria.ru/pressclub/20141118/949719501/html> (дата обращения: 25.12.2018).
2. **Чимонина, И. В.** Влияние пальмового масла на здоровье человека (критический анализ) / И. В. Чимонина, А. А. Жукавина // Мир науки, культуры, образования. – 2015. – № 2 (51). – С. 522 – 524.
3. **Измерительная** система контроля качества жиров в пищевой промышленности / Н. Ф. Майникова, С. О. Васильев, А. О. Антонов, О. Н. Попов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 261 – 267.
4. **Барсуков, А. А.** Контроль качества покрытий твердых сыров / А. А. Барсуков, С. С. Никулин, Н. Ф. Майникова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 269 – 274.

К. С. Комбаров

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИКЛА ТРИНКЛЕРА

kombarov.kirill2017@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Цикл со смешанным подводом теплоты – цикл Тринклера – характерен для так называемых бескомпрессорных двигателей тяжелого топлива. По окон-

чании сгорания топлива дальнейшее расширение продуктов сгорания (рабочий ход) происходит адиабатически (процесс 4–5), после чего отработавшие газы удаляются из цилиндра (процесс 5–1). Таким образом, в цикле со смешанным сгоранием подвод теплоты $q_1(Q_p)$ осуществляется вначале по изохоре, а затем по изобаре.

Цикл Тринклера состоит из пяти процессов, определяемых по известному алгоритму. Известны начальные параметры в точке 1 (давление и температура), а также безразмерные отношение параметров в некоторых процессах (табл. 1).

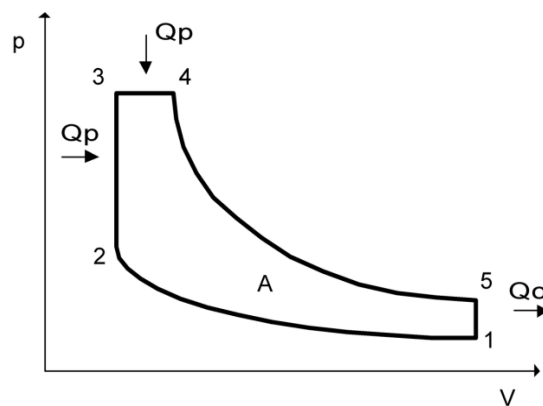


Рис. 1. Схема ДВС p – v диаграммы цикла Тринклера:

1 – впускной клапан; 2 – выпускной клапан

1. Исходные данные

r_{N_2}	r_{O_2}	$r_{\text{H}_2\text{O}}$	r_{CO_2}	p_1 , МПа	t_1 , °C	ε	λ	ρ	n_1	n_2
%										
72,5	5,5	12	10	0,09	25	10	1,3	1,35	1,23	1,11

Определим параметры для основных точек цикла (табл. 2).

2. Параметры характерных точек цикла

Параметр	1	2	3	4	5
p , МПа	0,09	1,5284	1,9869	1,9869	0,2152
v , м ³ /кг	0,961	0,0961	0,0961	0,1297	0,961
T , К	298	505,89	657,66	887,84	712,29

3. Характеристики процессов

Параметр, кДж/кг	1–2	2–3	3–4	4–5	5–1
q	–93,97	128,094	272,303	301,244	–341,789
l	–262,43	0	66,76	463,356	0
Δu	166,104	128,094	205,321	–157,819	–341,789
Δh	226,6	172,259	272,303	–208,905	–462,348

Определим характеристики (табл. 3).

На основе проведенного анализа, можно сделать следующие выводы цикл со смешанным подводом теплоты целесообразно применять при значительных степенях сжатия (больше 12) и с возможно большими значениями степени повышения давления. По данному циклу работают все быстроходные дизели без наддува. КПД цикла Тринклера может превышать КПД цикла Отто за счет увеличения степени сжатия.

Библиографический список

1. Латушина, Н.Г. Техническая термодинамика с основами теплопередачи и гидравлики / Н.Г. Латушина, О.В. Макашова, Р.М. Медведев, Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988.-336 с.

2. Ястржембский, А.С. Термодинамика и история ее развития / Ястржембский А.С. - М.-Л. : Энергия, 1966.-668 с.

3. Брилинг, Н. Р. Быстроходные дизели [Текст] : [Учеб. пособие для высш. техн. учеб. заведений] / Н. Р. Брилинг, М. М. Вихерт и И. И. Гутерман. - Москва : Машгиз, 1951. - 520 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ТЕПЛОТЕ КОМПЛЕКСА ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

alexei-korvyakov@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Актуальность работы обусловлена импортозамещением сельскохозяйственной продукции. Данные от Московского НИИ питания утверждают, что среднестатистический житель России должен потреблять 87,6 кг свежих овощей в год. Из них около 13 кг выращиваются в теплицах. В настоящее время доля продукции российских теплиц в общем потреблении овощей среднестатистическим жителем составляет всего 4 кг в год. Перед АПК ставится задача – обеспечить население России тепличными овощами, в том числе отечественного производства.

Целью работы является составление математической модели теплового расчета культивационных сооружений для круглогодичного выращивания овощей, которая позволит отслеживать потребность в теплоте в течение года. Также необходимо оперативно определить мощность источников теплоты для выращивания различной овощной продукции. Задачей исследования является оптимизация энергозатрат, так как последние составляют не менее 90 % от совокупных затрат комплекса.

В работе составлена математическая модель теплового расчета культивационных сооружений для круглогодичного выращивания овощей. За основу был взят агропромышленный комплекс в городе Данков.

В результате определены оптимальная толщина и термическое сопротивление ограждающих конструкций, а также для площади 10,5 га найдены суммарные тепловые потери через них в условиях холодной пятидневки, которые составили 8,4 МВт.

Дальнейшее направление исследования – разработка технических решений по обогреву культивационных сооружений.

Библиографический список

1. **СП 131.13330.2012** Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М., 2012.

2. **Староверов, И. Г.** Внутренние санитарно-технические устройства / И. Г. Староверов, Ю. И. Шиллер. – Ч. 1. Отопление. – М. : Стройиздат, 1990.

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

К. О. Коробов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ТЕПЛОВЫМИ МЕТОДАМИ.

loldzh@bk.ru

Тамбовский государственный технический университет

При изготовлении различных изделий, строительных и рекламных конструкций часто используется стальной металлопрокат, имеющий различные полимерные покрытия. Полимерные покрытия на металле предназначены для защиты от коррозии и для придания ему декоративных свойств.

Полимерное покрытие получают различными методами: нанесением заранее изготовленной плёнки, погружением в расплав полимера, валковым методом нанесения жидкого полимера, напылением полимера в порошкообразном состоянии электростатическим методом. Чаще всего для покрытий используют следующие полимерные материалы: полиэстер (полиэфир); полиэстер, модифицированный тефлоном; пластизоль поливинилхлоридный; поливинилиденфторид; акрил и др.

Качество покрытия очень сильно зависит от его толщины. Слишком тонкое покрытие может легко пропускать жидкости и газы и тем самым вызывать коррозию и преждевременное разрушение изделия. Очень толстое покрытие может растрескиваться и отслаиваться.

Существуют различные методы определения толщины покрытия: акустические; электромагнитные; радиационные; электрические; радиоволновые; оптические; тепловые. Разнообразие методов обуславливается свойствами материала основания и покрытия. Каждый из методов предназначен для определённых условий использования.

Тепловые методы основаны на измерении, мониторинге и анализе температуры. Основным условием применения тепловых методов является наличие в исследуемом объекте тепловых потоков. Процесс передачи тепловой энергии сопровождается изменением температуры объекта, которая изменяется относительно температуры окружающей среды. Распределение температуры на поверхности объекта несет информацию об особенностях процесса теплопередачи, внутренней структуре объекта и наличии скрытых внутренних дефектов.

Тепловые методы неразрушающего контроля обладают высокой оперативностью и информативностью, широкими функциональными возможностями. Наиболее сложной и важной задачей при создании нового теплового метода неразрушающего контроля является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих теплофизические процессы, происходящие в объектах контроля [1, 2]. По результатам исследований создаются методы и измерительные системы неразрушающего теплового контроля [3]. Тепловые методы рекомендуется использовать в тех случаях, когда заметно отличаются теплофизические характеристики материалов покрытия и основания.

Описание одного из вариантов теплового метода неразрушающего контроля и реализующей его измерительной системы приведено в [3].

Библиографический список

1. **Никулин, С. С.** Моделирование температурного поля в металлическом изделии с покрытием из поливинилиденфторида / С. С. Никулин, К. С. Хромый, А. Ю. Ярмизина // Международная научно-практическая конференция "Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн". – Изд-во ТГТУ. – 2015. – С. 244 – 249.

2. **Жуков Н. П.** Математическая модель распространения тепла в системе двух полуограниченных тел на стадии остывания / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, С. С. Никулин // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21. № 3. – С. 388 – 392.

3. **Кох-Татаренко, В. С.** Метод и измерительная система теплофизического контроля / В. С. Кох-Татаренко, С. С. Никулин, Н. П. Жуков, А. И. Ко-

четков // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30, № 10 (179). – С. 43 – 45.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя С. С. Никулина*

Д. В. Корпусов

КОНТРОЛЬ ЖИРОВОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

awesome009@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

В данной работе рассматриваются приборы, которые предназначены для определения значений температуры плавления жиров и применяются в настоящее время в пищевой промышленности.

Для контроля потребительских свойств готовой пищевой продукции температура плавления имеет практическое значение, так как является константой, очень чувствительной к примесям, поэтому по ее значению можно провести идентификацию жира и определить степень его чистоты [1].

При охлаждении жидкий жир переходит в твердое состояние. Плавление и застывание представляют собой обратимые процессы. Для химически чистых индивидуальных веществ значения температуры плавления и застывания совпадают. Для жиров (смеси жирных кислот и триглицеридов) значение температуры застывания ниже значения температуры плавления. Данное явление обусловлено различными показателями температуры застывания триглицеридов с разным жирнокислотным составом, эффектом переохлаждения и наличием полиморфизма [1].

На предприятиях пищевой промышленности значения температуры плавления и застывания жира определяются в ручном режиме. Для определения температуры застывания жира записывают показания термометра, находящегося в сосуде Жукова, с дальнейшим построением кривой и определением температуры застывания в соответствии с методикой, представленной в [2].

Основными преимуществами автоматизированных приборов для определения значений температуры плавления и застывания жиров растительного

и животного происхождения в целях их идентификации являются: возможность определения качества жира по кривой плавления (при нагревании и остывании жиров значения скорости нагрева изменяются аномально в области фазовых переходов); автоматизация измерения; отсутствие субъективной погрешности анализа; возможность документирования полученных результатов.

Известна конструкция четырехканального автоматического измерителя температуры застывания жира, который содержит четыре сосуда Жукова со встроенными датчиками температуры. Датчики через микропроцессорную плату управления подключены к персональному компьютеру [2].

Разработан лабораторный прибор автоматического контроля температуры плавления и застывания жира. Прибор снабжен цилиндрической стеклянной кюветой, которая заполняется анализируемым жиром, охлаждается и устанавливается в нагреватель. Плавный нагрев кюветы с жиром проводится по программам от персонального компьютера через блок управления. Температура плавления и график перехода жира из твердого состояния в жидкое при нагреве, а также температура застывания жира и график перехода жира из жидкого состояния в твердое при остывании выводятся на экран компьютера. Пределы измерения температуры плавления жира данным прибором от 12 до 50 °С [3]. Следует отметить, что известные методы [1 – 3] не позволяют неразрушающим способом определять значения температуры плавления и застывания жиров.

В работах [4, 5] представлено описание измерительной системы (ИС), выполненной в виде портативного мобильного варианта, что разрешает проводить испытания мясной продукции, сыров, кондитерских изделий и других пищевых продуктов, в целях идентификации жирового состава, в полевых условиях (цеха предприятий, склады торговых сетей, таможни). Применение мобильного варианта ИС, реализующего неразрушающий способ, существенно удешевляет и упрощает анализ продуктов.

Библиографический список

1. **Технологический** контроль жиров и жирозаменителей: учеб. пособие / под ред. О. Б. Рудакова. – СПб.: Лань, 2011. – 576 с.

2. **Четырехканальный** измеритель температуры застывания жира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tdizmerenie.ru/analit_control/control (дата обращения: 25.12.2017).

3. **Измеритель** температуры плавления и застывания жира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tdizmerenie.ru/analit_control/control (дата обращения: 25.12.2017).

4. **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.

5. **Измерительная** система контроля качества жиров в пищевой промышленности / Н. Ф. Майникова, С. О. Васильев, А. О. Антонов, О. Н. Попов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 261 – 266.

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

А. А. Красова, Н. Э. Суркова

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ

krasovaalina98@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Состояние энергосистемы России в последнее время характеризуется высокими потерями, пониженным уровнем надежности и износом. На данный момент остро стоит вопрос о создании сети нового поколения. Во многих странах особое внимание уделяют системе интеллектуальных сетей SmartGrid, в России – активно-адаптивных сетей. Интеллектуальная сеть – это автоматически балансирующая и самоконтролирующаяся энергетическая система, способная принимать энергию от любого источника (уголь, солнце, ветер) и преобразовывать ее в конечный продукт для потребителей (тепло, свет, теплую воду) при минимальном участии людей [1 – 3].

Для повышения комфорта проживания и экономии ресурсов люди развивают системы «Интеллектуальные сети», переходя от ручного управления к современному способу, позволяющего автоматизировать и упростить управление различными устройствами дома или квартиры.

Рассмотрим ситуацию, когда у Вас есть квартира в старом доме, где система отопления была сделана 30–40 лет назад. Соответственно, в Вашей квартире нет газового котла, нет распределительной гребенки, нет никаких насосов и в принципе нет возможности чем-либо управлять. В принципе, до недавнего времени единственной возможностью управления в такой ситуации было установка так называемых механических термоголовок на радиаторы. На этих термоголовках устанавливается заданная температура, и они в зависимости от установленной температуры открываются или закрываются.

Компания ТЕСН пошла еще дальше в своем развитии и предлагает Вам терморегулятор, который управляет радиоуправляемыми термоэлектрическими сервоприводами. Вы в контроллере устанавливаете необходимую температуру, и он контролирует температуру, открывая или закрывая привода на батареях. Совсем недавно был введен фирмой ТЕСН в оборот более новый продукт – контроллеры, которые управляют температурой 8 помещений, и в каждом помещении шестью радиаторами (рис. 1).

В каждом помещении можно установить свою температуру, можно управлять всеми параметрами через интернет ТЕРЛОСОМ GSM позволяет информировать пользователя о параметрах работы элементов отопительной системы дома, вовремя передать информацию об отклонении в параметрах работы

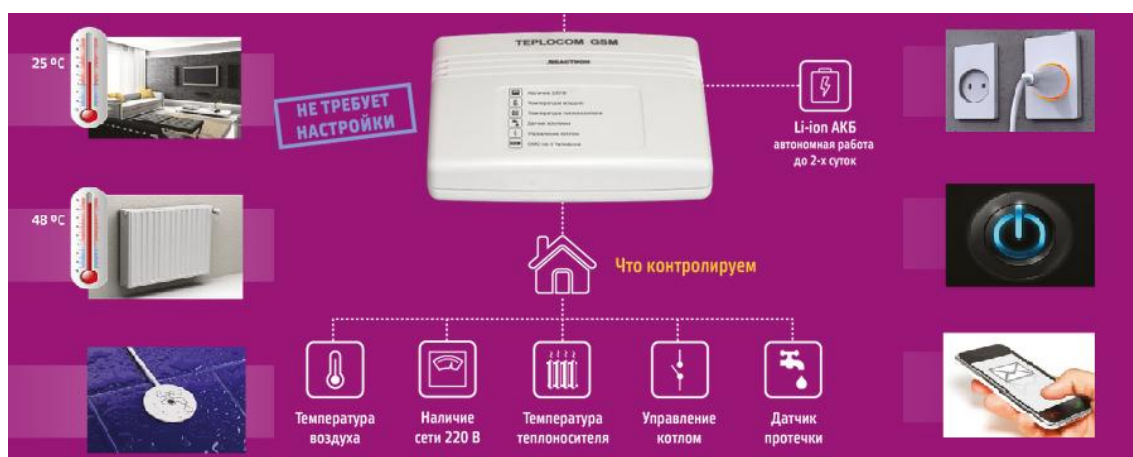


Рис. 1. Контроллер ТЕРЛОСОМ GSM

или аварийной ситуации через GSM канал. Устройство позволяет снимать информацию с датчиков температуры, давления, движения, газоанализатора, протечки. Устройство дает возможность передавать команды на исполнительное

устройство через GSM канал. TEPLOCOM GSM позволяет решать задачи по управлению отоплением дома как элементом системы умного дома.

Технологии «умного дома» постоянно развиваются. Сегодня эти системы управляют следующими подсистемами: безопасность; контроль доступа; наблюдение; климат; водоснабжение; теплоснабжение; электроснабжение.

Библиографический список

1. **Балашов, А. А.** Содержания системы теплоснабжения многоквартирного дома / А. А. Балашов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тез. докл. 2-й Междунар. конф. с элементами научной школы. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2015. – С. 210 – 212.

2. **Балашов, А. А.** Оптимизация системы отопления жилого дома в г. Тамбове / А. А. Балашов, О. В. Леонова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 221–222.

3. **Балашов, А. А.** Характеристики погрешностей при определении температуры структурных переходов в полимерах / А. А. Балашов, Д. С. Кацуба // Метрология. – 2014. – № 9. – С. 36 – 42.

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

А. В. Кузнецов, А. Г. Лёвин, С. С. Никулин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В МЕТОДЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ

syegres@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Авторами рассматривается тепловой метод неразрушающего контроля качества полимерных изделий с металлизированным покрытием [1]. В основе метода лежит предположение, что на термограмме, полученной в результате теплофизического эксперимента, имеются участки, для которых обеспечивается

высокая точность совпадения с результатами вычислений по аналитическим моделям. Изделие представляет собой конструкцию, состоящую из листа полимерного материала (акрила или поливинилхлорида) с металлизированным покрытием.

Использовалась программа Elcut Student, которая предназначена для двумерного моделирования температурных и других полей методом конечных элементов. Составлена и решена задача, в которой были заданы следующие условия моделирования. Тепловое воздействие на исследуемое изделие осуществляется с помощью плоского круглого нагревателя постоянной мощности, встроенного в подложку измерительного зонда.

Конструкция зонда подобрана так, что его можно считать полуограниченным. В области контакта зонд-изделие задан идеальный тепловой контакт. Фиксируются температурное поле и поле тепловых потоков в различные моменты времени. Полученные данные численного исследования позволяют выделить область, в которой происходит одномерное распространение тепла.

Для получения математических выражений расчета толщины покрытий или для выявления наличия посторонних включений между слоями может быть использовано полученное ранее решение краевой задачи нестационарной теплопроводности [1, 2].

Библиографический список

1. **Жуков, Н. П.** 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.

2. **Никулин, С. С.** Моделирование теплопереноса в многослойном изделии / С. С. Никулин, Е. В. Комбарова Б. А. Стромов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Материалы международной научно-практической конференции.– 2015.– С. 240 – 244.

Д. С. Курепина, Э. А. Мешкова, Д. С. Луцков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ЖИДКОГО ТОПЛИВА ИЗ ОГРАНИЧЕННОГО ИСТОЧНИКА

kurepina.dash@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Горение топлива – это процесс окисления горючих компонентов, происходящий при высоких температурах и сопровождающийся выделением тепла. Характер горения определяется множеством факторов, в том числе способом сжигания, конструкцией топки, наличием горючего вещества, концентрацией кислорода и т.д. Но условия протекания, продолжительность и конечные результаты топочных процессов в значительной мере зависят от состава, физических и химических характеристик топлива.

В эксперименте по сгоранию в топочной камере газовой горелки жидкого топлива (бензина «Галоша») формировался турбулентный поток пламени, выходящий из суживающегося сопла. Задачей было выявить зависимость расхода топлива от равномерного увеличения мощности горелки путем поворота вентиля на 180° . Исследования проводились на весах с точностью измерения до 1 г. Фотография установки представлена на рис. 1.



Рис. 1. Фотография экспериментальной установки

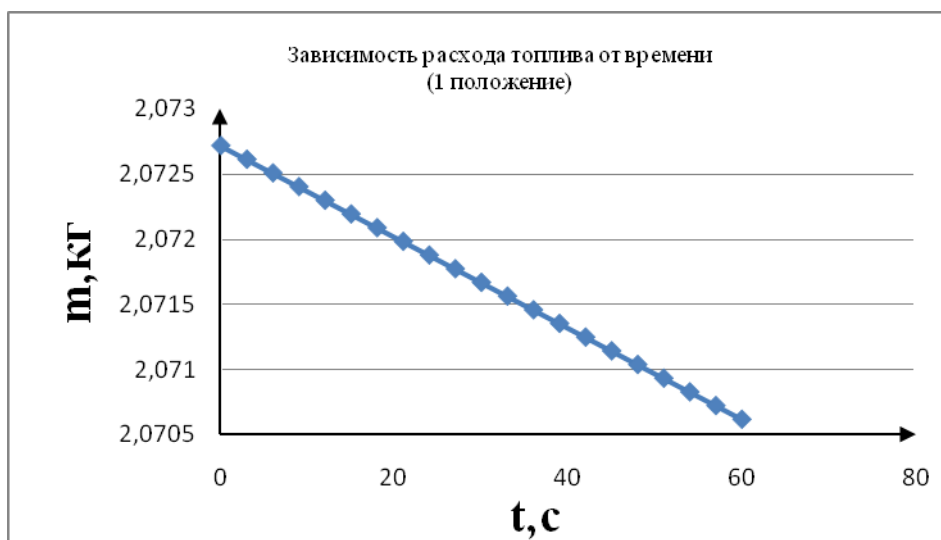


Рис. 2. График изменения массы в зависимости от времени

При начальном положении вентиля объем пламени был не велик, длина которого составила около 10 см. В течение минуты наблюдали, как изменяется масса топлива. Получив результаты, методом наименьших квадратов таблично составили зависимость расхода топлива от времени (рис. 2) и рассчитали средний массовый расход, который составил 0,05 г/с. Повернув вентиль горелки на 180° , поток пламени увеличил свои размеры до 15 см, а средний массовый расход возрос до 0,17 г/с. При полном обороте вентиля величина исходящего пламени составила максимальные размеры, а расход стал равен 0,28 г/с.

Эта закономерность объясняется тем, что наличие интенсивной турбулентности во всех случаях ускоряет горение: крупные капли топлива дробятся на более мелкие, ускоряя испарение, ускоряются процессы диффузии в пламени. Чем больше турбулизован поток, тем сильнее увеличивается поверхность пламени, тем больше количества смеси сгорает за единицу времени.

Библиографическое описание

1. Пат. 2188411 Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001116233/28 ; заявл.13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. №24. – 11 с. : ил.

2. **Ушаков, А. В.** Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.

3. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 191.

4. **Баршутина, М. Н.** Исследование электрических свойств полимерных диэлектрических матриц с наноструктурными объектами / М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин, А. В. Ушаков // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52. – С. 16 – 23.

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

Д. С. Курепина, С. В. Назарова, С. Н. Баршутин

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАМЕНИ

kurepina.dash@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Газы при нормальных условиях состоят из электрически нейтральных молекул, поэтому являются хорошими диэлектриками и электрический ток не проводят. Но при ионизации газа возникают свободные заряженные частицы, позволяющие создавать электрические токи при наложении внешнего потенциала.

Для термической ионизации газа необходима высокая температура (свыше 5000 °С). При сжигании топлива частичная ионизация газа возможна уже при 1000 °С. Поэтому для исследования электрических характеристик пламени необходимо разработать метод исследования электрических характеристик пламени.

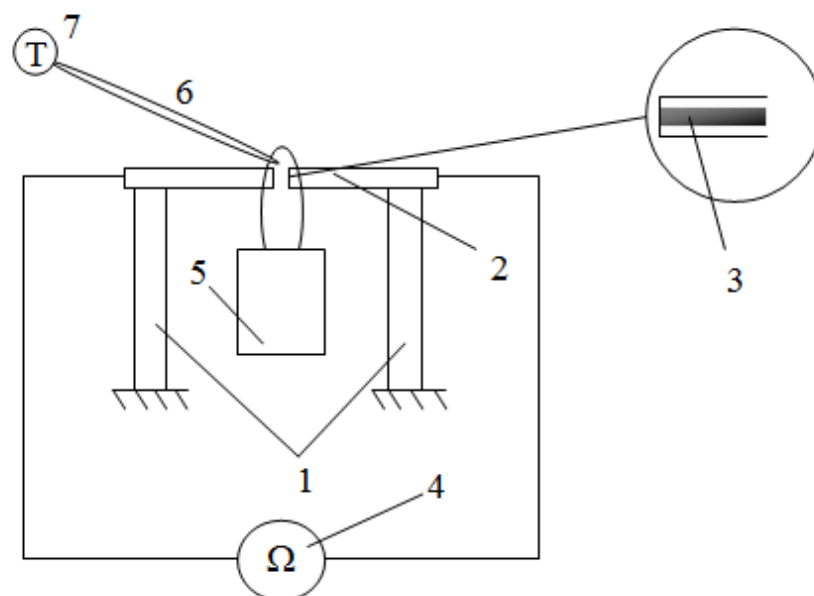


Рис. 1. Схема установки для исследования проводимости пламени:

1 – металлические стойки; 2 – полые керамические трубки; 3 – электроды;
4 – омметр; 5 – форсунка; 6 – термопара; 7 – индикатор температуры

Для разработки метода было собрано устройство, состоящее из элементов, представленных на рис. 1.

Металлические стойки 1, к которым присоединены керамические полые трубки 2. Внутри этих трубок находятся электроды 3, расположенные на расстоянии 1 мм друг от друга, образуя разрыв в электрической цепи. Из керамических трубок выходят электрические провода, подсоединенные к омметру 4. Для формирования огня в форсунку 5 подавались пары жидкого топлива. Температуру участков пламени измеряется с помощью термопары 6, которая присоединена к индикатору температуры 7.

На проводник электрической цепи мы воздействуем открытым пламенем, исходящим из камеры сгорания в которую топливо подается с помощью форсунки. Зазор между электродами устанавливается равным 1 мм и первоначально располагается на боковой границе пламени на расстоянии 10 мм от камеры сгорания. Далее, последовательно измеряя сопротивление между электродами, зазор перемещается в центр потока пламени [1 – 4].

В результате проведенного эксперимента электропроводимость пламени в зависимости от расположения зазора в нем менялось не значительно. При опорном напряжении равным 0,05 В сопротивление варьировалось

от 138 до 146 МОм, и только на границе пламенного потока сопротивление резко увеличивалось.

Библиографический список

1. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

2. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.

3. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

4. **Чернышова, Т. И.** Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 532 – 537.

А. В. Курицына

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ ХИМВОДОПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

kuritsyna_anastasia@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

В исследовательской работе рассмотрена система теплоснабжения производственного здания химводоподготовки (ХВП). Здание ХВП предназначено для размещения технологического оборудования водоподготовки систем цен-

трализованного теплоснабжения. В пространственном расположении здание ХВП представляет собой двухэтажную каркасную конструкцию. Первый этаж содержит машинный зал, где размещено насосное оборудование, и фильтровальный зал. Первый этаж здания обогревается централизованными водяными системами отопления – это водяная конвективная система с отопительными приборами в виде трубных регистров и воздушной системой отопления, при помощи отопительных агрегатов СТД-300. Над насосным отделением на втором этаже размещается деаэрационный зал. Второй этаж здания отапливается за счет внутренних энергетических ресурсов, а именно – тепlopоступлениями от работающих деаэраторов.

В процессе многолетней эксплуатации здания при его отоплении имеет место нерациональное использование энергии. Оптимальная температура внутреннего воздуха для холодного периода года составляет $17...19\text{ }^{\circ}\text{C}$, а допустимая $15...21\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. В результате работы установленных деаэраторов от их поверхности происходит интенсивное выделение теплоты в помещение второго этажа и в итоге происходит резкое расслоение температуры, как по высоте деаэрационного зала, так и по помещениям первого этажа, так как существует аэродинамическая связь между этажами. При натурных замерах температуры внутреннего воздуха, сделанных в зимний период года с помощью жидкостных термометров и пирометра была зафиксирована температура внутреннего воздуха внутри рабочей зоны помещения второго этажа $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше, что превышает допустимую. В потолочной зоне температура воздуха превысила $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура поверхности потолка составляла $34...35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В период измерения температуры внутреннего воздуха температура наружного воздуха составляла от $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на первом этаже в помещении машинного и фильтровального залов работали как конвективные системы отопления, так и воздушные отопительные агрегаты. Избыточная теплота, вырабатываемая деаэраторами, сбрасывалась через фрамуги в окружающую среду. В связи с чем, задача использования теряемых внутренних энергетических ресурсов является актуальной. Предлагается избыточные тепlopоступления от технологического оборудования второго этажа использовать для повы-

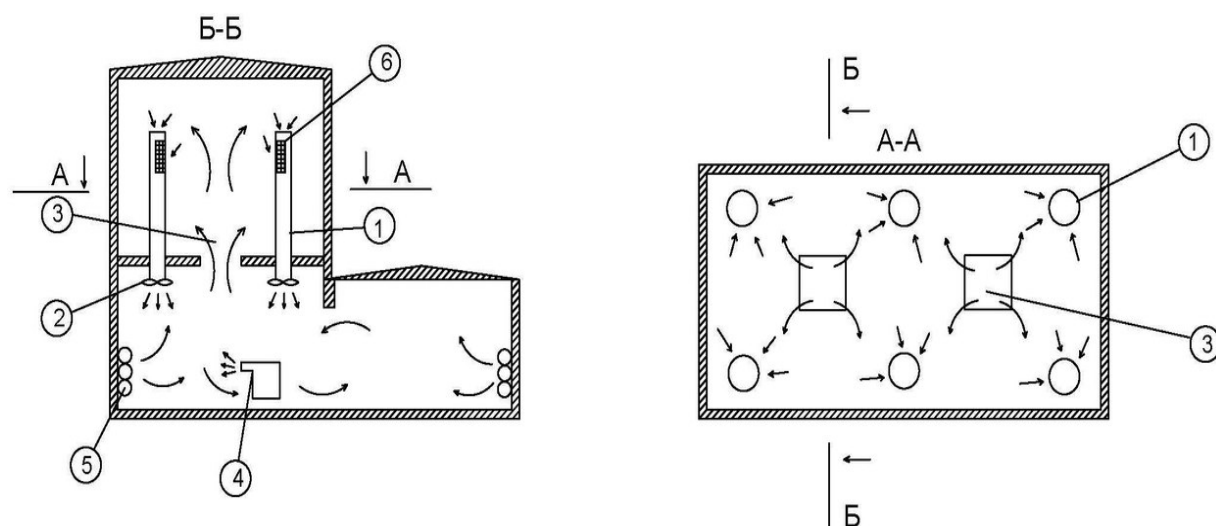


Рис. 1. Схема организации передачи избыточной теплоты со второго этажа на первый:

1 – воздуховод; 2 – осевой вентилятор; 3 – проемы в перекрытии;
4 – воздушно-отопительный прибор СТД-300; 5 – регистр; 6 – решетка

шения энергоэффективности системы отопления здания, а именно уменьшить затраты на отопление здания ХВП. Для этого необходимо:

- организовать подачу избыточного сбросного тепла со второго этажа на первый;
- установить воздуховоды с осевыми вентиляторами;
- обеспечить раздачу воздуха воздухораспределителями;

Для регулирования теплового режима на первом этаже здания в системе воздушного отопления предлагается установить регуляторы расхода воды на обратных трубопроводах после воздушных-отопительных агрегатов СТД-300. Схема организации передачи избыточной теплоты со второго этажа на первый приведена на рис. 1.

Библиографический список

1. **ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ.** Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением № 1).

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

ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТЕКЛОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ НЕЙМАНА-ПИРСОНА В ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТЕ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Согласно теореме статистической физики о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы, теплоемкость полимера зависит от числа степеней свободы. В стеклообразном или кристаллическом состоянии наблюдаются колебательные степени свободы, а в высокоэластическом и вязкотекучем, кроме того, – и вращательные, и поступательные степени свободы. Этим объясняется хорошо известный факт, что при переходе полимера через температуру стеклования его теплоемкость возрастает. В области фазовых переходов (плавление, кристаллизация) также наблюдается резкое изменение теплоемкости полимеров. Так как при температуре стеклования 35 °С в поливинилацетате (ПВА) его теплоемкость резко возрастает, то этот скачок можно характеризовать полезным сигналом [1, 3].

При реальной работе информационно-измерительной системы, которая реализует метод [2], возникает шум с достаточно большой амплитудой из-за теплового движения заряженных частиц в элементах электрических цепей. Поэтому исследование каналов передачи информации о возможных релаксационных переходах в полимере является актуальным.

Выбор критерия для оценки полезного сигнала определен объемом априорной информации о релаксационном переходе в полимере. Предлагается выделять сигнал о наличии релаксационного перехода в ПВА с помощью критерия Неймана–Пирсона. Алгоритм применения критерия Неймана–Пирсона имеет следующий вид: проверяется выборка тепловой активности (ϵ^*) ПВА в зависимости от значений температуры (T_s) [3], на нормальный закон распределения с помощью критерий Жака–Бера и Колмогорова–Смирнова; рассчитываются математическое ожидание выборки, выборочная дисперсия и среднее квадратическое отклонение; устанавливается вероятность ошибок 1-го рода (ложной тревоги); вычисляется вероятность ошибок 2-го рода (пропуска сигнала).

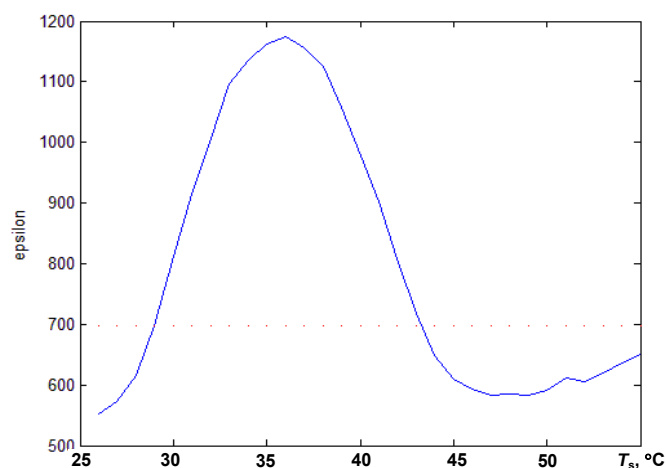


Рис. 1. Зависимость $\varepsilon^* = f(T_s)$ для изделия из ПВА со значением порога λ

ла) [3]; определяется порог для критерия Неймана–Пирсона; принимается решение о наличии релаксационного перехода в ПВА с помощью критерия Неймана–Пирсона [3,4].

Графическое изображение порога представлено на рис. 1.

Таким образом, можно предположить, что при использовании критерия Неймана–Пирсона для графической зависимости тепловой активности от температуры (рис. 1), значения которой, выше порога (λ) являются аномальными, и это свидетельствует о наличии релаксационного перехода в ПВА при температуре 35 °С, что подтверждено другими методами исследования.

Библиографический список

1. **Балашов, А. А.** Обзор методов выделения полезного сигнала для контроля структурного перехода в полимере / А. А. Балашов // Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ : сб. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. – 2015. – С. 291 – 298.

2. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.

3. **Балашов, А. А.** Обнаружение структурного перехода в политетрафторэтилене с помощью критерия Неймана–Пирсона / А. А. Балашов // Виртуаль-

ное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 293 – 296.

4. **Жуков, Н. П.** Статистическая обработка результатов неразрушающего контроля теплофизических свойств полимеров / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, А. А. Балашов, С. Н. Никулин // Депонированная рукопись. – 2004. – № 657-B2004. – 21 с.

*Работа выполнена под руководством
А. А. Балашова*

В. Н. Левин, А. А. Балашов

ЭФФЕКТ ПРЕДПЛАВЛЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Если бы плавление кристалла действительно можно было объяснить разрушением кристаллической решетки вследствие критического возрастания амплитуды ее колебаний, то следовало бы ожидать, что по мере приближения температуры кристалла к $T_{пл}$ те его свойства, которые зависят от колебаний, например решеточные составляющие удельной теплоемкости и термического расширения, будут обнаруживать предваряющие аномалии [1-3].

Возможно, что предплавление, проявляющееся в аномальном изменении удельной теплоемкости при очень медленном нагревании галлия, обусловлено поверхностными эффектами [1]. На монокристалле, окруженном расплавом того же состава и поддерживаемом при температуре $T_{пл}$, будет образовываться целый набор граней, пока над каждой из граней не установится истинное термодинамическое равновесие между твердой фазой и расплавом.

Исследовать такие эффекты, экспериментально очень трудно и имеющиеся в настоящее время данные по этому вопросу крайне ограничены. Эффект может зависеть от наличия чрезвычайно малых концентраций чужеродных атомов. Для ряда металлов имеются данные, что некоторые грани монокристаллов не смачиваются расплавом.

Измерения целого ряда физических свойств нормальных парафинов и их производных указывают на заметное предплавление, хотя скачок свойств при обычных давлениях всегда наблюдается при $T_{пл}$. Проведенные автором [1] измерения удельной теплоемкости впервые показали, что эффекты предплавления в тщательно очищенных парафинах больше, чем можно было объяснить на основе двухфазных явлений (рис. 1).

Это было также подтверждено путем намеренного добавления заметных количеств примесей. Некоторые примеси остаются в твердом растворе, где они могут облегчать гомофазное предплавление, но не приводят к образованию второй фазы – жидкой. Очень сходные результаты были получены при использовании дилатометрического метода исследования [1].

При температурах немного ниже $T_{пл}$ происходит фазовый переход первого рода и парафины приобретают гексагональную упаковку. В случае цепей с n от 24 до 44 изменение структуры имеет характер внезапного превращения, тогда как в других случаях оно происходит постепенно. На этот переход существенно влияет присутствие примесей в твердом растворе [1]. Любые заметные изменения кристаллической структуры, наблюдаемые с помощью рентгеновского анализа вблизи $T_{пл}$, по-видимому, происходят параллельно с термодинамическими аномалиями в области предплавления.

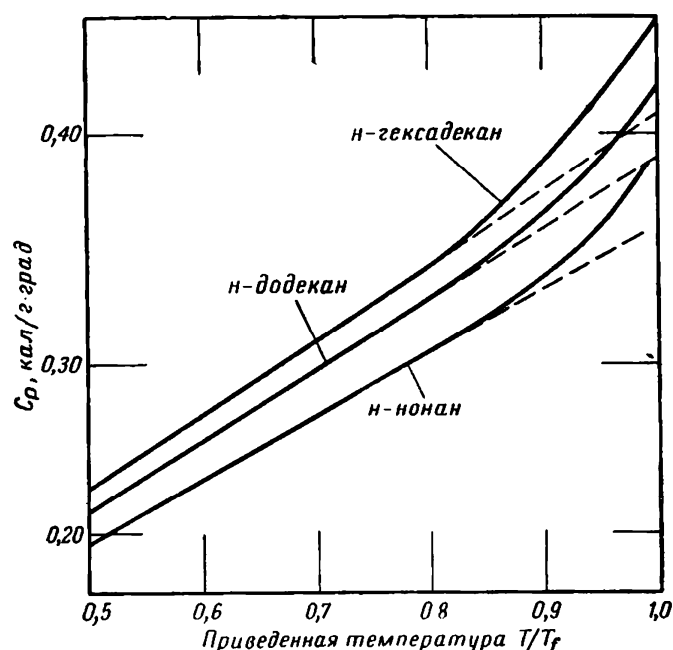


Рис. 1. Эффекты предплавления в парафинах

Во многих металлах вблизи $T_{пл}$ наблюдается аномальное возрастание удельных теплоемкостей до величины, намного превышающей значение, даваемое законом Дюлонга–Пти. Однако возможная зависимость наблюдаемых эффектов от содержания примесей оценивалась в разных работах совершенно по-разному, так что надежность подобных данных в настоящее время очень неодинакова.

Библиографический список

1. **Уббелоде, А.** Плавление и кристаллическая структура / А. Уббелоде ; под ред. А. И. Китайгородского. – М. : Мир, 1969. – 420 с.
2. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.
3. **Муромцев, Ю. Л.** Анализ погрешностей многомодельного метода измерения теплофизических характеристик композитов Часть 2. Оценка систематической погрешности / Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2000. – Т. 6, № 4. – С. 562 – 571.

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

Д. С. Луцков, Д. С. Курепина, Э. А. Мешкова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКА ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА ПЛАМЕНИ

dmitrii_luckov250898@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

При формировании турбулентного потока пламени в результате генерируются звуковые колебания, которые могут отражать некоторые характеристики движения пламени. Исследование данных характеристик проводилось при различных скоростях, производился съем звукового ряда.

При проведении эксперимента, мы использовали обычную горелку, в которой формирование турбулентного потока. Проводя исследование, мы выявляли зависимость между частотной характеристикой пламени от расхода жидкого топлива при разной интенсивности горения пламени.

Исходя из полученных нами данных, в результате проведения эксперимента, при некотором количестве положений мощности распыления топлива, нами были получены результаты характеристики звукового ряда, которые представлены в спектральном графике (рис. 1). Частотная характеристика звука представляет собой график зависимости изменения амплитуды выходного сигнала от его частоты во всем диапазоне воспроизводимых частот. В итоге проведенного нами исследования, исходя из наших данных, сгенерировался подобный график, в котором отображается частотная характеристика звука (рис. 2).

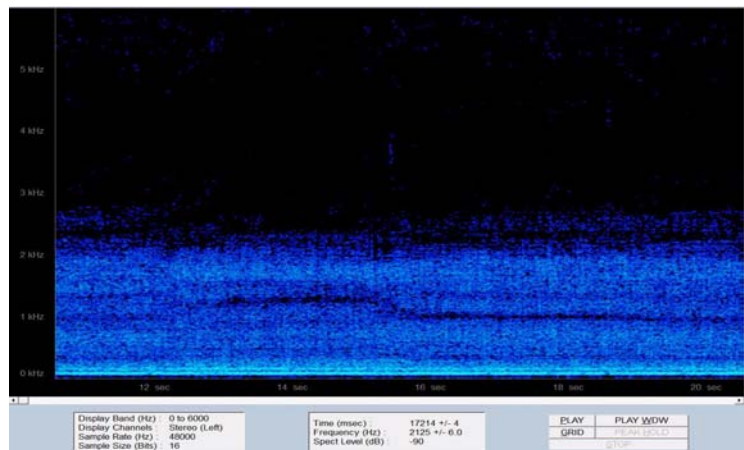


Рис. 1. Частотная характеристика звука турбулентного потока пламени на временном интервале $t = 10$ с

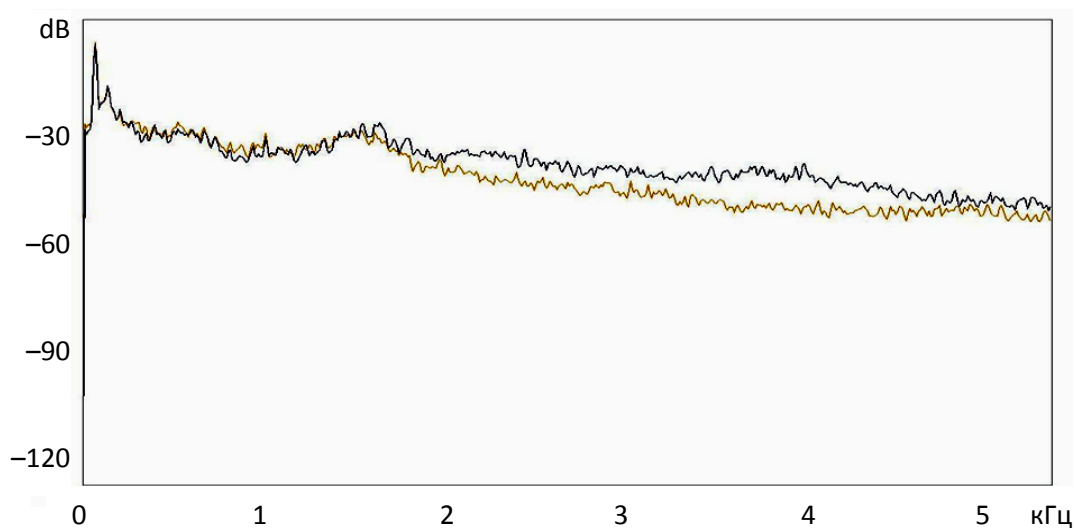


Рис. 2. Частотная характеристика при различных скоростях турбулентного потока пламени

На основании всего вышесказанного и приведенных графиков, можно сделать вывод, что частотная характеристика звука турбулентного потока пламени меняется, в зависимости от мощности горения пламени и скорости подачи топлива. Дальнейший анализ позволит выявить закономерность изменения частотной характеристики и позволит определять по звуку скорость турбулентного потока.

Библиографический список

1. **Баршутина, М. Н.** Исследование электрических свойств полимерных диэлектрических матриц с наноструктурными объектами / М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин, А. В. Ушаков // *Вопр. соврем. науки и практики*. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52. – С. 16 – 25.
2. **Ушаков, А. В.** Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // *Измерительная техника*. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.
3. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 192.
4. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699

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

Д. С. Луцков, Э. А. Мешкова, Д. С. Курепина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАМЕНИ ПРИ СЖИГАНИИ ЖИДКОГО ВИДА ТОПЛИВА

dmitrii_luckov250898@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Эффективное сжигание различных видов топлива на сегодняшний день является одной из перспективных задач энергетики. Контроль характеристик

пламени и регулирование параметров подачи топлива и окисляющей среды пламени поможет приблизиться к решению этих задач. Анализ различных источников позволил выделить методы, основанные на измерении сопротивления пламени. Для проверки этой возможности были проведены эксперименты с различными опорными напряжениями. В качестве топлива использовался бензин марки «Калоша» ГОСТ 443–76. Бензин подавался через форсунку в камеру сгорания цилиндрической формы диаметра 40 мм. В качестве окислительной среды выступал воздух. В результате формировался турбулентный поток пламени с коэффициентом сжигания топлива в диапазоне от 0,9 до 1. Так как в литературе [1] описано, что наибольшую проводимость пламя имеет по границам взаимодействия с окружающим воздухом, решено измерение сопротивления проводить электродами, заключенными в керамическую оболочку. В качестве материала электродов использовался нихром. Диаметр электродов равен 0,4 мм. Расстояние между электродами устанавливали 1–0,1 мм.

Первый эксперимент ставился при опорном напряжении 0,05 В. Сопротивление измерялось в поперечном к пламени расположению последовательно от центра к краю. Так как радиус камеры сгорания был равен 20 мм, поэтому за ноль был принят центр, а расстояние до края 20 мм. Результат при опорном напряжении 0,05 В показал достаточно не большой разброс сопротивления от 138 до 146 МОм. Так как край пламени при выходе из камеры сгорания не обладал постоянным положением, то при приближении к 20 мм от центра сопротивления плавно стало изменяться. И начиная с 16 мм от центра до 20 мм, достигал пределов измерения прибора 2000 МОм.

При повышении опорного напряжения до 0,34 В сопротивление изменялось на порядок и составляло 15...16 МОм. Такое изменение говорит о нелинейном характере зависимости проводимости от приложенного опорного напряжения. С опорным напряжением 4,45 В сопротивление находилось в интервале от 7 до 8 МОм.

Библиографический список

1. Пат. 2188411 Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентооб-

ладатель Тамб. гос. техн. ун-та. – № 2001116233/28 ; заявл. 13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с. : ил.

2. **Ушаков, А. В.** Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.

3. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 191.

4. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699.

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

Ю. Н. Макарова, М. Е. Уваров

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТАКТНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕНОМ

uvamikhail@yandex.ru

Московский технологический университет,

Институт тонких химических технологий им. М. В. Ломоносова

Для решения проблемы разделения бинарных систем, а также выделения веществ из растворов в химической и других отраслях промышленности довольно широко распространены различные методы кристаллизации. Среди них используется процесс кристаллизации при непосредственном контакте хладагента с раствором [1]. Однако проведение такого процесса сопровождается значительными затратами тепловой энергии. В данной работе нами была рассмотрена одна из возможностей снижения энергетических затрат в процессе контактной кристаллизации путем организации рекуперативного теплообмена

между массовыми потоками. Принципиальная схема установки для проведения рассматриваемого процесса показана на рис. 1.

Процесс кристаллизации проходит в емкостном аппарате для интенсивного перемешивания, в котором установлена циркуляционная труба.

Исходную смесь в количестве F , непрерывно подают в кристаллизатор Кр, откуда также непрерывно выгружается получаемая суспензия $K+M$. Хладагент в количестве G_x , подается в аппарат через трубу-барботер, где он диспергируется в отверстиях и затем выходит в жидкостную среду. Пузырьки газа хладагента вызывают циркуляцию раствора. Пройдя жидкостной слой, хладагент (воздух) нагревается от температуры t_1 до t_2 . В свою очередь исходная смесь с температурой t_F охлаждается до температуры фракционирования t_ϕ . При этом происходит унос некоторого количества влаги с хладагентом. Образующиеся кристаллы выделяемого вещества опускаются в нижнюю часть аппарата и вместе с маточником попадают в сепаратор Φ , где происходит их разделение с составами x_S и x_L соответственно.

Для значительного снижения затрат энергии на процесс кристаллизации предусмотрена установка двух контактных колонн: одна Кр для контактной кристаллизации, а другая Р – для рекуперации тепла (рис. 1). Холодный маточник L , полученный при разделении кристаллической суспензии, направляется в колонну Р, где он в результате контактного теплообмена частично охлаждает

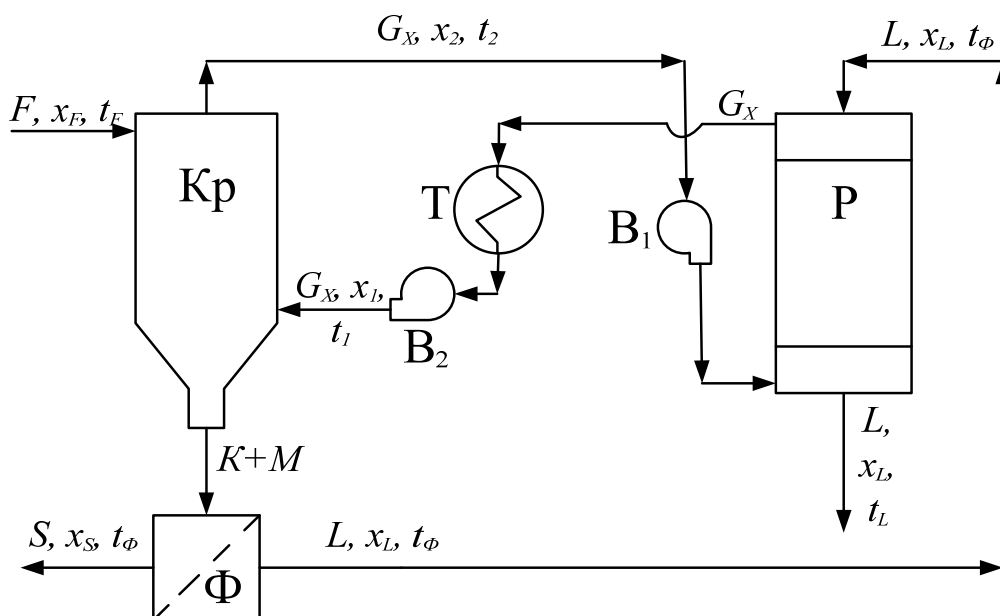


**Рис. 1. Принципиальная схема
процесса контактной кристаллизации с рекуперацией тепла**

отработанный хладагент G_x . В дальнейшем хладагент охлаждается до заданной температуры в обычном теплообменнике Т, а затем с помощью вентилятора В₂ он снова возвращается в кристаллизатор Кр.

Организация рекуперативного теплообмена между потоком холодного маточного раствора и отработанного хладагента (воздуха) в данном случае позволяет значительно снизить тепловую нагрузку теплообменника Т, что существенно минимизирует его поверхность теплообмена.

Библиографический список

1. **Касымбеков, Б. А.** Фракционная кристаллизация / Б. А. Касымбеков. – М. : Руда и металлы, 2002. – 160 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя М. Е. Уварова*

Э. А. Мешкова, Д. С. Курепина, Д. С. Луцков

ГРАДУИРОВКА ТЕРМОПАРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАМЕНИ С МЕТАЛЛОМ

elvira.meshkova672@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

В цепи, составленной из двух или более разнородных металлов или полупроводников, градиенты температур вызывают появление электродвижущих сил. Эти электродвижущие силы возникают благодаря тепловому движению свободных электронов в месте контактов разнородных проводников, а также в самих проводниках.

Для изготовления измерительных термопар выбираются пары металлов и сплавов, дающие достаточно большие, стабильные и воспроизводимые термо-ЭДС. В нашем случае используется термопара медь–константан диаметром 0,2 мм. Для нахождения зависимости величиной термо-ЭДС от разности температуры спаев используется экспериментальная установка, изображенная на рис. 1.

Один спай термопары погружен в сосуд с водой при температуре T , другой в сосуд со льдом $T_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тающий лед дает возможность достаточно просто и точно фиксировать одну из температур относительно которой выполняется градуировка, а в дальнейшем и измерения с помощью данной термопары. Сосуд с водой нагревается электрическим нагревателем H , а температура T измеряется термометром t необходимой точности. Возникающую в результате нагревания одного из спаев термопары термоЭДС, измеряется с помощью потенциометра постоянного тока V . Затем строится график зависимости термо-ЭДС от температуры T (рис. 2).

В результате проведенных исследований при разности температур $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ значение $3,7\text{ мВ}$ не соответствовало ни одной известной термопаре. Таким образом, используемый провод из константана не соответствует заявленному составу.

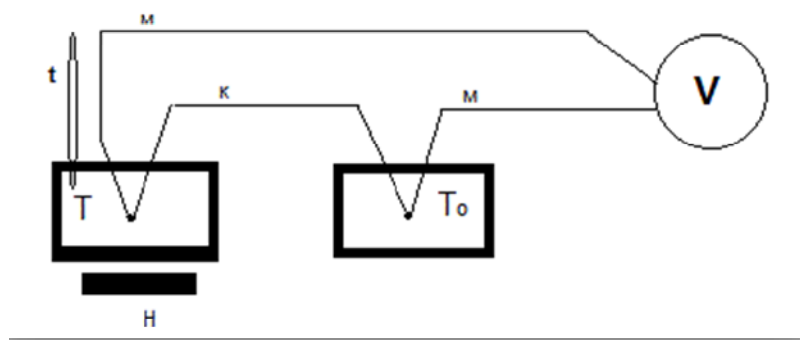


Рис. 1. Схема градуировки термопары

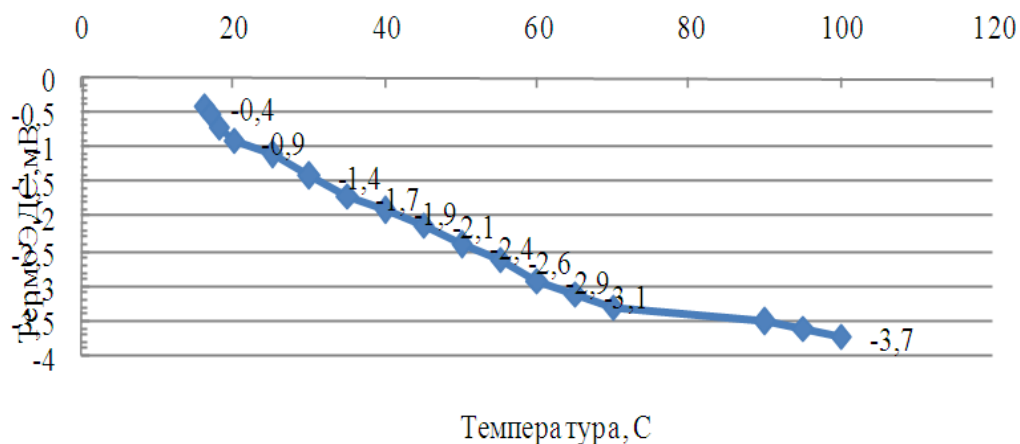


Рис. 2. График экспериментальных значений термо-ЭДС от температуры

Библиографический список

1. **Ушаков, А. В.** Исследование эффективности резонансно туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах / А. В. Ушаков, С. Н. Баршутина, М. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 526 – 531.
2. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 193.
3. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699.
4. **Баршутина, М. Н.** Исследование электрических свойств полимерных диэлектрических матриц с наноструктурными объектами / М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин, А. В. Ушаков // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52. – С. 16 – 22.

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

Э. А. Мешкова, Д. С. Курепина, С. В. Назарова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ИОНИЗАЦИИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА ПЛАМЕНИ

elvira.meshkova672@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

В настоящее время топливо – одно из главных источников энергии. Наша задача увеличить эффективность сжигания жидкого топлива. Предлагается рассмотреть этот вопрос с позиции ионизационных процессов, происходящих в пламени.

Ионизацию пламени можно определить по степени ее проводимости. Существует взаимосвязь количества свободных носителей тока в исследуемом объекте и плотностью тока в нем.

Известно, что баланс ионов в газе определяется следующим выражением

$$\frac{dn}{dt} = q - \alpha n^2, \quad (1)$$

где n – концентрация ионов; t – время; q – число ионов, создаваемое в единицу времени источником ионизации; α – коэффициент рекомбинации.

В случае несамостоятельного разряда, когда ионизация поддерживается только за счет внешнего источника, в формулу концентрации ионов (1) необходимо ввести параметр, учитывающий стекание электронов и ионов на электрод, формирующие электрическое поле. Тогда решение уравнения (1) с учетом ухода заряженных частиц на электроды будет иметь вид:

$$n(t) = \frac{\sqrt{j - elq} \tan \left(\frac{c\sqrt{e^3 \alpha l(j - elq)} - \frac{t\sqrt{e\alpha(j - elq)}}{\sqrt{l}}}{e} \right)}{\sqrt{e\alpha l}}, \quad 2$$

где l – зазор между электродами; j – плотность тока; c – постоянная, появляющаяся при решении дифференциального уравнения первого порядка.

С другой стороны по степени ионизации, подвижности зарядов и величине напряженности электрического поля E возможно определить плотность тока через частично ионизированный газ по следующему выражению

$$j = ne(b_e + b_i)E, \quad (3)$$

где e – заряд электрона; b_e – подвижность электронов; b_i – подвижность ионов.

Экспериментальная величина сопротивления пламени при опорном напряжении 0,05 В составила порядка 140 МОм. Применяя формулы (3), (4) и полученные экспериментальные данные, значение концентрации ионов в пламени составило $2,43 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

Библиографический список

1. **Ушаков, А. В.** Исследование эффективности резонансно туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композициях / А. В. Ушаков, С. Н. Баршутина, М. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 526 – 531.
2. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 191.
3. **Москвитин, С. П.** Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока / С. П. Москвитин, С. Н. Баршутин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 694 – 699.
4. **Баршутина, М. Н.** Исследование электрических свойств полимерных диэлектрических матриц с наноструктурными объектами / М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин, А. В. Ушаков // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52. – С. 16 – 22.
5. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

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

К. В. Морозов, А. Е. Казначеев

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНОЛИЗА В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

morozovkv8@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Изменения элементного и функционального состава компонентов нефти в результате их озонирования и последующего термогидролитического разрушения первичных продуктов реакции обеспечивают приобретение веществами

специфических химических и физико-химических свойств, открывающих новые различные направления их практического применения, в том числе в процессах, реализующихся в повседневной практике промысловой подготовки и транспортировки нефти.

Показано, что одним из важнейших таких направлений является использование продуктов озonoлиза высокомолекулярных соединений нефти (ВМСН) или видов сырой нефти – природных растворов тех же ВМСН – в качестве реагентов-деэмульгаторов для разрушения добываемых водонефтяных эмульсий. Установлено, что продукты озonoлиза ВМСН снижают межфазное натяжение на границе раздела нефть–вода многократно эффективнее, нежели использующиеся в тех же целях синтетические ПАВ (дисольваны, сепаролы и др.).

Для решения задачи деэмульсации оказалось достаточным проозонировать не более 3 % добытой нефти или эмульсии (в большинстве случаев 0,5...1,0 %), смешать полученный реагент с остальной массой разрушаемой эмульсии, подщелочив ее до $\text{pH} = 8$, и отстоять в течение 4...6 ч при тех же температурах, которые используются при современных технологиях термохимической подготовки нефти на промысловых установках.

Деэмульгирующая способность реагентов, получаемых озонированием нефти, растет с повышением содержания в ней смолисто-асфальтеновых веществ. Оно достаточно сильно при концентрации ВМСН в сырье более 5 % по массе, но снижается (требуется увеличения расхода O_3) при меньших концентрациях этих тяжелых гетеросоединений в нефти.

Удельный расход озона при разработанной технологии деэмульсации составляет от 5 до 24 кг на тонну получаемой товарной нефти и соответствует ныне требующимся расходам промышленных синтетических ПАВ на подготовку той же нефти в пределах от 15 до 300 кг на тонну.

Еще одним интересным направлением является использование депрессорных свойств продуктов озonoлиза нефти.

Найдено, что после озонирования высококипящих нефтяных фракций при расходе озона порядка 18...20 г на кг сырья температура их застывания может быть снижена на 22 °С. При озонировании сырой нефти эффект не столь существенен (на средне смолистой нефти наблюдались депрессии до 7 °С) и быстро

снижается с ростом концентрации в сырье смолисто-асфальтеновых веществ. Максимальный эффект может достигаться в случае малосернистых видов нефти, достаточно распространенных в юрских и палеозойских горизонтах на месторождениях юго-запада Западносибирской нефтегазоносной области.

Продукты озонолиза тяжелых компонентов нефти способны к сильной адгезии к поверхности минеральных веществ, в том числе и металлов. Покрывая эту поверхность, эти вещества практически полностью предохраняют ее от коррозии. Так, несмотря на исключительно высокую агрессивность озона, блоки нашей установки для озонирования нефти или нефтяных фракций, изготовленные из обычной углеродистой стали (Ст3, Ст10), после 10 лет работы не претерпели сколько-нибудь заметной коррозии.

Есть основания полагать, что процесс и продукты озонирования нефти и нефтяных компонентов могут оказаться полезными при решении самых разных задач, возникающих при добыче, подготовке, транспорте и переработке добытого сырья.

Библиографический список

1. **Камьянов, В. Ф.** Озонолиз компонентов нефти / В. Ф. Камьянов, А. К. Лебедев. – Ч. 1. Теоретические предпосылки и перспективы использования. – Томск : ТФ СО АН СССР, 1987. – 43 с.
2. **Камьянов, В. Ф.** Озонолиз в переработке природного углеводородного сырья / В. Ф. Камьянов, П. П. Сивирилов, И. Ю. Литвинцев и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – № 7. – С. 141 – 155.
3. **Назин, А. В.** Новые направления применения продуктов озонолиза нефтяного сырья / А. В. Назин, И. Ю. Литвинцев, В. Ф. Швец, В. Ф. Камьянов // Химическая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 41 – 46.
4. **Разумовский, С. Д.** Озон и его реакции с органическими соединениями / С. Д. Разумовский, Г. Е. Заиков. – М. : Наука, 1974. – 322 с.
5. **Большаков, Г. Ф.** Сераорганические соединения нефти / Г. Ф. Большаков. – Новосибирск : Наука, 1986. – 246 с.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., доцента П. А. Трубаева*

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗЕЛЕНОГРАДСКОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ГЕОСИСТЕМЫ

Vit15cska@mail.ru

Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

Теплоснабжение промышленных предприятий Зеленоградской наукоемкой природно-технической системы (НПТГ) производится на основе инфраструктуры, которая обеспечивает энергией населенный пункт, где эти предприятия расположены. Режим работы централизованного теплоснабжения в значительной степени определяет качество внутренней среды производства. В то же время изменчивость нагрузок теплоснабжения и горячего водоснабжения, приводит к излишнему потреблению тепловой энергии и горячей воды. Снижение расхода сетевой воды приводит к уменьшению работоспособности систем отопления и кондиционирования воздуха промышленных объектов [1, 2].

Для климатических условий Зеленоградской НПТГ проведен расчет и построены графики часовых расходов теплоты на отопление и горячее водоснабжение, а также годовые графики теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам [3, 4]. Исходные значения тепловых потоков: на отопление $Q_{0\max} = 26$ МВт; горячее водоснабжение $Q_{\text{hm}} = 7$ МВт. Расчетная температура наружного воздуха $t_0 = -24$ °С.

Используя формулу пересчета и часовые расходы на отопление при температуре наружного воздуха $t_{\text{н}} = +8$ °С было получено значение теплоты на отопление $(Q_0^{\text{от}})$

$$Q_0^{\text{om}} = Q_{0\max} \left(\frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{нро}}} \right).$$

Далее для построения часового графика расхода теплоты на горячее водоснабжение получим Q_{hm}^{s}

$$Q_{\text{hm}}^s = \gamma Q_{\text{hm}} \left(\frac{55 - t_{\text{c}}^s}{55 - t_{\text{c}}} \right).$$

В ходе работы был построена зависимость среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение. Для построения годового графика теплоты по продолжительности тепловой нагрузки были определены продолжительности стояния температур наружного воздуха в часах с интервалом 5 °С и продолжительности отопительного периода для $n_0 = 4910$ ч.

Далее был построен график по продолжительности тепловой нагрузки на основании суммарного часового графика $Q_{\Sigma} = f(t_{\text{н}})$ при данной продолжительности тепловой нагрузки за отопительный период. Затем был построен график по продолжительности тепловой нагрузки за неотопительный период.

В результате работы определены суммарные расходы теплоты для месяцев отопительного периода как сумма часовых расходов на отопление и горячее водоснабжение.

Библиографический список

1. **Теплоснабжение** и вентиляция / под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М. : Изд-во АСВ, 2007. – 784 с.
2. **Руководство АВОК-8-2011** «Руководство по расчету теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий».
3. **Рябышенков, А. С.** Оценка тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение / А. С. Рябышенков, Н. В. Березина, В. Д. Мохначев // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2017. – С. 382 – 383.
4. **Мохначев, В.Д.** Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение Зеленоградского АО / В. Д Мохначев. // Микроэлектроника и информатика – 2017 : 24-я Всероссийская межвузовская науч.-техн. конф. студентов и аспирантов : тезисы докладов. – 2017. – С. 304 – 307.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАГРЕВА ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА ПЛАМЕНИ

svetlana_nazarova_00@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

Улучшение характеристик теплообменного оборудования в системах генерации тепловой и электрической энергии является на данный момент одной из актуальных задач энергетической отрасли.

Для выполнения поставленной задачи необходимо исследовать процессы теплопередачи от сжигаемого топлива к теплообменному оборудованию.

Для исследования была разработана схема экспериментальной установки, которая представлена на рис. 1.

При проведении эксперимента необходимо учесть такие параметры, как скорость расхода топлива и температуру на различных участках пламени.

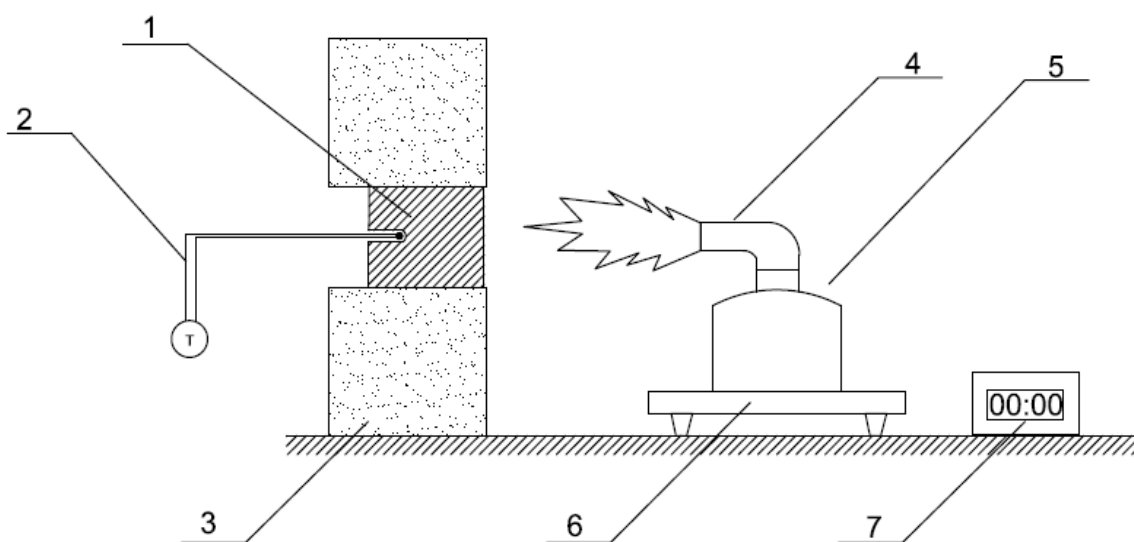


Рис. 1. Экспериментальная установка:

- 1 – объект исследования из сплава бронза; 2 – термопара;
3 – высокотемпературный термоизоляционный материал; 4 – форсунка;
5 – баллон с топливом; 6 – весы для контроля скорости подачи топлива;
7 – секундомер

Методика исследования заключается в измерении динамики нагрева металлического образца 1, заключенного в теплоизоляционный тугоплавкий материал 3. Температура образца измеряется термопарой медь–копель 2. После вывода на стационарный режим сжигания топлива формировался турбулентный поток пламени. При этом необходимо добиться степени сжигания топлива $\alpha \sim 1$. В таком случае можно получить максимальную температуру пламени.

Далее на различном расстоянии от форсунки 4 определяется зависимость нагрева металлического образца от времени нагрева с контролем расхода топлива. Таким образом, в результате исследования получается зависимость, позволяющая установить связь между параметрами сжигания топлива и характеристиками нагреваемого образца, что поможет найти параметры эффективного сжигания топлива.

Библиографический список

1. **Шелохвостов, В. П.** Исследование процессов синтеза наноматериалов и их диспергирования в смазочных маслах / В. П. Шелохвостов, С. Н. Баршутин, Р. В. Шелохвостов, В. В. Остриков, Н. Н. Тупотилов // Технология металлов. – 2008. – № 1. – С. 25 – 27.

2. **Пат. 2188411** Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001116233/28 ; заявл. 13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с. : ил.

3. **Ушаков, А. В.** Идентификация наночастиц и измерение их концентрации в тонких пленках наноструктурированных полимеров / А. В. Ушаков, М. Н. Баршутина, С. Н. Баршутин // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 16 – 19.

4. **Баршутин, С. Н.** Ионоселективный метод контроля катионного состава промышленных сточных вод / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2001. – Т. 7. – С. 185 – 191.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕТАНА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО КРУПНЫМ РОГАТЫМ СКОТОМ

ar.nebivaev2017@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Основными парниковыми газами Земли являются водяной пар, углекислый газ, метан и озон [1]. В последние десятилетия концентрация парниковых газов в атмосфере существенно выросла. Среди ученых существует консенсус, что основной фактор, который влияет на парниковый эффект на Земле, – жизнедеятельность человека [2].

Основными антропогенными источниками метана являются пищеварительная ферментация у скота, рисоводство, горение биомассы (в т.ч. сведение лесов). Анализ пузырьков воздуха во льдах свидетельствует о том, что сейчас в атмосфере Земли больше метана, чем в любое время за последние 400 000 лет. По мнению экспертов, стратегия борьбы с усилением парникового эффекта должна заключаться в принятии следующих мер: сокращение использования ископаемых источников энергии: угля, нефти и газа; широкое внедрение энергосберегающих технологий; широкое применение альтернативной энергетики (использование возобновляемых источников энергии).

Согласно докладу Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), выбросы, связанные с домашним скотом входящие в производственную цепь составляют 14,5 % от всех выбросов осуществляемых человеком, основными источниками которых служат: процессы переваривания коров (39 %) и разложения навоза (10 %). В связи с этим надо стремиться использовать анаэробную ферментацию, возникающую внутри жвачных животных в качестве возобновляемого источника энергии. Полтора миллиарда коров, живущих на планете, ответственны за выделение 18 % всех парниковых газов в мире.

Корова в 1865 году давала 40 кг метана с головы в год (меньше, чем верблюд), а теперь производит почти 60. Общими усилиями

сельскохозяйственные животные производят сейчас в 3 с лишним раза больше метана, чем полтора века назад. Спрос на мясо в мире растет, еще вырастет и поголовье коров. По прогнозу специалистов из ООН, коровий вклад в парниковый эффект к 2050 г. может увеличиться еще в два раза. В Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН исследовали эту проблему. И выяснили, что только в России сельскохозяйственные животные выделяют в атмосферу несколько миллионов тонн метана в год.

Количество собранного газа варьируется в зависимости от проглоченной пищи и размера животного. Взрослая корова, например, испускает около 1200 л в день, из которых от 250 до 300 являются метаном.

Специалисты из новозеландского научно-исследовательского сельскохозяйственного института пришли к выводу, что при поедании некоторых бобовых растений «коровьи выхлопы» снижаются на 16 %. Связано это с различным содержанием в растениях танинов. В Новой Зеландии насчитывается 45 млн овец и около 8 млн коров. Как предполагают, именно на этих животных, вырабатывающих метан при пищеварении, приходится 90 % выбросов этого газа. В среднем новозеландская корова производит ежегодно около 90 кг метана – эквивалент сгорания 120 л бензина.

Решением проблемы является просто отказ от выращивания крупного рогатого скота. Гидон Эшель подсчитал, что каждый человек, который бросает говядину, спасает нас от годового эквивалента выбросов, сжигающего 61 галлон газа или 580 фунтов угля [4]. Молочные коровы не только производят больше метана, чем крупный рогатый скот, но превосходят их в соотношении 10:1.

Исходя из анализа информации по поводу эмиссии метана от животноводческой деятельности, перспектив развития биотоплива, можно сделать вывод, что в ближайшее время, человечество будет собирать полезный для энергетики, вредный в больших количествах для планеты газ, естественный продукт пищеварения крупного рогатого скота.

Библиографический список

1. **Kiehl, J. T.** Earth's Annual Global Mean Energy Budget / J. T. Kiehl, E. Trenberth Kevin (1997-02) // Bulletin of the American Meteorological Society 78 (2): 197-208. DOI:10.1175/1520-0477(1997).

2. **IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC, 2014 : Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). – IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. – Climate Change 2014 : Synthesis Report. – IPCC (2015).

3. **A Sprinkle** of Seaweed Could Deflate Gassy Cows. Rebecca Rupp – nationalgeographic

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

И. М. Никитин

ТЕПЛОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЯХ

Nikitin.I.M@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

При разработке изделий, применяемых в ряде отраслей промышленности, одним из важных условий создания их на уровне мировых стандартов является решение вопросов защиты от коррозии. Для защиты химического оборудования от агрессивных сред часто используют покрытия из пентапласта. Их используют для футеровок труб, емкостей или в виде покрытий корпусов различных машин (мешалок, центрифуг, насосов и т.п.). Основным фактором, обеспечивающим надежность работы и коррозионную стойкость металлических изделий с покрытиями, являются определение толщины покрытия и выявление различных дефектов неразрушающим методом.

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей в двухслойном изделии методом конечных элементов. Показана возможность определения толщины покрытия и обнаружения дефектов в покрытии из пентапласта на изделии из сплава алюминия.

Рассматривали зондовый метод неразрушающего контроля (НК), в котором тепловое воздействие на поверхность изделия осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного из меди в виде диска. В ходе

эксперимента регистрируются термограммы – зависимости температуры от времени [1]. В основе метода НК лежат предположения, что на термограммах имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислений по аналитическим моделям. Тепловой анализ можно проводить, основываясь только на участках термограмм, соответствующих регуляризации теплового режима в локальной области объекта исследования, расположенной вблизи нагревателя и термодатчиков. Моделирование температурных полей, возникающих в полимерно-металлическом изделии, с целью выявления возможности реализации режима регуляризации, выполнено методом конечных элементов.

Численно определили значения температуры в точках, расположенных на оси нагревателя: в слое покрытия из пентапласта вблизи границы раздела подложка ИЗ – покрытие; в середине слоя покрытия; вблизи границы раздела покрытие – металлическая пластина. Полученные в данной работе результаты исследования температурных полей позволяют сделать вывод о реализации кратковременного одномерного распространения тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплового процесса в локальной области изделия. Появляется возможность выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Исследовались полимерно-металлические изделия с включениями в виде воздушных расслоений. Толщина покрытия 0,1...0,75 мм. Диаметр дефекта 40 мм. Значения температуры поверхности покрытия из пентапласта от времени фиксировали в точке контроля, расположенной на оси нагревателя. Для дефектов диаметром 40 и толщиной $h_{\text{вк}} = 0,1...0,75$ мм показана возможность определения размеров воздушного включения по данным термограмм, полученных термодатчиком.

Исследование показало, что ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел можно использовать для определения толщины покрытий из пентапласта на металлических основаниях и для обнаружения воздушных дефектов в покрытии [1]. Реализацию НК качества покрытия из пентапласта на основании из сплава алюминия, согласно представленному и исследованному методу, осуществляют с помощью измерительных систем, детальное описание которых представлено в работах [2, 3].

Библиографический список

1. Жуков, Н. П. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. О. Антонов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 506 – 511.
2. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 2. – С.153 – 154.
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.

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

И. Е. Олейникова

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

olejnikova48@gmail.com

Липецкий государственный технический университет

Крымский полуостров испытывает недостаток пресной воды из-за того, что была полностью перекрыта подача воды из Северо-Крымского канала. Эта проблема решается использованием подземных вод, сбором дождевых вод. Учитывая географическое положение и климат Крыма, частично эту проблему можно решить опреснением морской воды. Данный способ используется во многих странах, где присутствует данная проблема.

В данной работе произведен расчет показателей солнечной опреснительной установки с трехступенчатым испарением.

Для определения эффективности солнечной опреснительной установки используются данные о величине инсоляции и температуре в данном регионе. Для определения полезного теплового потока, воспринимаемого коллектором, найдены плотность теплового потока солнечного излучения, воспринятого коллектором, тепловые потери вследствие теплопередачи, тепловые потери изоляции и тепловые потери излучением.

Температура нагрева для первой ступени испарения принята 110 °С, второй ступени – 100 °С, третьей – 90 °С. Для выбранных температур посчитан коэффициент полезного действия.

Для расчета производительности пресной воды на 1 м² в первой ступени воспользуемся формулой

$$m_1 = \frac{q_{\text{полезн}} \cdot 3600}{(h_{110^\circ}^{\text{пар}} - h_{20^\circ}^{\text{вода}})} \quad (1)$$

Для расчета производительности пресной воды на 1 м² во второй и третьей ступени составим балансы.

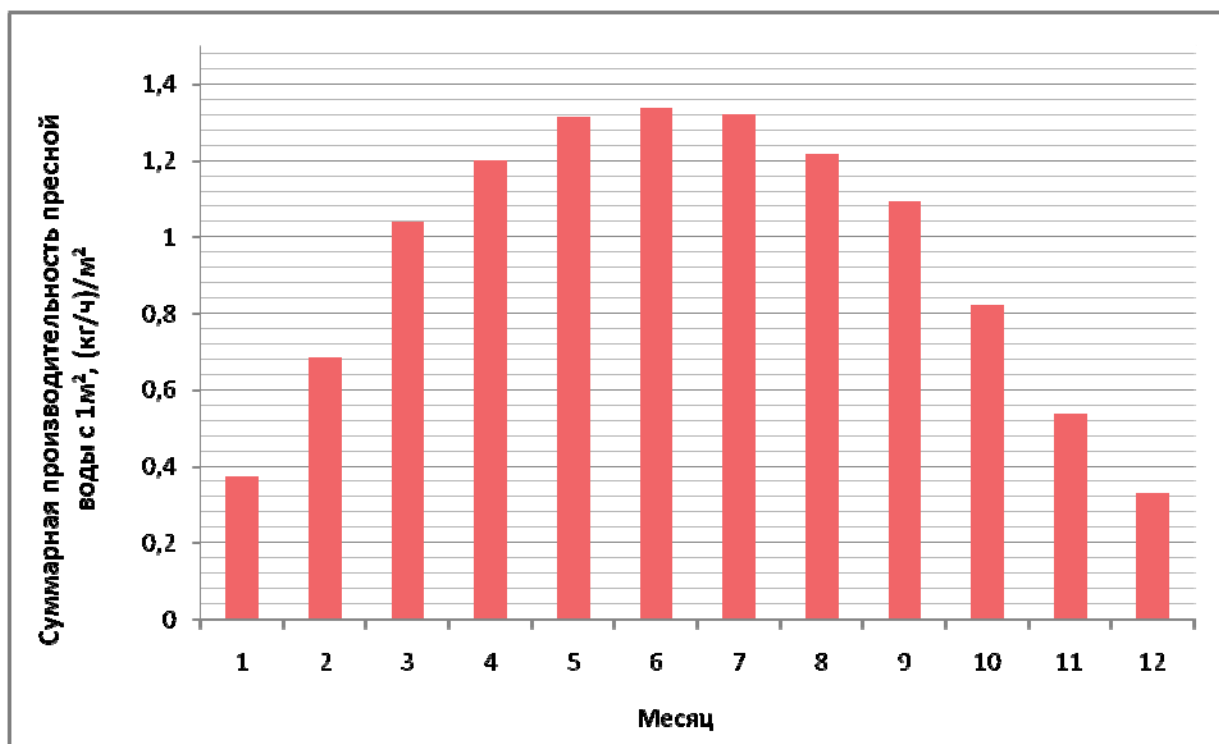


Рис. 1. Суммарная производительность пресной воды в зависимости от месяца

$$(m_1 r_{110}) 0,9 = m_2 r_{100}, \quad (2)$$

$$(m_2 r_{100}) 0,95 = m_3 r_{90}, \quad (3)$$

где r_i – теплота парообразования при данной температуре.

Наибольшее количество пресной воды можно получить в мае и двух первых летних месяцев, это происходит из-за того, что в этот период наибольшее количество плотности теплового потока солнечного излучения. На рисунке 1 показана суммарная производительность пресной воды с 1 м^2 .

В зависимости от конкретного времени года средняя производительность пресной воды в сумме с 1 м^2 солнечного коллектора составляет $0,4634 \text{ кг/ч}$ в зимний период, $1,1833 \text{ кг/ч}$ в весенний период, $1,2915 \text{ кг/ч}$ в летний период и $0,8169 \text{ кг/ч}$ в осенний период. При площади солнечных батарей 1000 м^2 в сутки в данные периоды среднее количество пресной воды составит 11, 28, 31, 20 м^3 соответственно. Следовательно, проблема недостатка пресной воды частично может решаться при установке солнечных опреснительных установок с трехступенчатым испарением.

Библиографический список

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2).
2. Конахин, А. М. Выпарные и кристаллизационные установки / А. М. Конахин, И. А. Конахина : учеб. пособие. – Казанский гос. энергетич. ун-т. – 2006.
3. Губарев, В. Я. Определение плотности теплового потока солнечного излучения : метод. указания / В. Я. Губарев, А. Г. Арзамасцев. – Липецкий гос. техн. ун-т. – 2014.
4. Губарев, В. Я. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / В. Я. Губарев. – Липецкий гос. техн. ун-т. – 2014.

*Работа выполнена под руководством
профессора В. Я. Губарева*

**РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
В ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОМ ПОКРЫТИИ НА СТАЛИ**

latevez9@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Тепловые методы неразрушающего контроля (НК) качества по теплофизическим свойствам (ТФС) покрытий на металлических основаниях востребованы в связи с большим количеством сфер применения полимерно-металлических изделий и необходимостью контроля качества их изготовления.

В данной работе рассматривается способ реализации НК ТФС поливинилхлоридных покрытий на стальном основании, основанный на применении регулярных режимов. В методе используется круглый плоский источник тепла, размещаемый на поверхности полуограниченного в тепловом отношении объекта исследования [1]. На оси симметрии нагревателя, в плоскости контакта нагревателя и полимерного покрытия расположен термопреобразователь, позволяющий фиксировать температуру в различные моменты времени.

Независимость от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности, характеризует регулярные тепловые режимы первого и второго рода. Данное требование можно заменить отношением значений температуры в соответствующих точках. Это является более строгим требованием для возникновения режима регуляризации. Для уточнения факта наличия режима регуляризации тепловых потоков при нагреве двухслойного полимерно-металлического тела, следует определить толщину полимерного покрытия, при которой работает математическая модель метода.

Моделирование тепловых потоков в рассматриваемой системе проводилось с помощью комплекса программ Elcut Student, предназначенного для инженерного моделирования и анализа электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов.

Составлена и решена двумерная задача, в которой заданы размеры источника тепла и двухслойного полимерно-металлического тела, свойства материала

лов, тепловой поток от источника тепла, граничные и другие условия моделирования, выполнено построение сетки конечных элементов [2].

Получены численные результаты моделирования и построены температурные поля в разные моменты времени. Построены термограммы в точках контроля, расположенных в полимерном покрытии на оси нагревателя на различных расстояниях от поверхности контакта нагревателя и полимерного покрытия. Построены графики отношения температуры на поверхности полимерного покрытия к температуре в точках контроля.

Полученные данные позволяют выделить на термограммах участки, на которых реализуется режим регуляризации одномерного распределения тепла. Необходимо отметить, что данный режим реализуется только в рассматриваемой области двухслойного объекта, расположенной вблизи нагревателя.

Основываясь на участках термограмм, соответствующих регуляризации теплового режима в рассматриваемой области, можно получить простые расчетные соотношения [3, 4].

Библиографический список

1. **Майникова, Н. Ф.** Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего теплофизического контроля. Ч. I. Стадия нагрева / Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, А. С. Чех, С. С. Никулин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 39 – 45.

2. **Никулин, С. С.** Температурное поле в алюминиевой пластине с полимерным покрытием / С. С. Никулин, А. Н. Федотов, Д. В. Маркин // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах: Тез. докл. 3-й Междунар. конф. с элементами науч. школы. – 2016. – С. 196 – 197.

3. **Кох-Татаренко, В. С.** Метод и измерительная система теплофизического контроля / В. С. Кох-Татаренко, С. С. Никулин, Н. П. Жуков, А. И. Кочетков // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30, № 10 (179). – С. 43 – 45.

4. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова,

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя С. С. Никулина*

Д. В. Полковников

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПРОПРОВОДНОСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ

latevez9@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Поливинилхлорид (ПВХ) является достаточно недорогим в экономическом отношении термопластом, пригодным для широкого применения. ПВХ не растворим в воде, устойчив к действию кислот, щелочей, спиртов, минеральных масел, набухает и растворяется в эфирах, кетонах, хлорированных и ароматических углеводородах. Для получения защитных лакокрасочных покрытий используют порошкообразный поливинилхлорид и дисперсии поливинилхлорида в пластификаторе или смеси пластификатора с органическими растворителями.

Качество поливинилхлоридных покрытий на железе можно определять тепловыми методами неразрушающего контроля (НК) по теплофизическим свойствам (ТФС), к числу которых относится теплопроводность [1, 2].

В случае НК активными тепловыми методами, искомые ТФС проявляются через температурный отклик (термограмму) исследуемого объекта на тепловое воздействие, которому он подвергается в специально организованном эксперименте.

Важнейшим этапом моделирования тепловых процессов при НК ТФС объектов исследования является исследование математической модели. От полноты этого исследования во многом зависит эффективность применения математической модели и ее практический смысл [3].

Было произведено имитационное исследование тепловых процессов при НК ТФС двухслойных объектов с помощью пакета программ Elcut Student. Целью исследования являлось установление возможности реализации режима регуляризации тепловых потоков в слое ПВХ. Рассматривался локальный участок двухслойного объекта, расположенный вблизи нагревателя и термоприемника.

Параметры моделирования: интегрирование по времени 600 с, шаг интегрирования 10 с; высота подложки ИЗ 20 мм, радиус 25 мм; нагреватель имеет радиус 10 мм, высоту 1 мм; размеры двухслойного объекта – толщина полимера 2 мм, толщина железного основания 10 мм. Заданы следующие теплофизические свойства. Поливинилхлорид: $\lambda = 0,12$ Вт/(м·К), $c = 1260$ Дж/(кг·К), $\rho = 125$ кг/м³. Нагреватель: $\lambda = 400$ Вт/(м·К), $c = 385$ Дж/(кг·К), $\rho = 8890$ кг/м³. Подложка зонда: $\lambda = 0,028$ Вт/(м·К), $c = 1270$ Дж/(кг·К), $\rho = 50$ кг/м³. Сталь: $\lambda = 47$ Вт/(м·К), $c = 462$ Дж/(кг·К), $\rho = 7800$ кг/м³.

На рисунке 1 представлены термограммы, полученные в слое покрытия в точках контроля, расположенных на оси нагревателя на расстояниях 0,01; 0,2; 0,6; 1; 1,4; 1,7; 1,9; 1,99 мм от поверхности контакта.

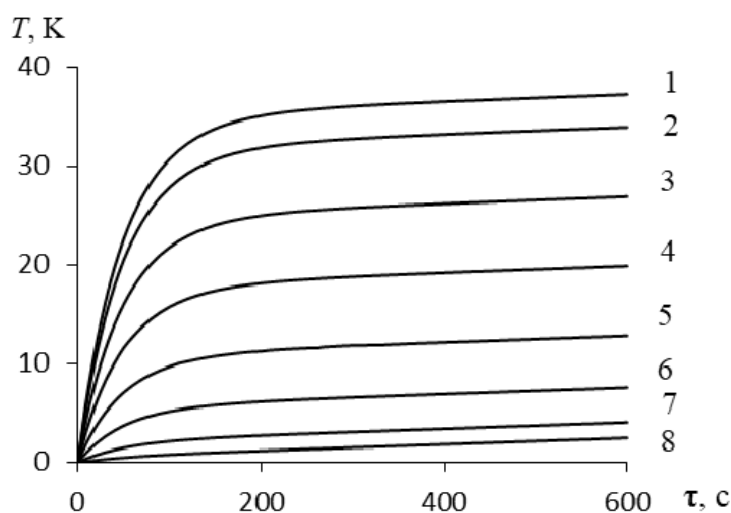


Рис. 1. Термограммы в точках контроля в слое покрытия.

1 – в слое ПВХ вблизи границы раздела покрытие–ИЗ; 2 – на расстоянии 0,2 мм от ИЗ; 3 – на расстоянии 0,6 мм от ИЗ; 4 – на расстоянии 1 мм от ИЗ; 5 – на расстоянии 1,4 мм от ИЗ; 6 – на расстоянии 1,7 мм от ИЗ; 7 – на расстоянии 1,9 мм от ИЗ; 8 – на расстоянии 1,99 мм от ИЗ

Библиографический список

1. Платунов, Е. С. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов, С. Е. Буравой, В. В. Курепин, Г. С. Петров. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1986. – 256 с.
2. Теоретические и практические основы теплофизических измерений / под ред. С. В. Пономарева. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 408 с.
3. Платунов, Е. С. О теплофизических измерениях в монотонном режиме/ С. Е. Буравов, В. В. Курепин, Е. С. Платунов // Инженерно-физический журнал. – 1971. – № 4. – 760 с.
4. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 599 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя С. С. Никулина*

Ю. К. Разумова

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

razumova617@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г.Шухова

Тепловые сети городов имеют большую протяженность и неоднородную топологию, вследствие чего потребители тепловой энергии удалены от источника тепловой энергии на различные расстояния. Кроме того, тепловые нагрузки потребителей также отличаются друг от друга. В результате основные параметры теплоносителя (давление и температура) не могут быть стандартизированы для всех абонентов сети [1]. Задача подключения различных абонентов к единой тепловой сети и преобразования параметров теплоносителя для конкретных потребностей объектов теплопотребления решается в центральных тепловых пунктах (ЦТП) или индивидуальных тепловых пунктах (ИТП).

Центральные тепловые пункты применяются для обеспечения группы потребителей (сооружений, промышленных объектов). В большинстве случаев размещается в отдельностоящем здании, но также может быть расположен в техническом или подвальном помещении одного из сооружений.

Индивидуальные тепловые пункты применяются для теплообеспечения одного потребителя (сооружения или его части) и, в основном, размещается в подвальном или технологическом помещении сооружения, но, в силу особенностей здания потребителя, может быть расположен в отдельностоящем здании.

Эксплуатируемые индивидуальные тепловые пункты с использованием элеваторных узлов смешивания технологически устарели и не могут обеспечить рациональное и эффективное потребление тепловой энергии, существующая система сбора, обработки и анализа информации о потреблении тепловой энергии несовершенна и требует модернизации [3].

Основные цели реконструкция тепловых пунктов [3]:

- замена изношенного оборудования на новое;
- увеличение энергоэффективности;
- снижение теплопотерь;
- повышение стабильности системы;
- снижение вероятности аварий;
- защита от гидравлических ударов, перепадов напряжения и других изменяющихся условий;
- оснащение автоматическими системами контроля и управления, обновление трубопроводов.

В настоящее время хорошо зарекомендовал себя подход к модернизации ИТП, который позволяет в полной мере использовать технические преимущества автоматизированных тепловых пунктов (АИТП) и, в то же время, приводит к значительному сокращению затрат при выполнении монтажных и пусконаладочных работ. Таким вариантом автоматизации является СУАП (смесительный узел автоматического погодного регулирования), представляющие компактный автоматизированный смесительный узел, который обеспечивает управление параметрами теплоносителя в системе отопления в зависимости от

температуры наружного воздуха и условий эксплуатации здания [4]. Он предназначен для автоматического регулирования параметров теплоносителя (температуры), поступающего в систему отопления.

СУАПР представляет собой блок заводской готовности, полностью собранный и готовый к установке на объекте, включающий:

- насосную циркуляцию теплоносителя в системе отопления;
- контроль выполнения требуемого температурного графика как подающего, так и обратного теплоносителя (предотвращение перетоков и переохлаждения зданий);
- визуальный контроль параметров температуры на входе и выходе системы отопления.

Применение СУАПР позволяет произвести модернизацию при минимальных затратах.

Библиографический список

1. **Власова А. А.** Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А. А. Власова, П. Н. Тарасюк, П. А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1225 – 1231.

2. **Власова А. А.** Сравнение централизованного и децентрализованного теплоснабжения / А. А. Власова, П. Н. Тарасюк, П. А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1232 – 1236.

3. **Трубаев П. А.** Техничко-экономическая оценка модернизации районных муниципальных котельных Белгородской области / П. А. Трубаев, А. А. Погонин, П. Н. Тарасюк // Промышленная энергетика. – 2012. – № 2. – С. 12 – 17.

4. **Методические** рекомендации по техническому оснащению и модернизации тепловых узлов [Электронный ресурс] : Центр энергосбережения города Сочи. – Режим доступа : URL: http://teplotron.pro/support/metod_recommends.pdf (дата обращения: 01.12.2017).

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., доцента П. А. Трубаева*

РАЗВИТИЕ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

razumova617@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Качество жизни населения во многом связано с энергообеспеченностью. Традиционная энергетика дает около 50 % вредных выбросов в окружающую среду, связанных с жизнедеятельностью человечества, тогда как ВИЭ более привлекательны с точки зрения экологической безопасности [1].

Доля собственной генерации области составляет 5 %. Электропотребление, в основном (70 %), сосредоточено в двух энергоузлах. В области развита система интеллектуального учета, около 150 тыс. точек коммерческого учета объединены в АИИСКУЭ [2]. Имеются местные ресурсы для производства биоэнергетики – это 1200 объектов АПК, потенциал составляет 223 МВт [3].

К числу основных проблем электроэнергетической системы области, решение которых необходимо для развития малой распределенной энергетики области на основе малой генерации относятся [4]:

- неудовлетворительная балансовая ситуация энергосистемы области, характеризующаяся поузловыми диспропорциями и наличием дефицитов мощности, в том числе реактивной, в ряде узлов;
- отсутствие четкой идеологии и системного характера применения новых технологических решений в решении задачи обеспечения технической возможности присоединения к существующим электрическим сетям объектов малой генерации;
- необходимость модернизации и дополнительного устройства общесистемных средств управления на подстанциях ПС 35 кВ и ТП 10/6 кВ, через которые в основном и будет осуществляться выдача мощности от объектов малой генерации;
- отставание во внедрении современных средств и систем управления, обеспечения их необходимой информацией для оперативного управления электрическими сетями в реальном времени, что особенно актуально для сетей интегрированными с объектами малой генерации.

Таким образом, основной задачей требующей решения для создания возможности функционирования малой распределенной энергетики на основе малых генерирующих мощностей наряду с существующими электрическими сетями является создание интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью, на основе качественно новых технических решений, прежде всего в системах управления электрическими сетями Белгородской области.

Основой для планирования работ по решению указанных проблем и задач в Белгородской области в части развития малой распределенной энергетики должна стать «Схема развития электроэнергетики Белгородской области». В ней указаны планируемые к строительству, модернизации и выводу из эксплуатации генерирующие мощности на электростанциях, энергоцентрах и котельных данной области с учетом максимального развития когенерации, в том числе и генерирующие объекты, функционирующие на основе использования возобновляемых источников энергии.

Главными целями разработки «Схемы» является скоординированное развитие сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, а также создание условий для обеспечения перспективного баланса производства и потребления электроэнергии в Белгородской области во взаимосвязи с Единой энергетической системой России.

Концепция развития малой генерации в регионе, может осуществляться по таким направлениям, как развитие ВИЭ, модернизация энергетической структуры ЖКХ и строительство объектов генерации на предприятиях Белгородской области [5].

Библиографический список

1. **Разумова, Ю. К.** Роль возобновляемых источников энергии в системах энергоснабжения / Ю. К. Разумова, А. Ю. Коверина // X Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – С. 299 – 301.
2. **Нестеров, А. М.** Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага / А. М. Нестеров, П. А. Трубаев, М. Ю. Михайлова // Вестн. Белгород. гос. технолог. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 208 – 211.

3. **Разумова, Ю. К.** Состояние возобновляемых источников энергии в России / Ю. К. Разумова, А. Ю. Коверина // X Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – С. 302 – 304.

4. **Трубаев, П. А.** Техничко-экономическая оценка модернизации районных муниципальных котельных Белгородской области / П. А. Трубаев, А. А. Погонин, П. Н. Тарасюк // Промышленная энергетика. – 2012. – № 2. – С. 12 – 17.

5. **Власова, А. А.** Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А. А. Власова, П. Н. Тарасюк, П. А. Трубаев // Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1225 – 1231.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., доцента П. А. Трубаева*

Ю. К. Разумова, Н. С. Струздин

РАЗВИТИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

razumova617@gmail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

Неотъемлемым атрибутом комфортной жизни является водоснабжение. Одной из главных целей руководства муниципальных образований является бесперебойное снабжение каждого жителя качественной водой, в количестве, обеспечивающем его жизнедеятельность. Достижение этой цели – неотложная задача для всех видов поселений. Современная система водоснабжения – это сложная инженерная конструкция, создание которой требует множества профессиональных знаний, навыков и умений.

По данным многолетних наблюдений вода источников централизованного водоснабжения в Белгородской области изначально не содержит токсичных химических веществ, безопасна в эпидемическом отношении, в преимущественном большинстве случаев отличается благоприятными органолептическими свойствами. Водой, отвечающей требованиям безопасности, в настоящее время обеспечено более 87 % жителей, что соответствует средним показателям по Российской Федерации в целом.

В то же время в состоянии водоснабжения области все еще существуют проблемы, связанные с недостаточной качественной питьевой воды. Актуальным остается создание зон санитарной охраны водоисточников для защиты от возможных загрязнений, развитие централизованного водоснабжения на селе, организация систематического производственного лабораторного контроля за качеством воды. С одной стороны, распространение в гидрологических структурах некондиционных подземных вод, с высокой степенью минерализации (повышенное содержание железа и марганца), с другой стороны, практически повсеместное загрязнение подземных вод. В связи с этим необходимо:

- увеличение количества пунктов забора проб и лабораторий по анализу хозяйственно-питьевой воды и стоков, строгое соблюдение периодичности их проведения;
- восстановление опорной государственной сети наблюдений за геологическими скважинами, а также определение статуса скважин, находящихся на территории частных владений;
- инвентаризация и анкетирование водного хозяйства промышленных предприятий и всех водопользователей (в ходе реорганизации сельскохозяйственных предприятий отдельные водозаборные скважины, а также водопроводы оказались бесхозными). Результаты инвентаризации должны войти в материалы схем территориального планирования и генеральных планов;
- для всех подземных водозаборов предусматривать установки по обеззараживанию воды. При обнаружении повышенного содержания железа в подземных водах рекомендуется строительство обезжелезивающих установок.

Неудовлетворительное техническое состояние водозаборов, сетей и сооружений водопроводов, отсутствие зон санитарной охраны, водоисточников приводит к ухудшению качества воды, подаваемой населению для питьевых целей, так из 1160 источников централизованного водоснабжения, 28,7 % не соответствует санитарным нормам. В области насчитывается 7,5 тыс. водозаборных скважин. Их состояние усугубляется отсутствием проектов зон санитарной охраны (ЗСО), невыполнением требований, предъявляемых к содержанию этих зон.

В связи с вышеизложенным предлагается произвести:

- реконструкцию и техническое перевооружение водозаборных и водоочистных сооружений подземных вод;

- установку локальных фильтров доочистки воды в детских, школьных и учреждениях здравоохранения;
- замену изношенных труб водопровода и узлового оборудования.

Библиографический список

1. **Петина, М. А.** Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области) / М. А. Петина // Научные ведомости БелГУ. – 2010. – № 21 (92), Выпуск 13. – С. 151-156
2. **Викулина, В. Б.** Водоснабжение и водоотведение жилой застройки : учеб. пособие / В. Б. Викулина. – М. : АСВ, 2015. – 203 с.
3. **Кочуров, Б. И.** Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие / Б. И. Кочуров. – М. ; Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
4. **Петина, М. А.** Анализ и оценка водных ресурсов Белгородской области с использованием ГИС-технологий : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / М. А. Петина. – Белгород, 2012. – 23 с.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., доцента Т. И. Тихомирова*

В. Ю. Рыжкин, И. С. Кутукова, В. Н. Левин

ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТЕКЛОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЯ НЕЙМАНА–ПИРСОНА В ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТЕ

balashovalexei@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Согласно теореме статистической физики о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы, теплоемкость полимера зависит от числа степеней свободы. В стеклообразном или кристаллическом состоянии

наблюдаются колебательные степени свободы, а в высокоэластическом и вязкотекучем, кроме того, – и вращательные, и поступательные степени свободы. Этим объясняется хорошо известный факт, что при переходе полимера через температуру стеклования его теплоемкость возрастает. В области фазовых переходов (плавление, кристаллизация) также наблюдается резкое изменение теплоемкости полимеров. Так как при температуре стеклования 80 °С в полиметилметакрилате (ПММА) его теплоемкость резко возрастает, то этот скачок можно характеризовать полезным сигналом [1, 3].

При реальной работе информационно-измерительной системы, которая реализует метод [2], возникает шум с достаточно большой амплитудой из-за теплового движения заряженных частиц в элементах электрических цепей. Поэтому исследование каналов передачи информации о возможных фазовых переходах в полимере является актуальным.

Постановка задачи может быть следующей:

$$\begin{aligned} y &= n + s, \quad 0 \leq \tau \leq T : H_1; \\ y &= n, \quad 0 \leq \tau \leq T : H_0, \end{aligned}$$

где y – сигнал, содержащий полезную периодическую составляющую сигнала s и шумовую составляющую n ; τ – время; H_0, H_1 – гипотезы.

Алгоритм применения критерия Неймана–Пирсона имеет следующий вид: проверяется выборка тепловой активности (ϵ^*) ПММА в зависимости от значений температуры (T_s) [3], на нормальный закон распределения с помощью критерий Жака–Бера и Колмогорова–Смирнова; рассчитываются математическое ожидание выборки, выборочная дисперсия и среднее квадратическое отклонение; устанавливается вероятность ошибок первого рода (ложной тревоги); вычисляется вероятность ошибок второго рода (пропуска сигнала) [3]; определяется порог для критерия Неймана–Пирсона; принимается решение о наличии релаксационного перехода в ПММА с помощью критерия Неймана–Пирсона [3].

Графическое изображение порога представлено на рис. 1.

Таким образом, можно предположить, что при использовании критерия Неймана–Пирсона для графической зависимости тепловой активности от температуры (рис. 1), значения которой, выше порога (λ) являются аномальными, и это свидетельствует о наличии релаксационного перехода в ПММА при температуре 80 °С, что подтверждено другими методами исследования.

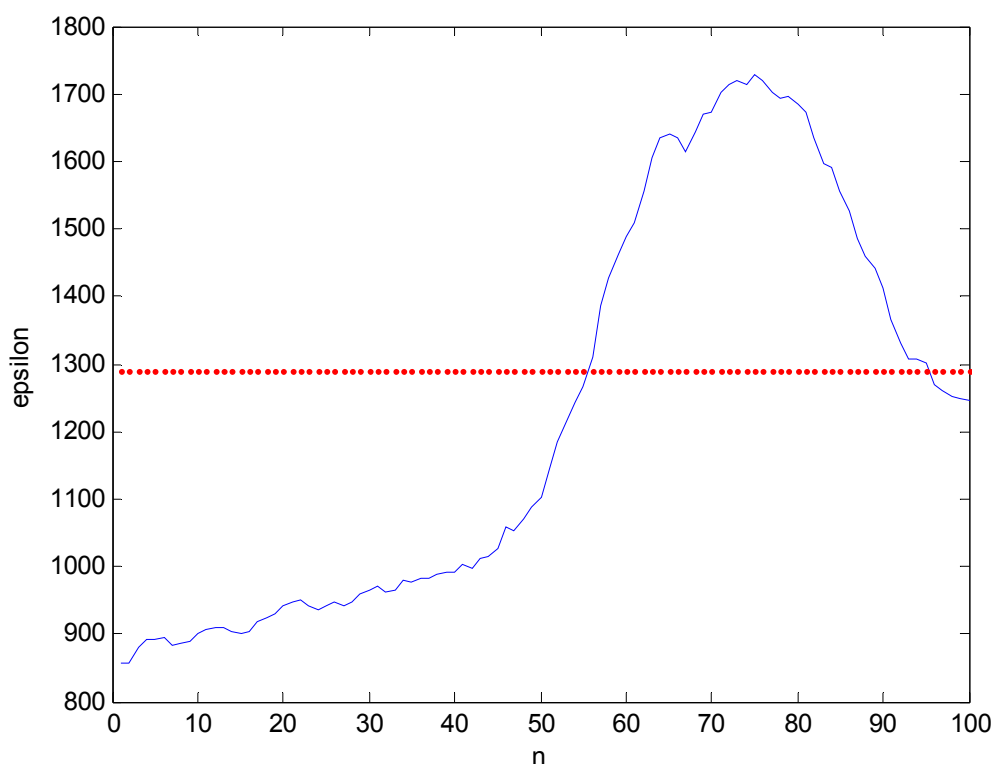


Рис. 1. Зависимость $\varepsilon^* = f(T_s)$ для изделия из ПММА со значением порога λ

Библиографический список

1. **Балашов, А. А.** Обзор методов выделения полезного сигнала для контроля структурного перехода в полимере / А. А. Балашов // Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ : сб. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. – 2015. – С. 291 – 298.
2. **Балашов, А. А.** Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.
3. **Балашов, А. А.** Обнаружение структурного перехода в политетрафторэтилене с помощью критерия Неймана–Пирсона/ А. А. Балашов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 293 – 296.

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

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИКЛА БРАЙТОНА

DmitriySiva1998@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Цикл Брайтона применяется для описывания рабочих процессов, таких как газотурбинных, турбореактивных и прямоточных воздушно-реактивных двигателей внутреннего сгорания, а также газотурбинных двигателей внешнего сгорания с замкнутым контуром газообразного (однофазного) рабочего тела.

1. Исходные данные цикла

Подвод теплоты	R_{N_2} , %	R_{O_2} , %	R_{H_2O} , %	R_{CO_2} , %	P_1 , МПа	T_1 , с	β	λ	p	N_1	N_2
$P = \text{const}$	66,8	4,2	14,7	14,3	0,11	30	3,9	–	3	1,27	1,17

Примечания: P_1, t_1 – давление и температура рабочего тела в начале цикла; $B = p_2/p_1$ – степень повышения давления в компрессоре; $\Lambda = p_3/p_2$ – степень добавочного повышения давления; $P = v_3/v_2$ – степень изобарного расширения; N_1, N_2 – показатели политропы процесса сжатия рабочего тела в компрессоре и турбине.

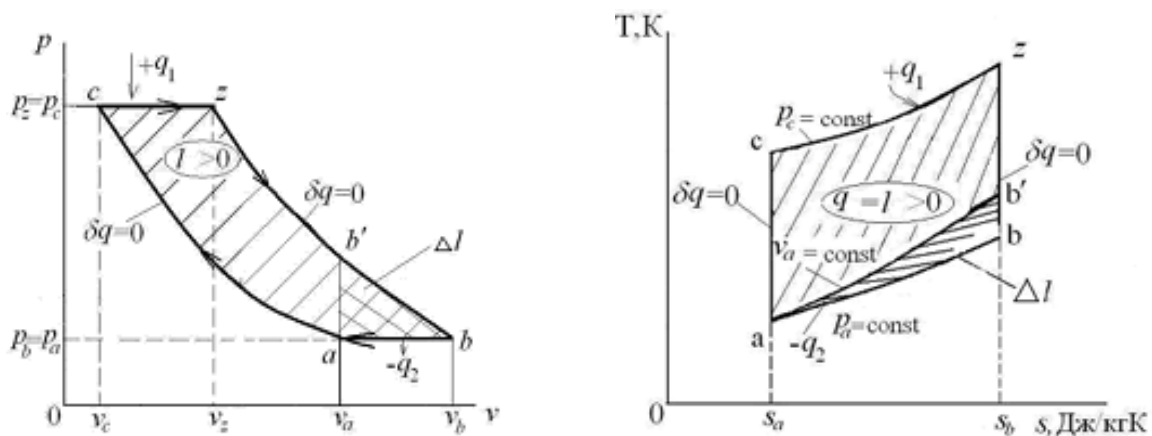


Рис. 1. Графики двух адиабатных и двух изобарных процессов:

ac – адиабатное сжатие в диффузоре и компрессоре газотурбинной установки (ГТУ);
 cz – изобарный подвод теплоты q_1 (в камеру сгорания ГТУ); zb – адиабатное расширение продуктов сгорания на турбине и в реактивном сопле двигателя;
 ba – изобарное охлаждение выпускных газов в окружающей среде

2. Параметры характерных точек цикла

Величины	1	2	3	4
P , МПа	0,11	0,429	0,429	0,11
V , м ³ /кг	0,7887	0,27	0,81	2,59
T , К	303	404,57	1213,59	995,854

Цикл Брайтона – это прямой *газовый изобарный цикл* полного расширения, состоящий из двух адиабатных и двух изобарных процессов.

Таким образом, мы провели расчет цикла с помощью программ для численных расчетов и визуализации результатов. Мы более подробно рассмотрели принцип цикла Брайтона, который основан на принципе работы (ГТУ) нам удалось увеличить (КПД).

Библиографический список

1. **Белоконь, Н. И.** Термодинамика / Н. И. Белоконь. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 416 с.

2. **Поршаков, Б. П.** Термодинамика и теплопередача (в технологических процессах нефтяной и газовой промышленности): учебник для вузов / Б. П. Поршаков, Р. Н. Бикчентай, Б. А. Романов. – М.: Недра, 1987. – 349 с.

3. **Архаров, А. М.** Теплотехника: учебник для втузов / А. М. Архаров, И. А. Архаров, В. Н. Афанасьев и др.; под общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 712 с.

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

**ПРИМЕНЕНИЕ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
С ФОЛЬГИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
В УТЕПЛЕНИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

burundukgood@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Задача экономии энергетических ресурсов с каждым годом становятся все более актуальной [1], особенно с учетом роста цен на топливо. Решение этой задачи требует улучшения теплоизоляции, что приводит к увеличению толщины ограждающих конструкций. Также заметно возрастает стоимость зданий.

Применение современных высокоэффективных изоляционных материалов, существенно повышающих теплозащитные свойства ограждающих конструкций, позволяет обеспечивать самые строгие нормативные требования по теплозащите зданий.

Одним из современных направлений энергосбережения является использование отражающей изоляции. Она представляет собой лист вспененного полиэтилена толщиной до 15 мм, покрытый с одной или двух сторон полированной алюминиевой фольгой. Отражающая изоляция обеспечивает комплексное воздействие на теплопроводность, конвекцию и излучение. Поверхность полированной алюминиевой фольги способна эффективно отражать инфракрасное излучение. Это свойство послужило основой для создания отражающей изоляции. В зависимости от различных условий, общая эффективность такой изоляции повышается на 20...70 %. Повышение эффективности термоизоляции влечет за собой сокращение расходования энергоносителей на отопление и позволяет применять утеплители меньшей толщины, что позволяет использовать их в узких местах.

Фольгированная поверхность является хорошей преградой от проникновения влаги и водяных паров, что позволяет обойтись без дополнительного

гидроизоляционного слоя. Фольга является хорошей защитой от проникновения мельчайших частиц материалов ограждающей конструкции в пространство помещения, что улучшает экологические свойства. Кроме того, фольгированные утеплители являются хорошими шумоизоляторами.

Пенополиэтилен способен противодействовать сжимающим и растягивающим усилиям и выдерживать температуру до +85 °С. Поэтому отражающая изоляция на основе пенополиэтилена может применяться в помещениях с повышенными температурами. Добавление антипиренов повышает устойчивость пенополиэтилена к высоким температурам и препятствует воспламенению.

Материал легко монтируется, монтаж не требует особых профессиональных навыков. При необходимости он может быть легко демонтирован, а затем использован повторно. Пенополиэтилен обладает высокой упругостью и эластичностью, что позволяет использовать его в самых сложных участках. При монтаже отражающая изоляция располагается слоем фольги к источнику тепла. Полотна устанавливаются встык. Швы заклеиваются фольгированным скотчем. Листы утеплителя можно крепить к поверхности любым способом, но не допускается сильного нарушения целостности материала.

Для эффективного действия изоляции необходимо наличие воздушного зазора между поверхностью фольги и ближайшей поверхностью отделки. Этот зазор способствует проветриванию и снижает вероятность возникновения конденсата. Отсутствие конденсата на поверхности фольги заметно снижает коррозионные процессы и увеличивает эксплуатационный срок материала. По своим теплоизоляционным свойствам отражающая изоляция эффективней традиционных теплоизоляционных материалов: пенополистирола в 4 – 8 раз, минераловатных плит в 4 – 12 раз и пенобетонов в 12 – 24 раз [2]. Стандартные методы определения величины сопротивления теплопередаче не точно измеряют теплоотражающую способность фольгированного покрытия. Повысить точность определения позволяет применение соответствующих методик [3, 4].

Библиографический список

1. **Об энергосбережении** и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) от 23.11.2009.

2. **Энергосбережение** и отражающая изоляция пенофол [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.regent-stroy.ru/statii/energoberezhenie-i-otrazhayushaya-izolyatsiya-penofol/> (дата обращения: 26.12.2017).

3. **Данилов, С. Н.** Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний/ С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова //Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

4. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя С. С. Никулина*

А. В. Тюленев

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

leshka201096@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Проблема энергосбережения является наиболее актуальной для современной промышленности. Предприятия стремятся максимально использовать вторичные энергоресурсы. В частности, на АО «НЛМК» на паровых котлах УТЭЦ стремятся максимально увеличить долю доменного газа, уменьшая при этом долю природного газа до минимума.

Однако изначально котлы БКЗ-220-9,8-540-Г-3, установленные на УТЭЦ, рассчитаны на сжигание топливной смеси с тепловой долей доменного газа 60 %. Увеличение доли доменного газа может негативно отразиться на температурном режиме работы металла поверхностей нагрева.

Целью работы является составление математической модели котельного агрегата, которая позволит отслеживать показания работы котла при изменении долей природного и доменного газа. Также необходимо исследовать работу поверхностей нагрева и параметры работы котла при максимальном увеличении доли доменного газа (до 95 %).

Составлена математическая модель теплового расчета котельного агрегата, по которой был проведен расчет на режиме 57/43. Были проверочно посчитаны все поверхности нагрева: ширмовый ПП, фестон, 3 ступени конвективного ПП, 2 ступени экономайзера и трубчатый воздухоподогреватель. На рисунке 1 представлена схема движения пара.

Особенно сложным является расчет L-образного ширмового пароперегревателя с впрыском в рассечку ширм. Ширмовые поверхности до впрыска и после впрыска рассчитаны как параллельно включенные по газу. Еще одной сложностью составления математической модели является расчет радиационного пароперегревателя (РПП): части РПП находятся в разных температурных зонах. РПП рассчитывался как дополнительная поверхность при расчете основных поверхностей. С помощью расчета удалось определить температуру металла ширмового пароперегревателя: она не превышает переходную температуру ползучести металла. Также определено тепловосприятие РПП, оно составило 33 % от общего тепловосприятия пароперегревателя, поэтому для поддержания требуемой температуры стенки металла приходится увеличивать расход конденсата на первый впрыск.

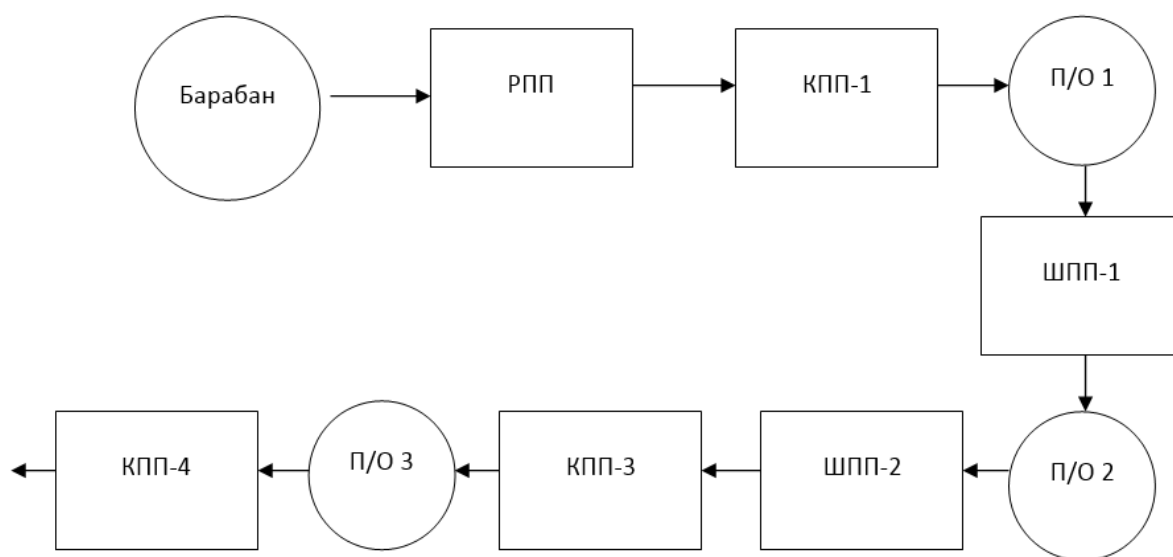


Рис. 1. Схема движения пара

Результаты расчета соответствуют данными испытаний котла на этом режиме, что говорит об адекватности математической модели.

Библиографический список

1. **Тепловой** расчет котлов (нормативный метод) / изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб. : Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с. с ил.

2. **Шацких, Ю. В.** Тепловой расчет котельных агрегатов : учеб. пособие / Ю. В. Шацких. – Липецк : ЛГТУ, 2008. – 144 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Ю. В. Шацких*

Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ БИООТХОДОВ

Тамбовский государственный технический университет

Основными технологическими способами утилизации являются: сжигание, быстрый пиролиз и газификация. Данный процесс базируется на нескольких методах сжигания, в том числе: сжигание в кипящем/циркулирующем слое, предварительная газификация/сжигание газов во вторичной камере сгорания, сжигание пылевидного топлива.

Прямое сжигание происходит в топках с горизонтальной, конусообразной, наклонной или подвижной колосниковой решеткой. Данный метод используется в водогрейных котлах малой мощности (менее 20 МВт) для сжигания биотоплива, в том числе с высокой влажностью: кусковых и длинномерных отходов, рисовая солома, солома пшеницы, навоз птицефабрик и т.д. Сжигание в кипящем/циркулирующем слое позволяет достичь большей эффективности и экономичности за счет почти 100%-го сгорания топлива при меньшем уровне эмиссии отходов горения по сравнению с прямым сжиганием. При использова-

нии данного метода измельченное древесное топливо подается в кипящий слой, созданный путем продувания воздуха или газа через слой инертного материала, например, песка. Метод сжигания в кипящем слое используется в коммерческих или муниципальных котельных и ТЭЦ в диапазоне мощностей от 5 до 600 МВт для получения электрической и тепловой энергии. Дополнительным достоинством данного метода является возможность сжигания различных видов топлива (всего до 70 видов), включая низкосортный уголь, торф, биотопливо, твердые бытовые отходы, отходы ЦБК и т.д. [2].

Предварительная газификация (газогенераторная топка) представляет собой двухэтапный процесс. На первом этапе топливо подается шнековым питателем на наклонную решетку в первичной камере (предтопке), где оно нагревается до такой температуры, при которой происходит процесс газификации. Перегретый и смешанный со вторичным воздухом древесный газ сгорает во вторичной камере практически без остатка. В когенерационном режиме пар может использоваться в паровой турбине для получения электроэнергии. Диапазон мощностей систем сжигания такого рода от 150 кВт до 30 МВт. Недостаток – высокая стоимость [3].

Быстрый пиролиз представляет собой процесс, при котором сухое (<10 % влажности), измельченное в порошок биотопливо быстро нагревается в реакторе до температуры 450...500 °С при отсутствии воздуха. Продуктами пиролиза являются частицы угля, неконденсирующийся газ, конденсирующиеся пары и аэрозоли. Частицы угля отделяются в циклоне, а летучие вещества подвергаются быстрому охлаждению, в результате которого образуется жидкость синтетическое жидкое топливо (пиротопливо), поступающее в накопительный резервуар. Пиролизный газ сжигается в горелке реактора, однако, этого тепла недостаточно для поддержания процесса. Поэтому требуется дополнительный источник тепла, например, природный газ. Основной продукт пиролиза – синтетическое жидкое топливо (пиротопливо) – имеет калорийность, составляющую примерно 55 % от калорийности дизельного топлива.

Газификация представляет собой процесс высокотемпературного превращения биомассы, а также угля или торфа при нормальном или повышенном давлении в газ, называемый генераторным газом, а также небольшое количество золы, в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом

воздуха или кислорода. Генераторный газ имеет температуру 300...600 °С и состоит из горючих и инертных газов, а также паров воды. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом чем сжигание. Сейчас в Ираке появляются специальные котельные для сжигания отходов достаточно крупного размера, сконструированные по новым технологиям, КПД которых достаточно высок. Это позволяет: снижать затраты в себестоимости конечной продукции; снижать общие выбросы парниковых газов и другие вредные выбросы в окружающую среду; рационально использовать различные биоотходы.

В результате, при реализации конкретного проекта, за счет уменьшения стоимости топлива и минимизации транспортных расходов на его доставку, мы получим экономически эффективную, замкнутую и экологичную энергетическую систему.

Библиографический список

1. <http://housea.ru/index.php/car/58714>.
2. **Лямин, В. А.** Газификация древесины / В. А. Лямин. – М. : Лесн. промышленность, 1967. – 260 с.
3. **СНиП II-35-76** Котельные установки. Нормы проектирования (1977 г. с изм. 2001 г.).

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

В. А. Федюшин

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ АРГОНА В УСЛОВИЯХ КИСЛОРОДНОГО ЦЕХА

Липецкий государственный технический университет

Из-за чрезвычайно низкой температуры насыщения криогенных жидкостей расчет их параметров при передаче по трубопроводам связан с транспортированием высокотемпературных жидкостей. Прежде всего, следует отметить,

что на начальном этапе транспортирования температура стенок трубопровода заметно превышает температуру насыщения криогенных жидкостей; вследствие этого имеет место их частичное или даже полное испарение на выходе из магистрали. Специфичные тепловые и гидродинамические условия в период охлаждения стенок трубопроводов и невозможность обеспечения требуемых параметров продуктов на выходе выделяют этап охлаждения стенок из общего цикла работы криогенных трубопроводов.

Выходу параметров криогенных продуктов на требуемый расход и температурный уровень предшествует период охлаждения магистралей. Охлаждение может осуществляться как жидкостью, так и газом. Выбор того или иного фазового состояния продукта определяется назначением системы, требованиями к временным и динамическим характеристикам переходного режима, допускаемыми уровнями температурных напряжений в элементах конструкции. Обычно в жидкостных системах (в целях сокращения продолжительности и упрощения технологии) охлаждение производится непосредственно жидкими продуктами. Этап охлаждения стенок магистралей характеризуется интенсивной генерацией пара. Это обусловлено тем, что первоначальная температура стенок, близкая к температуре среды, значительно превышает не только температуру насыщения, но и верхнюю границу существования криогенных продуктов в жидком виде.

В существующей схеме перекачки жидкого аргона не предусмотрено системы сохранения паров аргона. Установка конденсатора-испарителя позволит конденсировать весь аргон, расходуемый на захолаживание магистрали, и снизить эксплуатационные потери жидкого криогенного продукта.

В результате анализа схемы получения жидкого аргона были выявлены характерные виды потерь криогента: при захолаживании трубопровода, потери от внешнего теплопритока во время перекачки, испарение продукта из резервуара для хранения. Стоит отметить, что характер потерь различается не только по интенсивности, но и по продолжительности во времени. В связи с этим конденсатор-испаритель должен обеспечивать надежную конденсацию паров аргона при различных режимах нагрузки. В работе были определены потери аргона в существующей технологической схеме, основные конструктивные размеры теплообменника, а также необходимое количество жидкого азота.

1. Величины потерь аргона

Вид потерь	Величина потерь		Продолжительность расчетного периода
	кг/с	кг	
На захолаживание	2,14	256,54	2 мин
От теплопритока	0,046	83,09	30 мин
Испарение	0,024	87,5 кг/ч	Постоянно

2. Необходимая площадь теплообмена

Режим работы	Захолаживание	Теплоприток	Испарение
Q , кВт	352,44	7,6	4
F , м ²	48,28	1,04	0,55

3. Необходимое количество жидкого аргона

Режим работы	Захолаживание	Теплоприток	Испарение
Расход G , кг/с	1,74	0,04	0,02
Масса, кг	208,71	67,60	71,19 кг/ч

Таким образом, предложенный вариант модернизации схемы перекачки аргона позволяет свести эксплуатационные потери жидкого продукта к нулю.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Е. М. Крамченкова*

Аль Саммарраи Хайдер Салах

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Тамбовский государственный технический университет

С ростом начальной температуры газов растет тепловая экономичность цикла газотурбинной установки (ГТУ) и уменьшается расход воздуха. Вместе

с тем рост начальной температуры ограничен допускаемыми напряжениями в рабочих лопатках. В результате в ГТУ начальные температуры газа значительно ниже теоретически возможных, т.е. температур сжигания топлива с минимальным избытком воздуха, необходимым только для его окисления.

Охлаждение наиболее горячих элементов газовых турбин позволяет снизить их температуру при достаточно высокой температуре газа. Однако применение охлаждения уменьшает полезную работу ГТУ, так как часть теплоты, отбираемая охлаждающей средой от газа, не может быть преобразована в механическую работу. В некоторых случаях, если используется теплота охлаждающей среды, возможно частичное уменьшение этих потерь.

Снижение температуры элементов газовой турбины в результате охлаждения позволяет поднять термодинамический потенциал цикла ГТУ за счет увеличения начальной температуры рабочего газа. Охлаждение целесообразно применять в том случае, когда выигрыш в КПД от возможного повышения начальных параметров рабочего газа больше потерь, вызываемых охлаждением.

Система охлаждения ГТУ должна удовлетворять следующим требованиям:

- температура металла охлаждаемых деталей должна быть такой, чтобы его прочностные свойства обеспечивали заданный ресурс работы;
- градиенты температур охлаждаемых деталей не должны превышать значений, при которых температурные напряжения достигают опасных значений или возникает возможность недопустимого коробления деталей;
- затраты энергии на охлаждение должны быть значительно ниже дополнительной полезной энергии, вырабатываемой ГТУ за счет увеличения начальной температуры рабочего тела.

В качестве примера рассмотрим систему воздушного охлаждения мощной газовой турбины, работающей при температуре около 900 °С (рис. 1).

Воздух для охлаждения отбирается после компрессора и за двенадцатой и девятой его ступенями. Для охлаждения деталей турбины, работающих при высоких температурах, воздух подводится четырьмя потоками:

- поток I – воздух из напорного патрубка компрессора вводится перед соплами, первой ступени, создавая заградительное охлаждение дна межлопаточного канала;

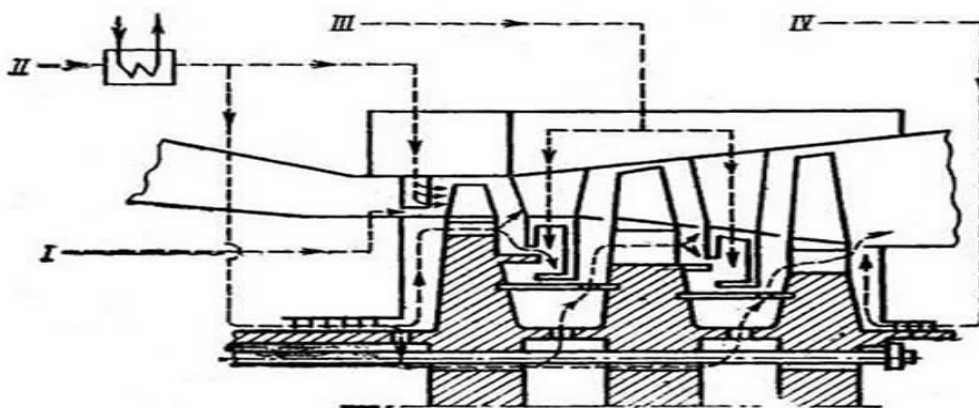


Рис. 1. Схема системы охлаждения мощной газовой турбины

- поток II – воздух из напорного патрубка компрессора (дополнительно охлажденный до температуры 176°C) идет к переднему концевому уплотнению, а затем – к первому ряду направляющих лопаток, диску первой ступени со стороны входа газов, внутренним элементам ротора и частично – к гребням дисков второй и третьей ступеней;

- поток III – воздух после двенадцатой ступени компрессора идет к обоям направляющих аппаратов и гребням дисков второй и третьей ступеней;

- поток IV – воздух после девятой ступени компрессора идет к заднему торцу диска третьей ступени и к концевому уплотнению на выходе газов.

Такая система охлаждения обеспечивает работу установки в режиме, при котором температура металла ротора не превышает 315°C .

Библиографический список

3. **Хайдер, С.** Газотурбинные установки разомкнутого цикла в условиях генерации электрической и тепловой энергии / С. Хайдер, С. Н. Баршутин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : Материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2017. – С. 246 – 247.

4. **Пат. 2188411** Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001116233/28 ; заявл.13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с. : ил.

5. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

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

П. А. Хохлов, В. Д. Попов, Н. Ф. Майникова

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШОКОЛАДА

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Шоколадные изделия являются многокомпонентными продуктами. Одновременно в рецептуре могут присутствовать различные жиры. Все жиры имеют определенную температуру плавления при нагревании, которая определяется триглицеридным составом. При комнатной температуре какао-масло имеет твердую и хрупкую консистенцию, но способно легко плавиться во рту, не оставляя ощущения «салистости», присущего высокоплавким жирам. Подобно многим жирам какао-масло обладает полиморфными свойствами, т.е. оно может затвердевать в различные кристаллические полиморфные формы, имеющие разные значения температуры плавления – от 16 до 36 °С.

Газохроматографический метод анализа жировой фазы является эффективным для идентификации какао-масла в продукте и наглядно демонстрирует факты фальсификации шоколада другими жирами. Из термических методов анализа для исследования жиров применяют метод ДСК, реже – менее чувствительный метод ДТА [1, 2]. Перечисленные методы являются разрушающими.

В данной работе представлены результаты исследования жирового состава шоколада неразрушающим зондовым методом, теоретическое обоснование которого представлено в работе [3].

Метод и конструкция реализующей его измерительной системы представлены в работах [3, 4]. При измерениях зонд устанавливают контактной стороной на плоскую поверхность плитки шоколада (можно, в полипропиленовой упаковке).

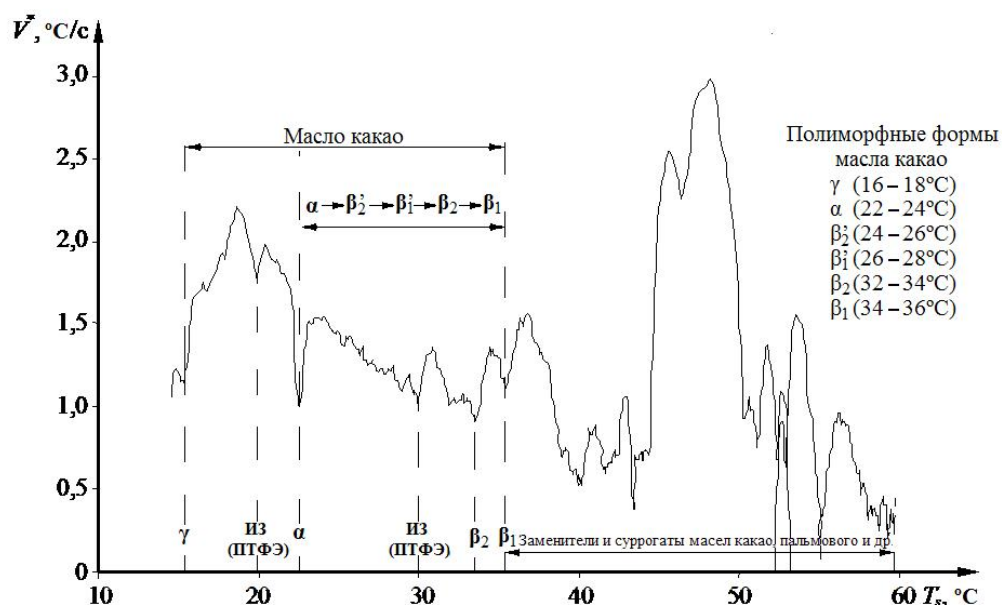


Рис. 1. Скорость изменения температуры, отнесенная к температуре в контрольной точке поверхности объекта исследования

Воздействие осуществляется с помощью источника тепла постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку зонда. Мощность и длительность теплового воздействия задаются программно. Подложка зонда выполнена из пенополиуретана, что обеспечивает реализацию адиабатического режима нагрева.

Результат термического анализа шоколада в полипропиленовой упаковке представлен на рис. 1. На графике видны скачки в различных диапазонах значений температуры. При 15...36 °C происходят полиморфные превращения масла какао.

В температурном диапазоне 36...60 °C также происходят процессы плавления, что свидетельствует о наличии в шоколадном изделии заменителей и суррогатов масел какао. Например, пальмового масла, температура плавления которого находится в диапазоне значений температуры 37...43 °C, и что особенно важно, его технических сортов с более высокой температурой плавления.

Библиографический список

1. **Николаева, М. А.** Идентификация и обнаружение фальсификации продовольственных товаров / М. А. Николаева. – М. : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2010. – 304 с.

2. **Полянский, К. К.** Дифференциальный термический анализ пищевых жиров / К. К. Полянский, С. А. Снегирев, О. Б. Рудаков. – М. : ДеЛи Принт, 2004. – 85 с.

3. **Об одном методе** исследования твердофазных переходов в полимерах / Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, А. А. Балашов // Пластические массы. – 2002. – № 6 – С. 23 – 28.

4. **Майникова, Н. Ф.** Измерительная система и метод неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах / Н. Ф. Майникова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – № 1. – С. 56 – 61.

А. А. Черных

МЕТОДИКА ИЗБАВЛЕНИЯ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ДИСКОМФОРТА, ИСХОДЯЩЕГО ПРИ РАБОТЕ ГАЗОПОРШНЕВОЙ УСТАНОВКИ

antonchernux@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

Газопоршневая установка (ГПУ) издает сильный шум – сила звука на поверхности газопоршневого двигателя колеблется в пределах от 105 до 130 Дб. Для снижения шума требуется применение специальных мероприятий, которые бы позволили уменьшить шум, исходящий от ГПУ. Внутренний шум, исходящий от ГПУ, является результатом нестационарности и турбулентности потока, неуравновешенностью отдельных узлов и т.д. Поэтому обслуживающему персоналу, находящемуся в помещении, необходимы средства защиты, чтобы избежать вредного воздействия шума, а также вибрации.

Одним из методов, который бы позволил уменьшить шум, является так называемый «компенсационный» или «активный» метод, который позволяет с помощью встречной звуковой волны такой же частоты, вступающей в последующем в резонанс с «шумовой» волной, уменьшить в помещении пагубное влияние акустического дискомфорта или полностью избавиться от него (рис. 1). Этот метод позволяет персоналу находиться в помещении, не используя индивидуальные средства защиты: наушники, беруши и т.п.

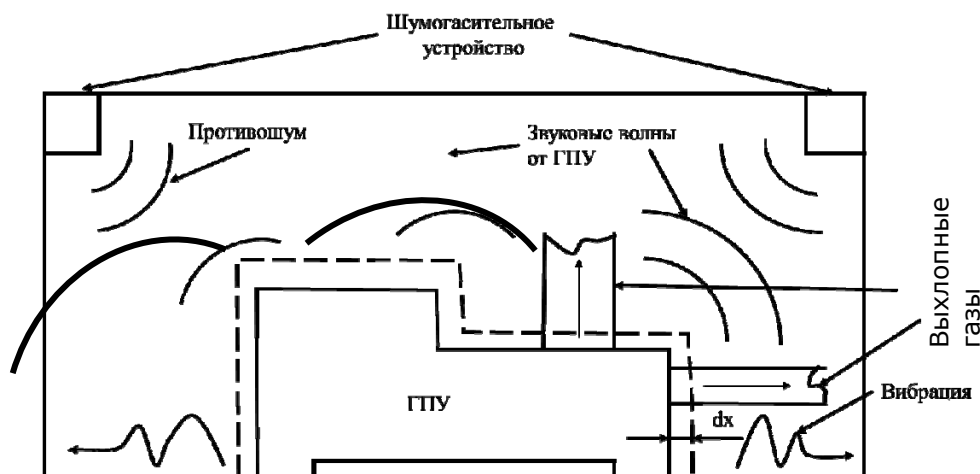


Рис. 1. Модель защиты помещения от шума

Данная система может быть также скомбинирована с методом рассмотрения системы как неравновесной, в результате чего может быть применен метод асимптотического разложения волн разной частоты, который применяется в неравновесной механике. Построение такой модели и применение методов, изложенных выше, позволит построить гистерезисные кривые, которые будут описывать изменение амплитуды и частоты для волн разного порядка. В результате построения графиков волн первых порядков можно будет предсказать изменение гистерезисных кривых для волн других порядков.

Библиографический список

1. **Боголюбов, Н. Н.** О некоторых статистических методах в математической физике / Н. Н. Боголюбов. – Киев : Изд-во АН УССР, 1945.

Н. Г. Чернышов, М. Ф. Диумесси, И. В. Зеленова

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

n-c-h@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Актуальность энергосбережения на предприятии и повышение энергетической эффективности производства обусловлена следующими факторами:

1) высокими затратами на энергетические ресурсы. В настоящее время уровень затрат на энергоресурсы в себестоимости отечественной продукции в разы превышает показатели других стран, что снижает их конкурентные преимущества. Более трети российских предприятий в составе себестоимости продукции имеют 6...10 % затрат на энергетические ресурсы, около 20 % предприятий – 15 % затрат на энергетические ресурсы, 15 % предприятий – 25 % затрат на энергетические ресурсы. Следовательно, снижение доли издержек на энергетические ресурсы в себестоимости продукции, позволяет повысить конкурентоспособность отечественных товаров не только на российском рынке, но и на мировом. Так же высвобожденные денежные средства можно направить на развитие производства, обучение персонала и т.п.;

2) постоянным ростом тарифов на энергетические ресурсы, затрудненностью подключения дополнительных мощностей. Ежегодно тарифы на энергетические ресурсы для предприятий неумолимо растут, причем с каждым годом данный рост будет все интенсивнее;

3) увеличением энергопотребления, ограничивающим рост производства;

4) предприятиям необходима качественная, надежная и бесперебойная поставка энергетических ресурсов, что не может гарантировать изношенное энергооборудование.

Энергоемкость отечественного производства обусловлена рядом факторов:

1) физическим и моральным износом технологического оборудования. В России более половины предприятий эксплуатируют оборудование, потребляющее энергетические ресурсы, более 10 лет. В ходе исследования Международной финансовой корпорации, было выявлено, что около трети предприятий эксплуатируют вентиляционные системы, компрессоры, установки комбинированной выработки тепла и электроэнергии, холодильные агрегаты, обратные системы охлаждения, насосы, электроприводы (электромоторы), теплообменники, котельное оборудование, частотно-регулируемые приводы, инфракрасные нагреватели более 25 лет;

2) физическим и моральным износом энергетического оборудования;

3) несовершенством производственного процесса, в ходе которого нецелесообразно расходуются энергетические ресурсы;

- 4) большими тепловыми потерями зданий и сооружений;
- 5) низкой культурой потребления энергетических ресурсов.

Решение этих задач требует комплексного подхода. С одной стороны возрастает роль государства в формировании общей энергетической политики, с другой – возрастает значимость научных исследований проводимых в рамках реализации энерго- и ресурсосберегающих технологий. Особо следует выделить активно развивающийся в последнее время подход к комплексной разработке объекта управления, так и системы управления им. Это позволяет решать задачи энерго- и ресурсосберегающего управления еще на стадии разработки промышленного энергоемкого объекта.

Библиографический список

1. **Chernyshov, N. G.** Features of Creation of Power Saving Control Systems on Set Operation Conditions / N. G. Chernyshov, D. Yu. Muromtzev // Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42, No. 3. – P. 163 – 168.
2. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.
3. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий. – Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.
4. **Чернышов, Н. Г.** Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К.В. Чикаев // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.
5. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4 (66). – С. 21 – 28.
6. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналого-

вых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.

В. А. Чернышов, М. В. Новиков

ПРИМЕНЕНИЕ ИММЕРСИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛООТВОДА В КОНСТРУКЦИЯХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

blackseam78@mail.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина

В настоящее время одной из основных проблем светодиодной отрасли, является снижение рабочего ресурса светодиодных источников света вследствие перегрева светодиодов, связанного с несовершенством конструкцией теплоотвода и конструкции их корпуса [1]. Указанная проблема является весьма актуальной для современной светодиодной отрасли и требуют проведения дополнительных научных исследований, направленных на разработку и практическую реализацию более эффективных технологий отвода тепла для светодиодов. Проведенный патентный поиск показал, что наиболее революционной технологией охлаждения электронных устройств, используемой интернет-компаниями, для охлаждения своих серверов, является иммерсионное охлаждение [2].

Авторы данной публикации, предлагают использовать известную технологию иммерсионного охлаждения для обеспечения эффективного теплоотвода в конструкциях светодиодных светильников. Предполагается, что данное мероприятие предотвратит перегрев светодиодных модулей и как следствие их преждевременный выход из строя. В иммерсионном охлаждении теплоносителем является так называемая сухая вода или фторкетон [3]. Фторкетон – это синтетическое органическое вещество, в молекуле которого все атомы водорода заменены на прочно связанные с углеродным скелетом атомы фтора. Такие изменения делают вещество инертным с точки зрения взаимодействия с другими молекулами.

Основная идея авторского предложения заключается в том (см. рис. 1), что в герметичном корпусе светодиодного светильника в процессе нагрева светодиодов до 49 °С, происходит закипание фторкетона, обеспечивающее отведение лишней тепловой энергии от светодиодов.

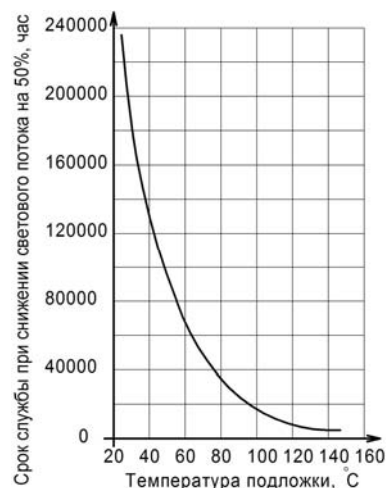
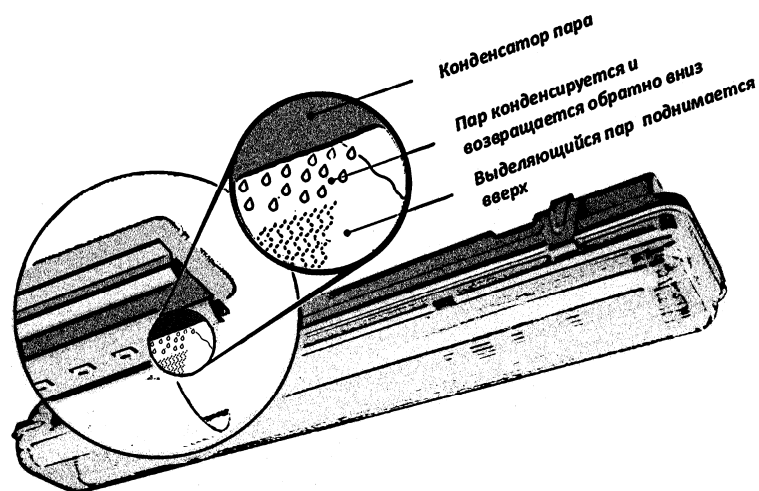


Рис. 1. Принцип работы иммерсионного охлаждения светодиода

После превращения в пар, фторкетон конденсируется на верхней части корпуса светодиодного светильника и стекает обратно в его рассеиватель. При воздушном охлаждении светодиода диапазону температуры окружающей среды $25...75\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответствует диапазон температуры его подложки равный $60...90\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом температура самого кристалла достигает критического значения, что приводит преждевременному выходу светодиода из строя [4].

При иммерсионном охлаждении максимальная температура подложки светодиода определяется температурой кипения фторкетона и составляет $+49\text{ }^{\circ}\text{C}$, поэтому можно однозначно утверждать, что срок служб светодиодов с иммерсионным охлаждением будет составлять не менее 90 тыс. ч. При этом среднестатистический срок службы светодиодов составляет $10...30$ тыс. ч.

Таким образом, использование технологии двухфазного иммерсионного охлаждения светодиодов позволяют трехкратно увеличить срок их службы, поэтому она может быть взята на вооружение разработчиками светодиодного освещения при проектировании светодиодных светильников нового поколения с повышенным ресурсом.

Библиографический список

1. Мешков, Б. Н. Закон энергоэффективности, продиктованный природой / Б. Н. Мешков, В. А. Чернышов // Главный энергетик. – 2013. – № 8. – С. 32 – 35

2. **Иммерсионное** охлаждение серверов набирает популярность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://telecomblogger.ru/16082> (дата обращения: 26.12.2017).

3. **Чернышов, В. А.** Обоснование целесообразности применения иммерсионной системы охлаждения в светодиодных светильниках агропромышленного назначения / В. А. Чернышов, М. В. Новиков // Вестник Воронежского ГАУ. – 2017. – № 3.

4. **Чернышов, В. А.** Использование микропроцессорного контроля теплотехнических параметров светодиодной осветительной аппаратуры на этапе проектирования / В. А. Чернышов, М. В. Новиков // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 3 (16). – С. 27 – 33

М. Ф. Диумесси, И. В. Зеленова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

n-c-h@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

На настоящий момент российская экономика является одной из самых расточительных в мире. Показатель энергоемкости ВВП России практически в два раза выше среднемирового показателя, и в три раза выше среднего показателя стран Евросоюза. Причем стоит отметить, что наша страна потребляет около 6% мировых энергетических ресурсов.

По оценкам экспертов, потенциал энергосбережения в России составляет около 45 % текущего потребления (примерно 350 млн т.у.т.). Причем: 31 % (около 140 млн т.у.т.) приходится на энергоемкие отрасли промышленности; 30 % (около 135 млн т.у.т.) – на топливно-энергетический комплекс; 24 % (около 110 млн т.у.т.) – жилищно-коммунальное хозяйство. Уровень энергосбережения в сельском хозяйстве оценивается в 15 млн т.у.т.; транспортной сфере – 30 млн т.у.т.; федеральной бюджетной сфере – 22 млн т.у.т.

По данным Минэкономразвития, 85 % прироста потребности России в энергетических ресурсах может быть полностью покрыто благодаря повыше-

нию энергоэффективности экономики. Однако вопрос энергоэффективности актуален не только для всей страны в целом, но и для каждого хозяйствующего субъекта в отдельности.

Рассмотрим основные направления повышения энергетической эффективности предприятия, оптимизации потребления энергетических ресурсов:

- модернизация технологического оборудования;
- оптимизация производственного процесса;
- мотивация сотрудников к экономии энергоресурсов;
- использование возобновляемых источников энергии;
- снижение теплопотерь зданий и сооружений;
- внедрение энергоэффективных технологий;
- внедрение учета потребления энергетических ресурсов;
- переработка отходов с целью получения энергии.

Многие руководители российских предприятий недооценивают потенциал энергосбережения. По данным исследования Международной финансовой корпорации энергосбережение газа недооценивается на 7 %; холода – 9 %; тепловой энергии – 10 %; электроэнергии – 11 %; воды – 16 %; сжатого воздуха – 20 %.

Энергосбережение является сложным процессом, затрагивающим интересы энергоснабжающей организации, ее потребителей и государственных органов. Следует отметить, что заинтересованность потребителей прямо пропорциональна величине затрат, идущих на оплату энергии, в соотношении с общим объемом расходов. Реализации на практике энергосберегающих мероприятий мешают следующие причины: экономические противоречия, возникающие между потребителями, реализующими энергосбережение, потребителями, не участвующими в этом процессе, и поставщиками энергоресурсов, недостаточная информация о новых энергоэффективных технологиях, приборах и устройствах и др. Вышеуказанные причины являются следствием проявления качественно новых проблем управления энергосбережением, к которым можно отнести слабую структурированность проблемы внедрения энергосберегающих мероприятий. Совокупное решение этих проблем, требование непрерывных и адекватных изменений в управленческой сфере в ответ на открываемые достижениями

науки и техники новые возможности в области энергосберегающих технологий позволит открыть новые возможности как для современных предприятий, так и для экономики страны в целом.

Библиографический список

1. **Chernyshov, N. G.** Features of Creation of Power Saving Control Systems on Set Operation Conditions / N. G. Chernyshov, D. Yu. Muromtzev // Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42, No. 3. – P. 163 – 168.

2. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

3. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – Т. 23, № 1. – 2015. – С. 7 – 15.

4. **Чернышов, Н. Г.** Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

5. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4 (66). – С. 21 – 28.

Чжоу Цяофэн

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ГАЗА В ПЛОТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ НА ОСНОВЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ ПО ДОБЫЧЕ

gubkin.cup@yandex.ru

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

Одной из основных задач на ранней стадии разработки газовых месторождений является подсчет запасов углеводородного сырья. За последние десятилетия технология бурения горизонтальных скважин (ГС) с проведением многостадийного гидравлического разрыва пласта (МГРП) широко применяется для

выработки запасов углеводородов в нетрадиционных источниках. Подсчет запасов газа, приходящихся на ГС с МГРП, на основе анализа промысловых данных по добыче с помощью аналитического метода и математического моделирования имеет существенное значение при разработке газовых месторождений.

Целью данной работы является подсчет запасов газа, приходящихся на горизонтальную скважину в плотных коллекторах на основе анализа промысловых данных по добыче. В работе рассмотрены методы подсчета запасов газовых скважин как с помощью аналитических соотношений, так и на основе математического моделирования. Проведен сравнительный анализ результатов подсчета запасов газа, полученных на основе динамических промысловых данных по добыче. Предложенная процедура подсчета запасов газа позволяет провести оценку запасов углеводородов в динамике, определить основные характеристики пласта, исследовать скважину без потерь в добыче, вызванных остановкой скважин, и потому имеет практическое значение.

Применение предложенной методики подсчета запасов газа, приходящихся на ГС с МГРП, проиллюстрировано примером использования промысловых данных для одного из месторождений КНР. Важно отметить, что результаты подсчета запасов газа аналитическим методом и с использованием математического моделирования близки. Математическое моделирование, в целом, позволяет получить более точные результаты, так как учитывает большее число факторов, участвующих в подсчете запасов газа. Полученные результаты позволяют принять рациональное решение при дальнейшей разработке месторождений.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., профессора А. Б. Золотухина*

И. С. Шатохин, А. К. Щербаков, К. В. Морозов

ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

joeblack150396@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

В России проблемы теплоэнергетики появились достаточно давно, а в последние несколько лет этот вопрос встал особенно остро. Неэффективное ис-

пользование топливных ресурсов приводит к огромным финансовым потерям в отрасли, что влечет за собой значительное удорожание цен на топливо. Из этого следует, что проблемы теплоэнергетики напрямую влияют на развитие нашей экономики в целом.

Специалисты выделяют некоторые основные проблемы теплоэнергетики в России:

1) моральный и физический износ фондов. Будет справедливо отметить, что это наблюдается во всех отраслях отечественной экономики;

2) отсутствие четкого плана дальнейшего развития данной отрасли. По утверждениям специалистов, энергетический сегмент нашей экономики существует без какого-либо долгосрочного планирования, и это главная проблема теплоэнергетики. Уход от плановой экономики, существовавшей в Советском Союзе, повлек за собой необратимые процессы в системе развития данного направления;

3) кадровый вопрос. За последние десять-двадцать лет резко поменялись приоритеты населения в выборе профессиональной деятельности, что не могло не отразиться на качестве и количестве квалифицированных технических специалистов;

4) проблемы теплоэнергетики, связанные с нерациональным использованием ресурсов. Устаревшее оборудование и отсутствие теплоизолирующего покрытия трасс, отвечающего современным нормативам, приводит к массовому расточительному расходу топлива.

Решение проблем теплоэнергетики:

1) использование и совершенствование очистных устройств;

2) уменьшение поступления соединений серы в атмосферу посредством предварительного обессеривания (десульфурации) углей и других видов топлива (нефть, газ, горючие сланцы) химическими или физическими методами. Этими методами удастся извлечь из топлива от 50 до 70 % серы до момента его сжигания;

3) большие и реальные возможности уменьшения или стабилизации поступления загрязнений в среду связаны с экономией электроэнергии;

4) не менее значимы возможности экономии энергии в быту и на производстве за счет совершенствования изоляционных свойств зданий. Реальную

экономии энергии дает замена ламп накаливания с КПД около 5 % флуоресцентными, КПД которых в несколько раз выше;

5) заметно повышается также КПД топлива при его использовании вместо ТЭС на ТЭЦ. При этом заметно сокращается вероятность теплового загрязнения водной среды. Наиболее экономично получение энергии на небольших установках типа ТЭЦ непосредственно в зданиях. В этом случае потери тепловой и электрической энергии снижаются до минимума.

Находящаяся в тяжелом кризисном состоянии энергетика России требует неотложной модернизации существующих тепловых электростанций и систем теплоснабжения. В ожидании промышленного подъема необходимо в ближайшие годы не только восполнить убыль мощностей тепловых электростанций, но и увеличить мощность энергосистем не менее, чем на 30...40 %. Для этого нужно в самом срочном порядке восстановить отечественное энергомашиностроение, создать современное газотрубостроение и производство высокоэффективных ПГУ, укрепить научно-исследовательские организации этого профиля.

Библиографический список

1. **Надежность** теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Г. П. Гладышев, Р. З. Аминов, А. К. Клемин, Е. А. Ларин и др.; под ред. А. И. Андрющенко. – М. : Высшая школа, 1991. – 303 с.

2. **Некрасов, А. С.** Современное состояние теплоснабжения России / А. С. Некрасов // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 1. – С. 32 – 39.

3. **Стенников, В. А.** Энергосбережение в тепловом хозяйстве регионов России: проблемы и перспективы / В. А. Стенников // Регион: экономика и социология. – 2007. – № 3. – С. 213 – 218.

4. **Состояние** и перспективы развития парогазовых установок в России / О. Н. Фаворский, В. И. Длугосельский, Ю. И. Петраев и др. // Теплоэнергетика. – 2003. – № 2. – С. 9 – 15.

5. **Энергетическая** стратегия России на период до 2030 года : утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715р // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 48. – Ст. 5836.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Т. И. Тихомировой*

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

joeblack150396@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

Энергоэффективность – это потребление меньшего объема энергии при выполнении одного и того же объема работ. Для людей – это значительное сокращение расходов на коммунальные услуги; для страны – экономия ресурсов, прежде всего, экспортного газа, и повышение производительности промышленности; для экологии – ограничение выбросов в атмосферу парниковых газов; для энергетических компаний – снижение затрат на топливо и необоснованных трат на дорогостоящее строительство.

Конечно, внедрение энергетически эффективных технологий в производство и обслуживание – дело государственного масштаба. Развитые страны прилагают большие усилия, чтобы повысить эффективность потребления энергии.

Тепловые насосы – одно из средств, дающее возможность утилизации тепла тепловых отходов, в первую очередь – с низкой температурой. Для теплонасосных установок (ТНУ) могут быть использованы различные источники энергии: низкопотенциальные ВЭР в виде пара и горячей воды, обратная сетевая вода систем теплоснабжения, уходящие газы котлов и технологических агрегатов, сточные воды, морская и речная вода, грунт и грунтовые воды и т.д. Наиболее эффективно ТНУ могут применяться при замене водогрейных электродкотлов. Коэффициент трансформации мощных ТНУ находится в диапазоне 2,5...5.

Существует множество примеров использования ТНУ на производстве. На одном из предприятий стекольной промышленности тепловой насос использует тепловые отходы от линии воздушных компрессоров. Полученное тепло используется для снабжения производственных участков горячей водой и других целей. В результате значительно сокращается использование природного газа. Создана циркуляционная водяная система, где тепло воды используется в испарителе.

Тепловые насосы могут использоваться и в энергетике, например, для решения проблемы снижения эффективности работы парогазовых установок (ПГУ) в летнее время (из-за падения мощности газотурбинной установки (ГТУ) при высоких температурах наружного воздуха, поступающего в компрессор) можно использовать в системе охлаждения компрессорного воздуха абсорбционный бромистолитиевый насос (АБТН).

В теплый период года АБТН переводят в режим абсорбционной холодильной машины (АБХМ), а в отопительный сезон – в режим теплового насоса (АБТН). Насос работает за счет тепловой энергии, круглогодично отводимой от сжатого воздуха (между ступенями компрессора). В режиме АБХМ это позволяет получить два тепловых потока: охлаждение воздуха на входе в компрессор и подогрев топливного газа, горячей воды. В зимнее время воздух на входе в компрессор нуждается не в охлаждении, а, напротив, в нагреве для предотвращения образования инея и наледи во входном патрубке. В результате работы по такой схеме полезная мощность ГТУ увеличивается на 23 % (относит.), а КПД – на 4,6 % (относит.). При увеличении температуры атмосферного воздуха и включении АБХМ мощность и КПД установки не только не снижаются, как это обычно наблюдается у всех ГТУ, а, напротив, увеличиваются.

Также тепловые насосы эффективно использовать для отопления, как производственных помещений, так и объектов за пределами предприятия, при размещении ТНУ на объектах и обеспечении низкопотенциальным теплом. Такое решение позволяет не только утилизировать тепловые отходы, но и исключить или сократить затраты на создание и эксплуатацию дополнительных источников теплоснабжения.

Таким образом, мы частично решаем одну из важнейших проблем теплоэнергетики, а именно, в ходе усовершенствования технологического процесса и оборудования мы увеличиваем производительность, вместе с сокращением энергетических затрат. Этими методами на предприятиях устаревшего типа можно уменьшить энергопотребление без больших вложений инвестиционных средств на модернизацию.

Библиографический список

1. **Справочный** документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М. : Эколайн, 2012. – 492 с.

2. **Политехнический** словарь. – М. : БСЭ, 1989. – 432 с.
3. **Энергобаланс** промышленного предприятия. Общие положения. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
4. **Энергосбережение**. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 20 с.

*Работа выполнена по руководством
к.т.н., доцента Т. И. Тихомировой*

И. А. Юстус, В. Д. Мохначев

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

477ira785@mail.ru

*Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»*

Проблема взаимодействия человека с окружающей средой на урбанизируемых территориях охватывает сегодня большой комплекс различных, но тесно взаимосвязанных проблем, важное место среди которых занимает защита воздушной среды от загрязнений. Экологическая ситуация в современных городах характеризуется высокой степенью запыленности и загазованности атмосферного воздуха от предприятий теплоэнергетики [1].

Целью настоящей работы является разработка на основе математического моделирования методики, позволяющей проводить на различных стадиях проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики для Зеленоградской наукоемкой природно-технической геосистемы (НПТГ), а также пофакторный анализ проектируемого и существующего положений с точки зрения обеспечения нормативов качества воздуха приземного слоя атмосферы и оценку аэрационного режима исследуемой территории.

Основное уравнение математического моделирования, описывающее явление переноса и диффузии веществ, имеет вид

$$\frac{dc}{dt} = \nabla(k\nabla c) - \nabla(uc) + Q^c + R^c,$$

где c – концентрация примесей; $u = (u, v, w)$ – вектор осредненного поля скоростей воздушной среды, элементы которого совпадают с осями координат x, y, z ; k – тензор коэффициентов турбулентной диффузии, сочетающий в себе возможные механизмы смешения; Q^c, R^c – источники образования веществ [2].

Частицы и молекулы газов, выброшенные в атмосферу, удаляются друг от друга под влиянием турбулентных вихрей. Проблема турбулентной диффузии в атмосфере не сформулирована сегодня однозначно, так как нет единой физической модели, позволяющей детально описать все многообразие сложных процессов, происходящих в атмосфере [3].

Процесс рассеивания загрязняющих веществ, тесно связанный с аэрацией территорий, в реальном проектировании отдельных объектов городского строительства непромышленного назначения практически не рассматривается. Проекты промышленных объектов оцениваются путем испытаний в аэродинамической трубе, что связано с рядом трудностей, среди которых не только высокая стоимость подобных исследований, но и малочисленность установок необходимой мощности. Поэтому наиболее рациональным и актуальным путем решения данной задачи, на наш взгляд, является применение математического моделирования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Математическое моделирование обладает рядом существенных преимуществ [3]:

- позволяет выбирать наиболее оптимальный проектный вариант без влияния субъективного фактора;
- позволяет оценивать возможные последствия принимаемых проектных решений;
- дает возможность прогнозирования поведения исследуемой системы во времени;
- позволяет производить детальное исследование качества атмосферного воздуха и оценку воздействия от предполагаемых новых и от реконструкции уже существующих источников выброса примесей на качество атмосферного воздуха.

В результате работы с использованием метода крупных частиц было проведено компьютерное моделирование рассеивания примесей в приземном слое Зеленоградской НПТГ.

Библиографический список

1. **Кольцов, В. Б.** Процессы и аппараты защиты окружающей среды / В. Б. Кольцов, О. В. Кольцова. – М. : Юрайт, 2016. – 588 с.
2. **Коммисаров, Ю. А.** Экологический мониторинг окружающей среды / Ю. А. Коммисаров, Л. С. Гордеев, Ю. Д. Эльдештейн, Д. П. Вент ; под ред. П. Д. Саркисова. – М. : Химия, 2005. – Т. 1. – 363 с.
3. **ОНД-86.** Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Госкомгидромет. – Л. : Гидрометеиздат, 1987.
4. **Ларионов, Н. М.** Промышленная экология / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. – М. : Юрайт, 2016. – 495 с.

Аль Саммарраи Хайдер Салах

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Тамбовский государственный технический университет

Надежная и эффективная работа газотурбинной установки (ГТУ) может быть обеспечена только при условии соблюдения определенных режимов работы, которые во многом зависят от параметров наружного воздуха: температуры, давления и влагосодержания. Изменение температуры наружного воздуха в наибольшей степени влияет на основные характеристики ГТУ (относительно +15 °С, принятых в расчетном режиме по ISO). Обычно колебания давления наружного воздуха происходит в ограниченных пределах. Однако понижение давления воздуха на входе компрессора на 10 % приводит практически к такому снижению электрической мощности ГТУ.

Еще меньше влияет изменение влагосодержания рабочего тела. Наибольшее влияние оказывает колебания температуры наружного воздуха. Например, в условиях Ирака эти изменения могут быть от 2 до +57 °С. При этом меняется плотность и соответственно массовый расход воздуха используемого в ГТУ, что приводит к изменению мощности и всех ее характери-

стик. При изменении температуры воздуха от +50 до -20 °С электрическая мощность ГТУ может возрасти на 70 % (рис. 1), а электрический КПД – более чем на 20 % (рис. 2).

Аналогичное влияние оказывает температура окружающего воздуха и на параметры выходных газов ГТУ. Из-за этого расход и температура выходных газов значительно изменяются, что не позволяет стабилизировать параметры рабочего тела ГТУ-ТЭЦ и ПГУ. Для устранения этого недостатка применяется впрыск воды в зону активного горения.

Впрыск воды (пара) в камеру сгорания несколько повышает электрическую мощность ГТУ при соответствующем снижении экономичности. Увеличение расхода газов через турбину в результате впрыска воды на входе

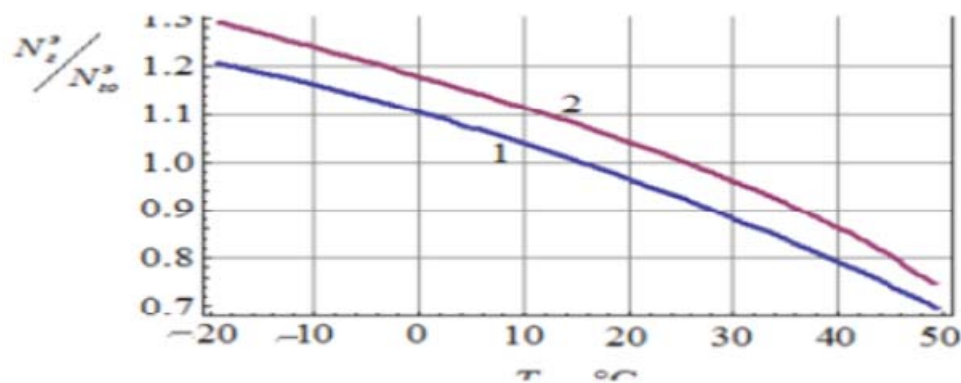


Рис. 1. Зависимость электрической мощности ГТУ от температуры наружного воздуха при номинальной нагрузке (1) и пиковой нагрузке (2)

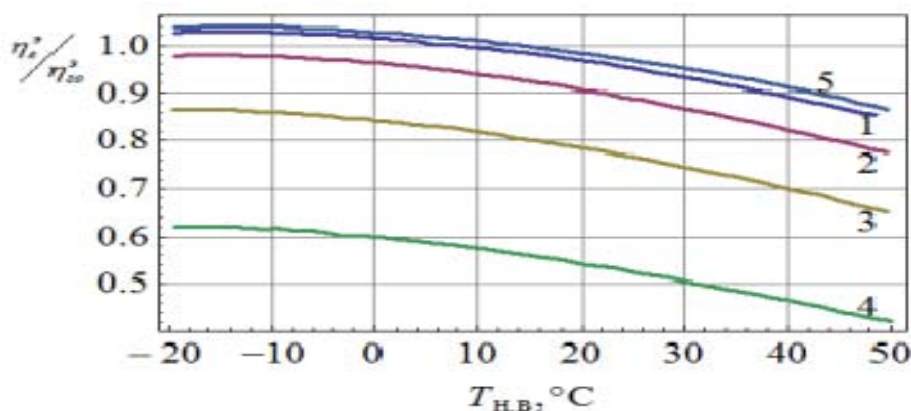


Рис. 2. Зависимость электрического КПД ГТУ от температуры наружного воздуха при разной нагрузке: номинальная (1), 75 % (2), 50 % (3), 25 % (4) и пиковая (5)

компрессора и увеличение его КПД (на 4 %) в целом улучшает работу ГТУ: полезная мощность установки при впрыске 0,5...2 % воды (по отношению к объему воздуха) возрастает на 7,5...14 % при увеличении электрического КПД приблизительно на 3,5 %.

При температуре окружающего воздуха ниже -15°C удастся электрическую мощность ГТУ поддерживать постоянной путем прикрытия входного направляющего аппарата и ограничения пропуски воздуха через компрессор, или поворотным направляющим аппаратом. Количество и качество впрыскиваемой воды оказывает заметное влияние на все основные параметры ГТУ. Поэтому необходим достаточно жесткий контроль давления, температуры и расхода воды.

Библиографический список

1. **Хайдер, С.** Газотурбинные установки разомкнутого цикла в условиях генерации электрической и тепловой энергии / С. Хайдер, С. Н. Баршутин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : Материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2017. – С. 246–247.

2. **Пат. 2188411** Российская Федерация, МПК G01N27/414. Способ измерения активности ионов в растворах и устройство для его осуществления / С. Н. Баршутин, В. П. Шелохвостов, В. Н. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2001116233/28 ; заявл.13.06.2001 ; опубл. 27.08.2002, Бюл. № 24. – 11 с. : ил.

3. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

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

Секция 2

Электроэнергетика.

Проблемы и перспективы развития

М. Ю. Авдеева, О. Ю. Высокая, В. Н. Кагдин

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЖКХ

maria-hoch92@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Инновации постоянно совершенствуются и своими новыми открытиями содействуют удобству человека. В сферу жилищно-коммунального комплекса мы стараемся внести все больше новых и перспективных инноваций.

ЖКХ сегодня совсем не привлекательный комплекс для коммерческих предприятий. Система, которая сейчас сложилась, образовалась в результате большого числа реформ в 1991 г. Их целью было создать такую систему, которая была бы максимально приспособлена к рыночным отношениям.

Одна из главных инноваций в сфере ЖКХ – это автоматизация обработки начислений и платежей. Устаревшее программное обеспечение имеет мало функциональных возможностей для полноценного пользования. Так же неудобный интерфейс и долгие обновления системы, не успевающие за изменениями в нашем законодательстве, поэтому появились новые технологии «SaaS (Software as a Service)». Это система взаимодействия, применение которого поможет эффективно решать задачи абонентского обслуживания, тарификации начислений, сбор данных с учетных устройств, что, в конце концов, положительно влияет на сбор платежей и на абонентов. Именно поэтому это программное обеспечение приобрело популярность в России. В 2001 г. появились первые компании-разработчики такого программного обеспечения, тогда и стал использоваться термин «SaaS». Сейчас с этим направлением так же работают Google и Microsoft.

Доступ к этому сервису может осуществляться в любое время дня и суток, достаточно для этого иметь просто Интернет в вашем устройстве, также

пользоваться может одновременно огромное количество клиентов. Система занимается всем как принятием платежей, так и выпиской квитанции. Обновления системы всегда проводятся своевременно и абсолютно бесплатно для заказчиков. Огромная выгода в том, что нет необходимости в приобретении и обслуживании серверов, в уплате за права пользования и установки. Заказчики такой системы получают огромную выгоду с того что они приобретают.

Во время конференции «ИКТ в госсекторе 2017» 6 апреля 2017 г. компаниями «Альянс Проф» (центр компетенции по Astra Linux) и «Биллинг Онлайн» были предложены варианты развития системы на рынке решения начисления платы за ЖКУ. Компании работают заодно, и ожидается, что развитие отечественной облачной платформы «Биллинг Онлайн» работающая под ОС Astra Linux, доступной в бизнес-модели SaaS, позволит расширить возможности применения Российских СПО в сфере ЖКХ и энергетики. По словам компании «Альянс Проф» Astra Linux уже готова к использованию в России, она была доработана и соблюдает все требования к безопасности.

Самое главное, что здесь стоит заметить, что выигрывают здесь клиенты и заказчики этой системы. Клиенты станут получать больше информации о своих платежах, и более точные цифры. Так же клиентов будет ждать личный кабинет, в котором можно проводить все операции нужные ему, и гарантию защиты персональных данных.

Внедрение инноваций в сферу ЖКХ очень сложно, так как этому мешает целый ряд проблем, таких как: недофинансирование, большая бюджетная зависимость от государства, затратный механизм формирования тарифов и др.

Библиографический список

1. **Короткова, Т.** «Альянс Проф» и «Биллинг Онлайн» анонсировали облачное решение для начисления платы за ЖКУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cnews.ru/news/line/2015-12-04_alyans_prof_i_billing_onlajn_gotovy_predlozhit (дата обращения: 28.10.2017).

2. **Андрюшенков, А. Ф.** Экономика / А. Ф. Андрюшенков // Транспортное дело России. – 2011. – № 2.

3. **Кобелев, А. В.** Устройство мониторинга и экономии электрической энергии / А. В. Кобелев, А. Н. Кагдин, К. И. Терехов / Актуальные проблемы

энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тезисы докл. 2-й Междунар. конф. с элементами науч. шк.; отв. ред. Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2015. – С. 250–251.

4. **Калинин, В. Ф.** Влияние характера нагрузки на качество электрической энергии / В. Ф. Калинин, С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (специальный выпуск). – С. 71 – 74.

А. Ю. Астапов, С. С. Астапова, К. А. Шишкова

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ СЪЕМКА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ БПЛА

Astapow_a@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Одним из актуальных методов мониторинга является дистанционный метод. Группа дистанционных методов включает в себя аэрофотосъемку с пилотируемых аппаратов, космическую съемку, аэрофото и видео летательных аппаратов (БПЛА).

Интенсивно и стремительно развиваются методы использования БПЛА, так как они имеют ряд преимуществ: безопасность; широкий спектр возможностей (начиная от фото, заканчивая тепловизионной съемкой); отсутствие специально подготовленных площадок и стартовых комплексов; сравнительно меньшая стоимость, в отличие от больших авиакомплексов; сокращение сроков осмотра объектов.

Для электроэнергетики представляется интерес использования БПЛА для осмотров и облетов воздушных линий электропередач, и их тепловизионного обследования, поиск методов коронирования, определение геометрических параметров. В настоящее время в Российской Федерации при эксплуатации объектов энергетики БПЛА используются достаточно редко. Это связано с достаточной высокой стоимостью комплектов БПЛА. Таким образом, необходимо выполнить анализ возможных областей эффективного применения БПЛА при эксплуатации воздушных ЛЭП с учетом климато-географических особенностей территории их расположения.

Для проведения тепловизионной съемки с БПЛА тепловизор крепится на гиростабилизированной платформе в нижней части летательного аппарата. Сигнал с видеовыхода тепловизора по радиоканалу передается на устройство записи и отображения информации. Полетом квадрокоптера и прицеливанием тепловизора оператор управляет с земли посредством специального пульта управления беспилотником. Гиростабилизация подвеса тепловизора позволяет не отклоняться от выбранной оси визирования при проведении термосъемки с БПЛА.

Для проведения тепловизионной съемки используется тепловизор фирмы FLIR/Флир (США) последнего поколения серии Тау разрешением 640×480 пикселей. Беспилотная аэрофотосъемка ЛЭП при облете линий позволяет существенно сократить время на поиск повреждений линий при их аварийном отключении. Так, например, если обследование одной высоковольтной линии, расположенной на труднодоступном лесном участке, по земле может затянуться на несколько дней, то осмотр с воздуха позволяет обследовать линию электропередачи по всей ее длине за несколько часов.

Воздушные линии электропередачи вследствие большой протяженности имеют огромное количество однотипных элементов, каждый из которых обладает своими показателями надежности. Уровень повреждаемости элементов ВЛЭП определяется как свойствами конструкции, так и условиями их эксплуатации [1]. В целом, квадрокоптеры – весьма привлекательный своей универсальностью, экономичностью и простотой тип беспилотников, который в ближайшем будущем может потеснить на рынке БПЛА традиционной вертолетной схемы [2].

В результате проведения анализа возможных областей применения при эксплуатации электрических сетей выявлена целесообразность использования БПЛА для верхового осмотра воздушных ЛЭП и осмотра их труднодоступных участков. Для этих задач должны использоваться БПЛА мультимоторного типа, позволяющие получать высококачественные фото- и тепловизионные снимки оборудования воздушных линий электропередач

Воздушный мониторинг линий электропередач с помощью квадрокоптеров позволяет наиболее эффективно оценивать техническое состояние проводов и изоляторов, обнаруживать в деятельности посторонних лиц и транспорт-

ных средств в охранных зонах, передавать в режиме реального времени качественные данные о дефектах проводов при аварийном отключении.

Библиографический список

1. **Применение** беспилотных летательных аппаратов для диагностики воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] // Вестник ВСГУТУ. – 2017. – № 3. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/journal/issue/> (дата обращения: 28.12.2017).

2. **Тепловизионная** съемка с БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://unmanned.ru/service/irvideo.htm> (дата обращения: 28.12.2017).

А. К. Баскаева

ВАРИАНТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ В ЦЕЛЯХ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОГОВОРОВ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРИСОЕДИНЕНИИ

anastasija_baskaeva@rambler.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина

Фактическое время осуществления технологических присоединений к электрическим сетям, среди прочего, является одним из показателей эффективности систем электроснабжения, характеризую возможности их развития [1, 2]. Федеральным законом «Об электроэнергетике» предусмотрено, что технологическое присоединение к объектам электросетевого хозяйства энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, и носит однократный характер [3].

Очевидно, что Правила технологического присоединения, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 27.12.2004 г. № 861 [4], являются един-

ственным нормативно-правовым актом, регулирующим рассматриваемый вопрос. Процедура технологического присоединения выполняется в следующих случаях: при присоединении впервые вводимых в эксплуатацию энергопринимающих устройств; при увеличении мощности ранее присоединенных реконструируемых энергопринимающих устройств; в случаях, при которых в отношении ранее присоединенных энергопринимающих устройств изменяются категория надежности электроснабжения, точки присоединения, виды производственной деятельности, не влекущие пересмотр величины присоединенной мощности, но изменяющие схему внешнего электроснабжения таких энергопринимающих устройств.

Технологическое присоединение осуществляется на основании договора, заключаемого между сетевой организацией и юридическим или физическим лицом, в сроки, установленные данным договором. На практике сетевые организации не всегда соблюдают сроки осуществления техприсоединения, что может негативно сказаться на деятельности потребителя. Причины невыполнения сроков могут быть различными. Так, в связи с изменением погодных условий, не все заявки реализуются в срок, поскольку работы под напряжением в данных «неблагоприятных» условиях запрещены.

Одной из основных причин невыполнения заявок является занятость бригад электромонтеров другими задачами, например необходимостью выезда на аварийные участки линий, что приводит к отсрочке запланированного выполнения технологических присоединений. Существующая структура электросетевых компаний такова, что все бригады электромонтеров подчинены непосредственно руководству районов электрических сетей (РЭС). При этом в структуре РЭС нет специализированных бригад, занимающихся осуществлением технологических присоединений. Приоритет выполнения задач бригадами зависит от эффективности планирования, складывающейся аварийной обстановки в электрических сетях, особенно в периоды ухудшения климатических условий, а также от достаточной укомплектованности бригад. Поэтому руководство службы занимающейся технологическими присоединениями не может непосредственно влиять на сроки осуществления техприсоединений.

Для решения данной проблемы предлагается усовершенствовать структуру электросетевых компаний. Есть два варианта усовершенствования. Первый заключается в специализации части бригад РЭС на выполнение техприсоедине-

ний с подчинением их руководству РЭС. Второй вариант предполагает подчинение специализированных бригад службе техприсоединений. Оба варианта имеют преимущества и недостатки, выбор наиболее рационального из них требует выполнения тщательного технико-экономического обоснования.

Библиографический список

1. **Виноградов, А. В.** Время осуществления технологического присоединения к электрическим сетям как фактор эффективности систем электроснабжения / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова, А. А. Кучинов // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6 (73). – С. 54 – 60.
2. **Виноградов, А. В.** К определению эффективности систем электроснабжения / А. В. Виноградов // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 26 – 35.
3. **Об электроэнергетике** : Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
4. **Правила** недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг (утв. постановлением Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861) с изм. и доп.

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

А. С. Белоусов

ВОПРОС РАЗРАБОТКИ ДВУХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

011bas962@gmail.com

Липецкий государственный технический университет

Тяговые электроприводы применяются в различных отраслях транспортной и горнодобывающей промышленности: ими оснащены электровозы, экскаваторы, конвейеры, натяжные станции. До недавнего времени они, в основном, были представлены двигателями постоянного тока, имеющими значительные пусковые моменты и возможность пускаться под нагрузкой с нулевой скорости –

свойства, наиболее значимые для тяговых двигателей, для которых характерны резкие нагрузки, изменяемые в широких пределах.

Однако современные мировые тенденции заставляют при модернизации заменять двигатели постоянного тока на асинхронные с короткозамкнутым ротором, управляемые от преобразователя частоты. Данный вид модернизации ввиду простоты и освещенности постепенно становится тривиальным. Однако требования, предъявляемые к тяговым двигателям, еще лучше выполняются в двухфазных электроприводах. При одинаковых значениях мощности и габаритных размеров по сравнению с трехфазными двигателями, в двухфазных выше пусковой и максимальный моменты [1].

Традиционно двухфазными выполнялись только микродвигатели, поэтому разработка таких машин средней и большой мощности является актуальной задачей [1].

Известно, что модель асинхронного трехфазного двигателя в трех осях сводится к описанию в двух неподвижных осях α , β , то есть теоретически соответствует двухфазному двигателю. Можно говорить о подобии двигателей одинаковой мощности, тягового момента, близких по значениям моментов инерции ротора, коэффициенте мощности [2]. Управление трехфазным двигателем сводится к управлению двухфазным, эквивалентным ему, то есть является косвенным. Управление же двухфазным двигателем будет являться непосредственным.

Сложность внедрения двухфазных электроприводов связана со слабой проработкой алгоритма управления трехфазно-двухфазным преобразователем частоты. Для создания двухфазной сети могут применять конденсатор фазового сдвига, как для пусковой обмотки однофазного двигателя. В современных разработках чаще всего встречаются преобразователи, содержащие два однофазных инвертора, включенных параллельно с управлением на основе векторной ШИМ [2]. Другой способ – с помощью непосредственных преобразователей частоты [1]. Эти способы при моделировании дают хорошие результаты, однако увеличивают количество ключей в преобразователе, что существенно повышает его стоимость и снижает надежность.

Альтернативный вариант конструкции преобразователя предлагается в работах автора [3]. Двухфазный двигатель подключается к звену постоянного тока посредством типового шестиключевого инвертора и управляется по ори-

гинальному алгоритму работы инвертора в двухфазном режиме посредством релейного регулятора тока. Значения токов статора практически повторяют заданную синусоидальную форму. При данном варианте управления необходимое количество транзисторов остается таким же как у трехфазного двигателя и может применяться типовой преобразователь частоты с измененной программой коммутаций.

В заключении отметим, что разработка двухфазного электропривода является актуальной, но мало исследованной задачей. Двухфазные двигатели при одинаковых массо-габаритных показателях с подобными трехфазными имеют более высокую перегрузочную способность, могут успешно применяться в качестве тяговых приводов. В настоящее время исследования проводятся в рамках создания оптимального алгоритма работы трехфазно-двухфазного преобразователя, и значительная их часть касается непосредственных преобразователей частоты. Для преобразователей же со звеном постоянного тока, как правило, применяются два параллельных однофазных инвертора. Перспективной разработкой может служить создание преобразователя со стандартным шестиключевым инвертором, работающим по закону наведения двухфазного тока.

Библиографический список

1. **Беспалов, В. Я.** Сравнительные характеристики асинхронных двигателей с трехфазными и двухфазными обмотками для частотно-регулируемого электропривода / В. Я. Беспалов, Е. В. Качалина.
2. **Омельченко, О. В.** Двухфазный тяговый асинхронный электропривод рудничных контактных электровозов / О. В. Омельченко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2013. – № 2 (22). – С. 24 – 36.
3. **Белоусов, А. С.** Преобразователь двухфазного тока / А. С. Белоусов, А. Ю. Головин, А. В. Кокорев, А. А. Муравьев // Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем : сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – № 2. – С. 47 – 49.

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

vlad021097@mail.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парихина

В настоящее время, очевидно и в ближайшем будущем, основным источником электроснабжения сельскохозяйственных потребителей является и будет являться система централизованного электроснабжения [1].

Как известно, одним из направлений повышения надежности электроснабжения является резервирование. Наряду с подстанционным и сетевым резервированием, особо следовало бы выделить местное резервирование с помощью автономных источников питания [2].

Наиболее подходящими в качестве резервных источников питания на наш взгляд сегодня, да и наверное в ближайшем будущем, являются дизельные электрические станции (ДЭС). Их производство хорошо освоено отечественными производителями. Диапазон номинальных мощностей, выпускаемых ДЭС, составляет 0,2...1000 кВт и более.

Однако низкие технико-экономические показатели использования в качестве резервных источников питания ДЭС в существующих сегодня вариантах резервирования [3], а также более дешевая стоимость электроэнергии, получаемой при централизованном электроснабжении, тормозило и тормозит широкое использование ДЭС в качестве резервного источника питания.

Учитывая данное обстоятельство и то, что местное резервирование, в том числе и с помощью ДЭС, является одним из факторов, обеспечивающих повышение надежности электроснабжения потребителей, задача местного резервирования в новых экономических условиях стала еще более актуальной.

Для решения данной задачи авторами предлагается более совершенный способ осуществления резервирования с помощью ДЭС. Суть этого способа заключается в следующем. В качестве информативного сигнала на подключение ответственных потребителей при запуске резервной электростанции используется поочередность пофазной подачи напряжения в сеть [4]. Сначала подается

напряжение одной определенной фазы, а затем с выдержкой времени, напряжение двух других фаз. Данная последовательность подачи напряжения служит признаком для выделения ответственных потребителей из общего числа потребителей при подключении их к резервной электростанции [5].

Таким образом, новый способ подключения ответственных потребителей к резервной электростанции позволяет в случае исчезновения централизованного электроснабжения [6] оставить подключенными к ДЭС только ответственных потребителей.

Библиографический список

1. **Глыбина, Ю. Н.** Анализ видов и количества повреждений в электрических сетях класса напряжения 6 – 10 кВ / Ю. Н. Глыбина, Р. П. Беликов, И. Н. Фомин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 3 (16). – С. 43 – 49.
2. **Фомин, И. Н.** Особенности эксплуатации резервных дизельных электростанций и перспективы развития для надежного электроснабжения сельского хозяйства / И. Н. Фомин // Ресурсосбережение – XXI век : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – 2005. – С. 172 – 174.
3. **Фомин, И. Н.** Оптимизация использования дизельных электростанций в качестве резервных источников питания сельскохозяйственных потребителей / И. Н. Фомин // Сб. докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения 2003–2004 гг. – Орел : Изд-во ОрелГАУ. – 2005. – С. 18 – 20.
4. **Пат. RUS № 2282926.** Способ подключения потребителей к резервной электростанции / В. Г. Васильев, Л. Д. Суров, И. Н. Фомин ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ОрелГАУ. – № 2005116436/09; заявл. 30.05.2005 ; опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24. – 5 с. : ил.
5. **Пат. RUS № 2253934.** Способ подключения ответственных потребителей к резервной электростанции / В. Г. Васильев, Л. Д. Суров, И. Н. Фомин, А. В. Виноградов, В. И. Зелюкин ; заявитель и патентообладатель ОрелГАУ. – № 2004106206/09 ; заявл. 02.03.2004; опубл. 10.06.2005, Бюл. № 16. – 5 с. : ил.
6. **Виноградов, А. В.** Совершенствование деятельности по энергосбережению и по осуществлению технологических присоединений филиала ОАО

«МРСК Центра» – «Орелэнерго» : монография / А. В. Виноградов, М. В. Бородин, Ю. А. Волченков, Ж. В. Пешехонова. – Орел, 2015. – 195 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Р. П. Беликова*

В. Э. Блажевич

**СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА
ПО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ
НА БАЗЕ ПАКЕТА MATLAB SIMULINK**

vadim8090@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

В настоящее время одним из лучших пакетов для математического моделирования электротехнических устройств и систем может считаться библиотека блоков SimPowerSystems в составе MATLAB Simulink. Несомненным достоинством данного пакета является возможность моделирования сложных систем, сочетая методы имитационного и структурного моделирования.

Комбинируя возможности Simulink и SimPowerSystems, возможно не только имитировать работу устройств во временной области, но и выполнять различные виды анализа таких устройств. В частности, рассчитать установившийся режим работы системы на переменном токе, выполнить расчет импеданса (полного сопротивления) участка цепи, получить частотные характеристики, проанализировать устойчивость, а также выполнить гармонический анализ токов и напряжений. Программная среда MATLAB Simulink может быть применена учащимися высших учебных заведений для изучения и исследования характеристик и режимов работы электротехнических устройств и систем на персональном компьютере.

В работе разработаны математические модели электроприводов на базе самых распространенных на сегодняшний день электрических двигателей –

асинхронных, с фазным и короткозамкнутым роторами. Проведено моделирование переходных процессов в двигательном и генераторном режимах работы при различных видах нагрузки. Представлены модели систем асинхронного электропривода, позволяющего регулировать скорость посредством изменения величины подводимого к обмотке статора напряжения и его частоты, система асинхронного вентильного каскада, а также гибридные системы, сочетающие свойства вышеназванных систем.

Составлены модели электроприводов с замкнутыми системами управления по основным параметрам: току, скорости, положению, потокосцеплению, в которых силовые части преобразователей электрической энергии выполнены с использованием имитационных блоков SimPowerSystems, а системы управления, – с помощью стандартных блоков Simulink, отражающих лишь алгоритм ее работы, а не ее электрическую схему.

На базе уравнения теплового баланса построены тепловые модели разного уровня детализации для изучения процессов нагрева и охлаждения электрических двигателей при различных режимах работы: продолжительном S1, кратковременном S2, повторно-кратковременном S3 и др. по ГОСТ Р 52776–2007.

На базе полученных моделей разработан виртуальный лабораторный практикум для изучения асинхронных электроприводов.

Практической значимостью работы является использование ее результатов в процессе подготовки студентов электроэнергетических, электротехнических и родственных направлений для изучения дисциплин «Электрический привод», «Регулируемый привод», «Управление электроприводами», «Электромеханические системы».

Библиографический список

1. **Черных, И. В.** Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 288 с.
2. **Терехин, В. Б.** Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) : учеб. пособие / В. Б. Терехин. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 292 с.

3. **Мещеряков, В. Н.** Регулируемый электропривод : методические указания к курсовому проекту для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и очно-заочной форм обучения / В. Н. Мещеряков, П. Н. Левин. – Изд-во Липецкого гос. техн. ун-та, 2015. – 33 с.

4. **Онищенко, Г. Б.** Теория электропривода : учебник для вузов / Г. Б. Онищенко. – М. : ООО «Образование и исследование», 2013. – 352 с.

5. **Шпиганович, А. Н.** Электрические машины и трансформаторы систем электроснабжения предприятий металлургической и горной промышленности : учеб. пособие / А. Н. Шпиганович, Д. И. Шишлин. – Липецк : ЛГТУ, 2006. – 340 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Д. И. Шишлина*

Е. А. Бронников

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

omlet232323@yandex.ru

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

Идеального аккумулятора энергии до сих пор не существует – в разных областях для каждого типа мобильных устройств и конкретных решений сложилась определенная специфика применения источников питания, а также технологические предпочтения.

Аккумуляторы с использованием графена работают на том же принципе электрохимической реакции, что и широко распространенные свинцовые с кислотным или щелочным электролитом. По устройству они очень похожи на литий-ионные аккумуляторы с твердым электролитом. Сейчас в них в качестве катода применяется угольный кокс, вещество по химическому составу близкое к чистому углероду.

Существует два принципиально разных направления создания графеновых аккумуляторов. В ученые из США предлагают использовать в качестве

анода такого накопителя энергии все то же соединение – кобальтат лития (LiCoO_2), а катод делать из перемежающихся пластин кремния и графена.

В инженеры из России предлагают заменить дорогую и токсичную соль лития на дешевый оксид магния. И в том, и в другом случае емкость аккумулятора увеличивается, как и скорость прохождения ионов между электродами за счет высокой электрической проницаемости графена и его способности накапливать электрический заряд. В оценке преимуществ инновационной техники ученые рознятся: наши специалисты утверждают, что емкость графеновых аккумуляторов в 2,5 раза больше, чем литий-ионных, а зарубежные ученые – что в десять.

Графен – один из самых прочных и одновременно тонких материалов, был синтезирован впервые в 2004 г. Его разработка – заслуга профессора Андрея Гейма, нобелевского лауреата по физике 2010 г.

Графеновый накопитель весит в половину меньше обычного литий-ионного. Это свойство облегчает его подзарядку и позволяет повысить экономичность электротранспорта. Несмотря на такое количество преимуществ, стоимость накопителя невысока. Сущность его действия состоит в трансформации химической энергии в электрическую. При этом реакция в графеновом аккумуляторе проходит более эффективно и не приводит к загрязнению окружающей среды. «Протонный фильтр», как назвал графен его создатель, несмотря на высокую прочность способен пропускать сквозь себя протоны. Именно это и делает рациональным его использование в топливных элементах. Как сито, графен отсеивает водород из воздуха, используя энергию этого химического

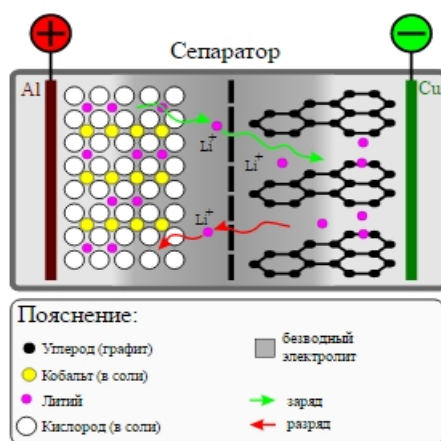


Рис. 1. Графеновые аккумуляторы

элемента для инициации движения электронов и возникновения тока. При этом утечка энергоносителя не возникает, что положительно сказывается на экономичности технологии.

Испанская компания Graphenano является ведущим в мире производителем графена в промышленных масштабах, уже несколько лет производят аккумуляторы на основе графена. И правда в том, что графеновый аккумулятор может сделать очередную революцию в автомобильной промышленности и телефонии. Он весит половину литий-ионного аккумулятора, он стоит на 77 % меньше, заряжается за восемь минут, и предлагает автономность езды до 1000 км. Появление по-настоящему эффективных и недорогих аккумуляторов открывает революционные перспективы во многих сферах жизни. Электромобиль, наконец, станет массовым и потеснит автомобиль на дорогах. Это резко повысит чистоту городского воздуха, а также приведет к снижению потребления нефти на транспорте.

Библиографический список

1. <http://rodovid.me/saharin/grafenovye-akkumulyatory-zaryazhayut-elektromobil-za-8-minut-na-1000-km.html> (дата обращения: 19.12.2016).
2. <http://www.oilru.com/news/435094/> (дата обращения: 07.11.2016).
3. <http://electric-tolk.ru/grafenovye-akkumulyatory> (дата обращения: 04.12.2016).
4. <http://nauka21vek.ru/archives/22331> (дата обращения: 20.11.2015).

*Работа выполнена под руководством
к.п.н., доцента Н. П. Моториной*

И. О. Бушуев, П. А. Щербинин, Ю. Ф. Мартеньянов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА С ЗАДАНЫМИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

iv.buschuev2017@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Одним из основных направлений РЭБ является использование только псевдослучайных сигналов, не содержащих регулярные компоненты, в том числе повторяющиеся сигналы синхронизации.

Целью данной работы является создание математической модели случайного процесса с заданной автокорреляционной функцией, которая может быть использована для формирования сигналов, необходимых при моделировании на ЭВМ естественных и искусственных источников помех и шумов.

Статистические характеристики псевдослучайного процесса определяются так же, как для непрерывного процесса, но в формулах от интегрирования переходят к суммированию

$$R(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Y(j)Y(j+i), \quad (1)$$

где $i = 0, 1, 2, \dots, N$; N – количество интервалов дискретизации.

В данной работе для расчета значений последовательности случайных чисел (для синтеза псевдослучайного процесса с заданными статистическими характеристиками) предлагается формула (2)

$$Y(n) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y(n-i) + kz, \quad (2)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$; $m = var$; $k = var$; $z = \text{RND}(0,1)$.

В соответствии с алгоритмом расчета $Y(n)$, блок-схема которого представлена на рис. 1 предусмотрено обеспечение стационарности случайного процесса

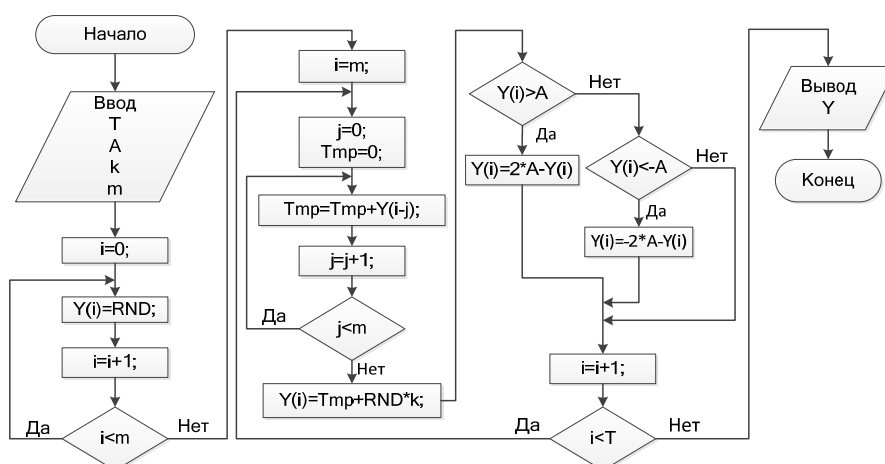


Рис. 1. Блок-схема алгоритма формирования реализации случайного процесса с заданной АКФ

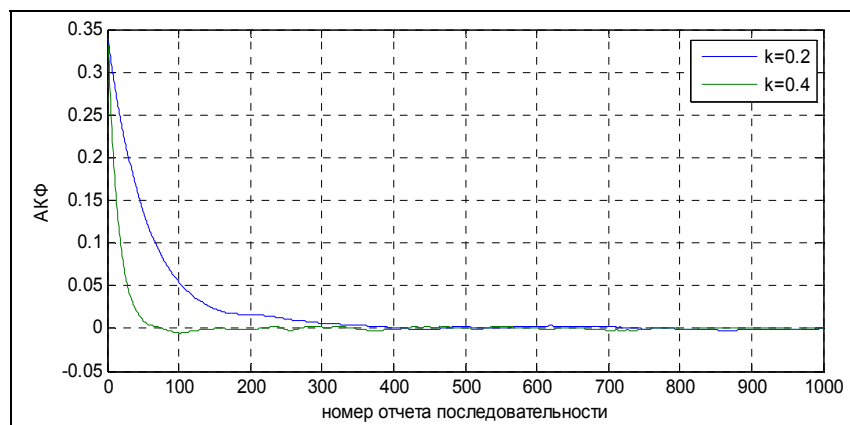


Рис. 2. АКФ при различных значениях параметров k и m

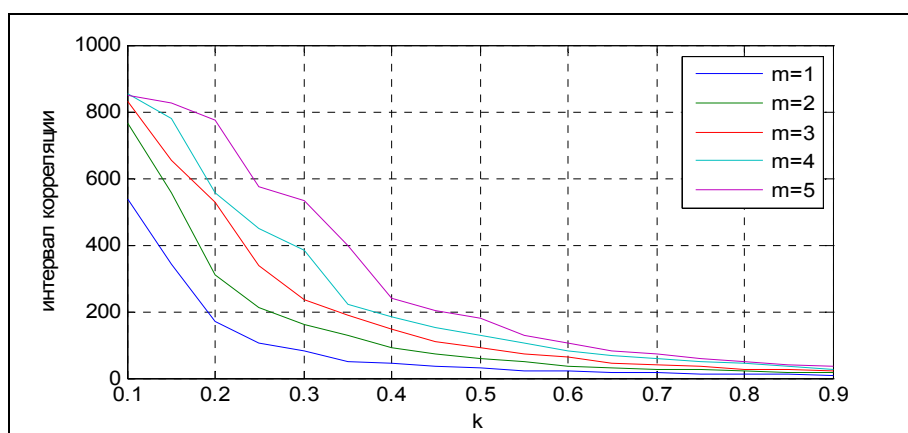


Рис. 3. Графики зависимости интервала корреляции сгенерированного случайного процесса от параметров математической модели

На рисунке 2 представлены графики автокорреляционных функций сгенерированных псевдослучайных процессов для различных значений k .

На рисунке 3 представлены графики полученных зависимостей интервала корреляции от коэффициента k и величины значения «памяти» — m .

Библиографический список

1. Бендат Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, Ф. Пирсол. — М. : МИР, 1974.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., профессора Ю. Ф. Мартемьянова*

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ МИЧУРИНСКОГО РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

vokilav@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Колебания напряжения вызываются резким изменением нагрузки на рассматриваемом участке электрической сети, например, включением асинхронного двигателя с большой кратностью пускового тока, технологическими установками с быстропеременным режимом работы, сопровождающимися толчками активной и реактивной мощности – такими как, привод реверсивных станков, дуговые электропечи, сварочные аппараты и т.п.

Колебания напряжения характеризуются двумя показателями:

- размахом изменения напряжения δU_t ;
- дозой фликера P_t .

Размах изменения напряжения δU_t зависит от значений следующих один за другим экстремумов (или экстремума и горизонтального участка) среднеквадратичных значений напряжения. Из рисунка 1 следует, что в дневное время в первой половине дня наблюдается резкое колебание напряжения, что определяется изменением нагрузки на рассматриваемом участке электрической сети.

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

Отклонение напряжения определяется разностью между действующим U и номинальными значениями напряжения $U_{\text{ном}}$, В.

Стандартом нормируются отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии. Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения равны соответственно ± 5

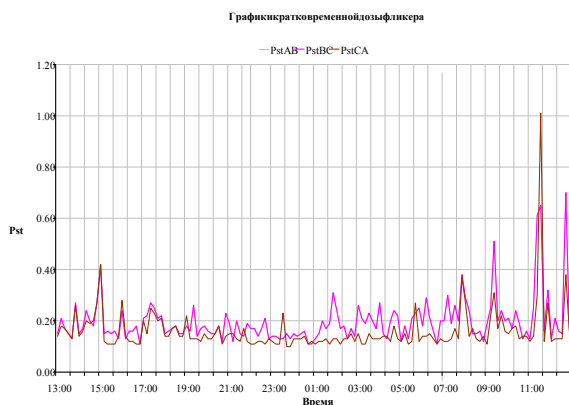


Рис. 1. Изменение дозы фликера при изменении нагрузки в электрической сети

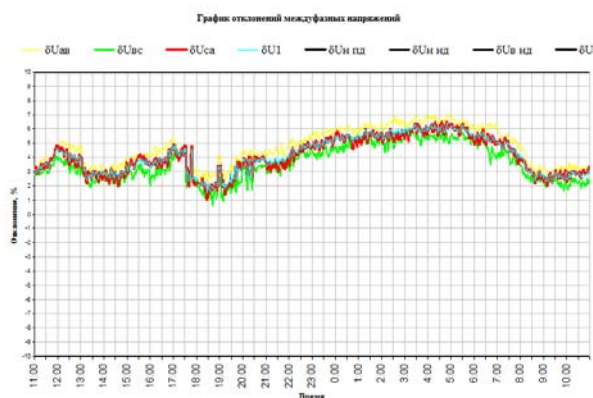


Рис. 2. Отклонение междуфазных напряжений в сети

и $\pm 10\%$ от номинального значения напряжения и в точках общего присоединения потребителей электрической энергии должны быть установлены в договорах энергоснабжения для часов минимума и максимума нагрузок в энергосистеме с учетом необходимости выполнения норм стандарта на выводах приемников электрической энергии в соответствии с нормативными документами.

На рисунке 2 показано отклонение междуфазных напряжений в сети. Из рисунка видно, что отклонение междуфазных напряжений меняется в течение суток. Данное колебание связано с различной нагрузкой потребителей в утренние и вечерние часы. Увеличение отклонения, выходящие за пределы нормально допустимые значения, отмечается в ночные часы. Значительного отличия отклонений напряжения между фазами практически не наблюдается.

Библиографический список

1. **ГОСТ Р 51317.3.3–99.** Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения № 701-ст. от 24 декабря 1999 г.

2. **Зубков, В. П.** Оптико-электронные методы измерения тока и напряжения в установках высокого напряжения / В. П. Зубков, А. Д. Крастина. – М. : Информэнерго, 1975.

3. **Зарандия, Ж. А.** Методы решения оптимизационных задач электро-снабжения / Ж. А. Зарандия, Е. А. Иванов // Энергосбережение и энергоэффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов (Тамбов, 10 – 12 июля 2017 г.) / отв. ред. Т. И. Чернышова. – 2017. – С. 312 – 313.

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

Ю. Н. Глыбина

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 6 – 10 кВ

el-ogau@yandex.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина

Рассмотрим виды повреждений в электрических сетях класса напряжения 10 кВ на примере Орловского РЭС. В электрических сетях с изолированной нейтралью 6 – 10 кВ Орловского РЭС происходит ежегодно в среднем 344 аварийных отключения с суммарным недоотпуском электроэнергии 98495,835 кВт ч. В общее количество отключений входят потребительские отключения, отключения из-за повреждения воздушных линий (ВЛ) и кабельных линий (КЛ), трансформаторов, оборудования трансформаторных подстанций (ТП) и распределительных пунктов (РП) [1, 2]. Самым ненадежным элементом системы электроснабжения являются линии электропередачи из-за их большой протяженности и влияния на них большого числа различных внешних воздействий [1, 3, 4]. В сельских сетях около 91,5 %, приходится на долю воздушных ЛЭП.

В период 2013 – 2015 гг. в подразделении Орловский РЭС произошло 1456 отключений в сети 6 – 10 кВ, из них с успешным АПВ – 360, 423 отключений ТП-РП 6 – 10 кВ, 2241 отключение в сети 0,4 кВ. На ВЛ 6 – 10 кВ в период с 2013 – 2015 гг. произошло 1456 аварийных отключения. Такое большое количество отключений обусловлено протяженностью ВЛ 6 – 10 кВ расположенных в г. Орле и Орловском районе [5, 6].

1. Причины повреждений воздушных линий

Причины повреждения	Количество от общего числа повреждений	% от общего числа повреждений
Схлест проводов	1015	69,7
Обрыв провода автотранспортом	131	9
Повреждение опор автотранспортом	111	7,6
Обрыв провода	96	6,6
Падение деревьев	55	3,8
Иные причины	48	3,3

Исходя из вышеперечисленного видно, что основной причиной аварийных отключений ВЛ 6 – 10 кВ является схлестывание проводов, вызванных нарушением регулировки стрелы провесы (наклон опоры, перекося траверсы, выпадение крюков из опоры или траверсы, нарушение крепления изоляции). Все эти дефекты легко выявить при проведении инженерно-технического осмотра с последующим их устранением силами линейных бригад. Но, учитывая, что протяженность воздушных линий электропередачи класса напряжения 6 – 10 кВ колеблется от 15 до 50 км в оперативном порядке выявить и устранить все дефекты не представляется возможным [4, 7]. Поэтому необходим аппаратный комплекс, позволяющий дистанционно выявлять и отделять поврежденные участки ВЛ 6 – 10 кВ.

Библиографический список

1. **Астахов, С. М.** Состояние и пути повышения эффективности функционирования распределительных сетей в агропромышленном комплексе / С. М. Астахов, Р. П. Беликов // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – № 2 (29). – С. 50 – 53.
2. **Глыбина, Ю. Н.** Анализ видов и количества повреждений в электрических сетях класса напряжения 6 – 10 кВ / Ю. Н. Глыбина, Р. П. Беликов, И. Н. Фомин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 3 (16). – С. 43 – 49.

3. **Фомин, И. Н.** Запрет включения АВР выключателя в кольцевой сети / И. Н. Фомин, Р. П. Беликов // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 4 (67). – С. 93 – 99.
4. **Фомин, И. Н.** Алгоритм дистанционного контроля головного выключателя линии электропередачи / И. Н. Фомин, Р. П. Беликов // Вестник ОрелГАУ. – 2016. – № 4 (61). – С. 72 – 77.
5. **Астахов, С. М.** Разработка устройства для измерения сопротивления изоляции постоянному току электрооборудования / С. М. Астахов, Р. П. Беликов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 3. – С. 55 – 60.
6. **Фомин, И. Н.** Алгоритм и структурная схема дистанционного контроля успешного автоматического повторного включения секционирующего выключателя ЛЭП / И. Н. Фомин, В. И. Зелюкин, Р. П. Беликов // Науковий вісник НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – № 209 (2). – С. 100 – 105.
4. **Бородин, М. В.** Разработка мероприятий по сокращению потерь электроэнергии в филиале ОАО «МРСК Центра» – «Орелэнерго» / М. В. Бородин, А. В. Виноградов, Ю. А. Волченков // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 8 (51). – С. 5 – 11.
7. **Бородин, М. В.** Корректировка стоимости потребленной электроэнергии в зависимости от ее качества / М. В. Бородин, А. В. Виноградов // Промышленная энергетика. – 2013. – № 7. – С. 12 – 16.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., ст. преподавателя И. Н. Фомина*

М. С. Демидов, И. В. Шарапов, Ю. Н. Панасюк

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-ЭНЕРГИИ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

weramask2@yandex.ru; teamine@yandex.ru; pyunikol@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Проблемой в современной ядерной энергетике является большая затрата электроэнергии на изготовление высококачественных топливных таблеток для бланкетов (зоны воспроизводства) ядерных энергетических установок. Одним

из перспективных направлений использования СВЧ-энергии в ядерной энергетике может стать спекание топливных таблеток. Об актуальности предлагаемого метода свидетельствует ряд отличительных моментов, связанных со спецификой СВЧ-нагрева, по сравнению с традиционными технологиями [1]:

- воздействие СВЧ-поля носит объемный характер;
- СВЧ-нагреватель более компактен по сравнению, например, с муфельной печью;
- нагревание топливных таблеток порядка 2200 К происходит в медном резонаторе без использования конструктивных тугоплавких материалов;
- реализация сложных температурных зависимостей процесса спекания топливных таблеток может достигаться путем выбора режима работы СВЧ-генератора в форме управляющего меандра.

Спекание элементов-таблеток происходит в СВЧ-нагревателе, основным элементом которого является охлаждаемый водой высокочастотный резонатор, запитываемый от генератора на базе магнетрона, работающего в непрерывном режиме. Экономичность и производительность нагревательной установки обеспечивается высоким уровнем передачи СВЧ-мощности топливным таблеткам (до 80...90 %) и выбором конструкции резонатора. Отношение $k = V_1/V_2$ (V_1 – объем топливных таблеток; V_2 – объем резонатора) составляет порядка 0,02, что в значительной степени продиктовано необходимостью обеспечения устойчивой работы СВЧ-генератора на нагрузку с переменным входным сопротивлением из-за существенной температурной зависимости объема, удельных теплоемкости, проводимости и других параметров таблеток. В этом случае предельную температуру T образца можно определить из следующего выражения [2]

$$T = 4 \sqrt{\frac{\eta P}{\sigma P (1 - \gamma_{\text{эфф}})}},$$

где P – мощность генератора; η – коэффициент передачи СВЧ-мощности топливным таблеткам; σ – постоянная Стефана-Больцмана; S – площадь поверхности элементов-таблеток; $\gamma_{\text{эфф}}$ – эффективный коэффициент отражения мощности от стенок резонатора.

Экономичность СВЧ-нагревателя зависит от формы резонатора [3]. Форма резонатора влияет на величину коэффициента отражения мощности СВЧ колебаний от стенок резонатора, так как именно колебания определяют количест-

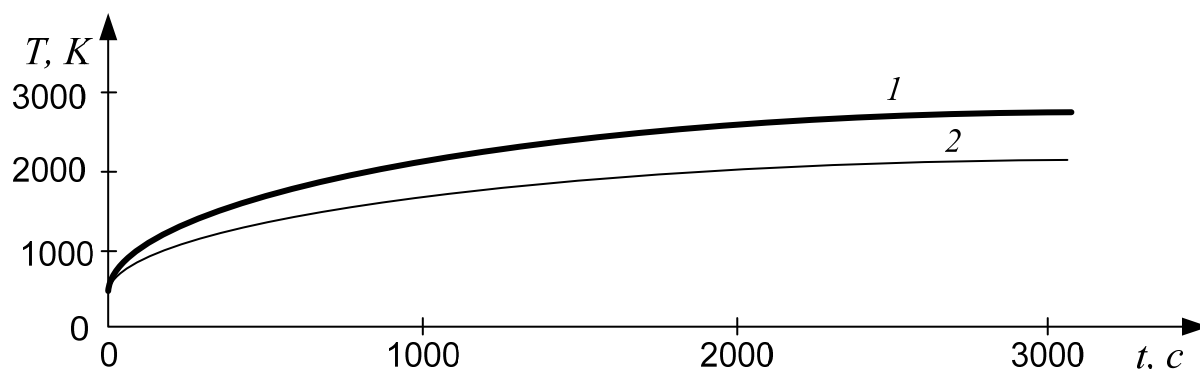


Рис. 1. Зависимости температуры элементов-таблеток от времени для сферического 1 и цилиндрического 2 резонаторов

во внутренних отражений излученной энергии магнетроном, прежде чем она вновь поглотится топливными таблетками.

На рисунке 1 представлены зависимости температуры элементов-таблеток от времени для сферического 1 и цилиндрического 2 резонаторов при одинаковой мощности СВЧ-нагревателя.

Предельные значения температур для сферического 1 и цилиндрического 2 резонаторов соответственно составляют 2700 и 2000 К. Это свидетельствует о том, что нагревательная система с цилиндрическими резонаторами уступает по своей эффективности системе, в которой резонатор имеет сферическую форму. Таким образом, использование СВЧ-энергии в ядерной энергетике позволяет обеспечить экономию энергии на 80...90 % по сравнению с муфельными печами.

Библиографический список

1. **Диденко, А. Н.** СВЧ – энергетика: Теория и практика / А. Н. Диденко. – М. : Наука, 2013.
2. **Панасюк, Ю. Н.** Устройства сверхвысоких частот : учеб. пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2015.
3. **Панасюк, Ю. Н.** Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс, мультимедиа] : учеб. пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ВЬЕТНАМА

tuansckck@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Вьетнам обладает значительными возможностями для развития электроэнергетики, располагая крупными запасами нефти, газа, угля и гидроэнергетических ресурсов. Вьетнам хорошо обеспечен ресурсами топливных полезных ископаемых: запасы нефти в стране составляют 600 млн т, природного газа – 620 млрд м³, угля – 150 млн т. За последние 10 лет доказанные запасы нефти и газа выросли в три раза.

Для выработки электрической энергии предлагают использовать как альтернативные источники для покрытия пиковых нагрузок при электрификации отдаленных районов страны, так и традиционные, но новые для Вьетнама, источники для выработки базовой нагрузки.

Институт «Гидропроект» занимается оказанием консультационных услуг по подготовке рабочих чертежей для гидроузла «Шон-ла». Гидроэлектростанции (ГЭС) строится на реке Да во Вьетнаме. В состав основных сооружений гидроузла входят гравитационная плотина из укатанного бетона высотой 138 м, водосливная двухъярусная плотина, имеющая шесть поверхностных пролетов и 12 донных отверстий, здание ГЭС приплотинного типа с отводящим канатом и комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 550 кВ. Ввод первого агрегата произошел в конце 2012 г. Это крупнейшая ГЭС в Юго-Восточной Азии, ее проектная мощность составляет 2400 МВт (при уровне воды 215 м), а производительность в среднем 10,2 млрд кВт·ч в год. Кроме этого Вьетнам планирует построить 19 ГЭС общей мощностью 4200 МВт.

Правительство Вьетнама одобрило строительство первой в стране геотермальной электростанции мощностью 25 МВт. Она будет расположена в районе Дакрон провинции Куангчи. Hot Dry Rock (HDR / Расширенные геотермальные системы / EGS) будут использоваться для извлечения тепла из подземной скалы.

Также одобрено строительство первой в стране солнечной электростанции мощностью 5 МВт в районе Дык Хоа провинции Лонг Ан.

Городское руководство города Хошимин рассматривает план строительства новой ветроэлектростанции. Природный заповедник Кан Гио в пригороде Хошимина должен стать новым центром альтернативной энергетики Вьетнама. Застройщик планирует установить 125 турбин суммарной мощностью 200 МВт на участке побережья Кан Гио площадью 2000 га. Ветроэлектростанция начнет вырабатывать энергию в 2014 г. Средняя скорость ветра в Кан Гио составляет 6,5...7 м/с. Это идеальные условия для работы ветроэлектростанции. Инвестор самостоятельно построит линии электропередач, которые соединят новую электростанцию с национальной энергетической сетью Вьетнама.

Необходимыми условиями для сокращения доли импортируемой электрической энергии и удовлетворения возрастающих потребностей в ней экономики Вьетнама являются также совершенствование и модернизация работающих и вновь возводимых ГЭС.

Библиографический список

1. **Вьетнамское** энергетическое агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ievn.com.vn> (дата обращения: 09.01.2018).
2. **Research** report Vietnam's power sector [Электронный. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.phugiasc.vn> (дата обращения: 09.01.2018).
3. **General** electric company of Vietnam [Электронный. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.icon.evn.com.vn> (дата обращения: 09.01.2018).
4. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.
5. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.

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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

pavel050stunt@gmail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Удовлетворить непрерывно увеличивающуюся потребность в электрической энергии на уровне отдельно взятой страны, можно двумя способами: либо, пока позволяют природные ресурсы, наращивать добычу нефти, газа, угля и т.д., строить новые объекты электрогенерации, этот путь является заведомо тупиковым в силу ограниченности запасов. Либо сосредоточиться на повышении эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, энергосбережении, разработке и повсеместном внедрении ресурсосберегающих технологий. Второй путь представляется более эффективным в долгосрочной перспективе [1].

Если говорить о российском рынке энергопотребления, то он характеризуется низкой энергоэффективностью. В России газ является самым дешевым и, на сегодняшний день, наиболее широко используемым видом топлива. В структуре потребления первичных энергоносителей в российской экономике доля газа превышает половину. Такой перекоп в российском топливном балансе делает реальной угрозу энергетической безопасности страны, так как из-за дешевизны газа практически не развивается производство и потребление других видов топлива – мазута, торфа, угля [1].

В России имеется большой недоиспользуемый потенциал энергосбережения, экономический эффект от которого, сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов [1].

В России о вопросе энергоэффективности и дефиците энергоресурсов начали задумываться лишь недавно, так как в советское время электроэнергия была относительно дешевая и дополнительно субсидировалась. По разным оценкам, на сегодняшний день в России объем неэффективного использования энергоресурсов превышает 30 % общего годового объема потребления электроэнергии.

Таким образом, имеется значительный потенциал повышения эффективности, надежности и качества электроснабжения за счет внедрения современных технологий. Потенциал энергосбережения составляет порядка 400 млн т условного топлива или 40 % текущего потребления электроэнергии [1].

В России на освещение расходуется около 12 % электроэнергии или примерно 115 млрд кВт·ч, в среднем по миру эта цифра составляет 20 %. Суммарная возможная экономия при установке энергосберегающих светильников в России составит 45...50 % – это более 50 млрд кВт·ч [1].

Расход электроэнергии на освещение парков, скверов, набережных, дворовых участков, декоративное и рекламное освещения принимается в размере 20...30 % от расхода электроэнергии на освещение улиц и площадей. Более 50 % электроэнергии, потребляемой системами искусственного освещения, приходится на коммерческие и промышленные здания [1].

Сокращению потребления электроэнергии способствует установка и использование автоматизированных систем управления. В частности, уличное освещение является одним из целевых секторов для внедрения интеллектуальных энергосберегающих технологий – на него приходится до 40 % городских бюджетов на электроэнергию, а smart-технологии могут сэкономить до 30 % этих расходов [1].

Кроме того, фиксируется высокая доля изношенных электросетей, что обуславливает высокую долю потерь электроэнергии (от 5,9 % в Белгородской до 16,5 % во Владимирской областях). По данным Минэнерго доля распределительных сетей, выработавших свой нормативный срок, составляет 50 %, уже два нормативных срока выработало 7 % сетей. Общий износ распределительных сетей достигает 70 % [1].

В сфере уличного освещения доля старого оборудования, включая не только светильники, но и опоры, кабели в России составляет более 60 % [1].

Согласно прогнозам Минэкономразвития (если оставить прежний технологический уровень), в 2020 г. общее количество электроэнергии, расходуемой в России на освещение, составит порядка 157,8 ТВт·ч. Однако, этот сценарий не учитывает те обстоятельства, что во многих случаях реальные уровни освещенности являются очень низкими (иногда в 2 раза меньше, чем рекоменду-

мые международными стандартами для промышленных предприятий, школ, больниц и т.д.). Таким образом, если не предпринимать никаких действий, то потребность в электроэнергии для освещения будет в последующем быстро расти [1].

Библиографический список

1. **Электротехнический рынок** [Электронный ресурс]. – 2004. № 3 (57). – С. 1 – 100. – Режим доступа : www.market.elek.ru (дата обращения: 03.12.2017).
2. **Электротехнический рынок** [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://market.elec.ru/nomer/52/energoberezhenie-v-elektroenergetike> (дата обращения: 03.12.2017).

А. С. Еньков

АНАЛИЗ ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАСТЕНИЙ

Enkov96@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Для проведения измерений существует огромное количество различных датчиков и сенсоров. Датчики широко используются в научных исследованиях, испытаниях, контроле качества, системах автоматизированного управления и других областях.

Для исследования состава воздуха были использованы датчики:

– широкого спектра газов MQ-2, способный определить концентрацию углеводородных газов, дыма и водорода;

– качества воздуха MQ-135, необходимый для определения наличия и концентрации углекислого газа, угарного газа, аммиака, бензола и паров спирта в окружающей среде. Принцип работы этих двух сенсоров основан на изменении сопротивления слоя диоксида олова SnO_2 при контакте с молекулами газа.

Схема подключения датчиков представлена на рис. 1.

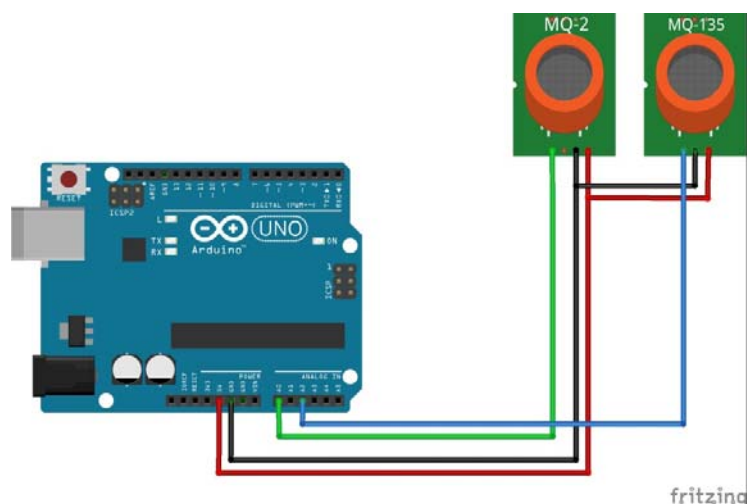


Рис. 1. Схема подключения датчиков

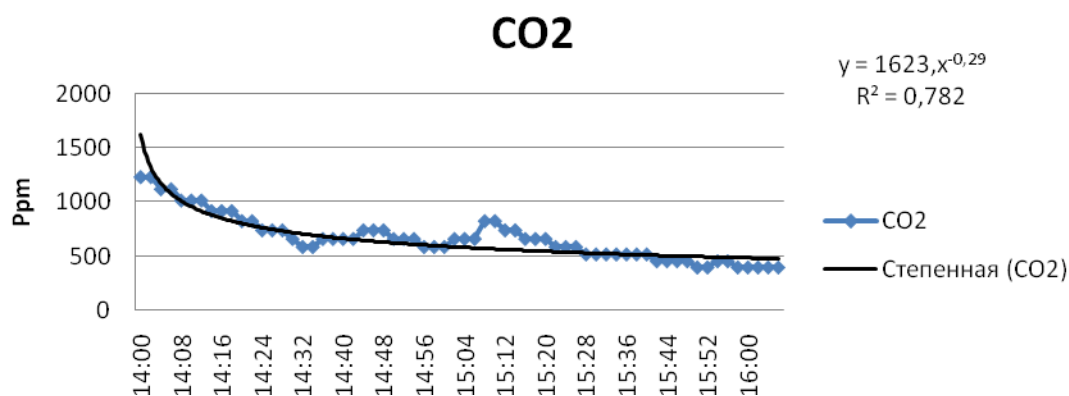


Рис. 2. График концентрации углекислого газа

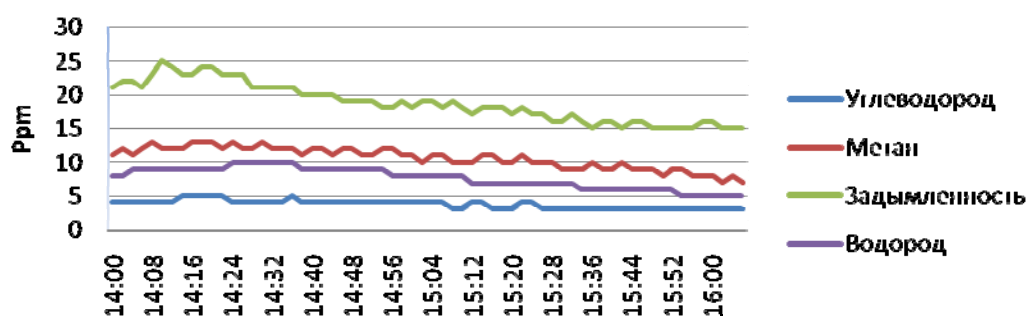


Рис. 3. График концентрации газов

Для выявления эффективности использования указанных датчиков при контроле газов в с.-х. производстве был проведен следующий эксперимент. Взят цветок и помещен в пакет без доступа внешнего воздуха, так же туда были помещены датчики MQ-2 и MQ-135 на длительный промежуток времени.

В ходе эксперимента наблюдалась зависимость уменьшения концентрации таких газов как углеводород, метан, водород, углекислый газ и общей задымленности (рис. 2, рис. 3).

Из эксперимента следует, что с помощью этих датчиков можно определять концентрацию выделяемых и потребляемых газов растениями в тепличных помещениях, животными на фермах, при исследовании почвы, в жилых помещениях, а также котельных.

Библиографический список

1. **Блум, Д.** Изучаем Arduino / Д. Блум. – СПб. : БХВ-Петербург, 2015.
2. **Соммер, У.** Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freedom / У. Соммер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012.
3. **Монк, С.** Програмируем Arduino. Основы работы со скетчами / С. Монк. – СПб. : Питер, 2016.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., профессора А. С. Гордеева*

Ю. И. Ерёменко, С. Ю. Халапян, А. О. Анпилов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА

alexandr7432@rambler.ru

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова

В настоящее время на горно-металлургических предприятиях на этапе обезвоживания железорудного концентрата широко используются дисковые вакуум-фильтры. От процесса обезвоживания зависит общая эффективность комбината, а также ценность, сорт и себестоимость конечного продукта [1].

Основными контролируемыми технологическими параметрами дискового вакуум-фильтра являются: влажность осадка и производительность вакуум-

фильтра. При этом первый параметр в большинстве случаев измеряется с помощью лабораторного анализа. Этот анализ проводится с малой периодичностью и большим запаздыванием. Регулирование влажности осадка производится вручную изменением частоты вращения дисков [2]. Рассматриваемые обстоятельства приводят к уменьшению производительности вакуум-фильтров.

В работе [3] авторами предложена система автоматического управления процессом обезвоживания железорудного концентрата. Для улучшения качества работы этой системы управления предлагается дополнить ее контуром регулирования разрежения в зоне набора осадка, так как данный параметр влияет и на влажность осадка, и на производительность вакуум-фильтра [4], [5].

Задания для рассмотренного выше контура и для контура регулирования плотности пульпы в пульподелителе предлагается вычислять с помощью многопараметрического экстремально-нечеткого регулятора, входящего в состав контура регулирования средней удельной производительности вакуум-фильтров [3]. Рассматриваемый регулятор будет выполнять вычисление следующих параметров: направление и размер шага изменения задания плотности пульпы; направление и размер шага изменения задания разрежения; момент переключения между параметрами.

Алгоритм работы многопараметрического экстремально-нечеткого регулятора создается на основе нечеткой логики. Входами рассматриваемого регулятора являются параметры характеризующие степень загрязненности фильтроткани, а также степень приближения к экстремуму производительности.

Для определения первого входного параметра регулятора были разработаны четыре математические модели дисковых вакуум-фильтров с различной загрязненностью фильтроткани. В результате серии экспериментов, проведенных на этих моделях, была установлена зависимость между загрязненностью фильтроткани и значением средней скорости изменения разрежения в вакуумной системе фильтра, взятой по модулю. Данное значение с увеличением степени загрязненности фильтра возрастает.

По результатам, полученным в проведенном исследовании можно сделать вывод, что разрабатываемый многопараметрический экстремально-нечеткий регулятор будет иметь возможность косвенно оценивать степень загрязненности фильтроткани, основываясь на значении средней скорости изменения разрежения в вакуум системе фильтра, взятой по модулю.

Исследование проведено при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерством образования и науки Российской Федерации, договор № 14.575.21.0133 (RFMEFI57517X0133).

Библиографический список

1. **Воловиков, А. Ю.** Экспериментальная установка для исследования процесса обезвоживания железорудного концентрата с использованием вакуумных дисковых фильтров / А. Ю. Воловиков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 8. – С. 300 – 303.

2. **Анпилов, А. О.** Модернизация системы управления вакуум-фильтра обогатительной фабрики / А. О. Анпилов, Ю. И. Еременко // Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов). – 2015. – Т. 2. – С. 18–19.

3. **Еременко, Ю. И.** Организация косвенной оценки технологических параметров вакуум-фильтра на основе его нейросетевой модели с целью автоматизации процесса обезвоживания железорудного концентрата / Ю. И. Еременко, С. Ю. Халапян, А. О. Анпилов // Современные проблемы электрометаллургии стали: материалы XVII Междунар. науч. конф. (Челябинск, Старый Оскол). – 2017. – С. 167 – 169.

4. **Процессы** и оборудование для обезвоживания руд / Ю. С. Гольберт [и др.]. – М., 1977. – 168 с.

5. **Гольберт, Ю. С.** Обезвоживание концентратов черных металлов / Ю. С. Гольберт, А. А. Гонтаренко. – М., 1986. – 182 с.

Ж. А. Зарандия, А. М. Романенко

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет

В настоящее время, на многих предприятиях установлены электродвигатели с большим запасом мощности в расчете на максимальную производитель-

ность оборудования, несмотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют всего 15...20 % общего времени их работы. В результате эти электродвигатели в среднем за сутки потребляют на 60 % больше электроэнергии, чем это необходимо. Решением этой проблемы, дающим большую экономию электроэнергии (до 30...50 %) является оснащение электродвигателей частотными преобразователями, позволяющими регулировать частоту их вращения в зависимости от реальной нагрузки.

В настоящее время выпуск частотно-регулируемых электроприводов осуществляют десятки различных фирм во многих странах: ABB (Швейцария), GeneralElectric (США), Siemens (Германия), SchneiderElectric (Франция), Mitsubishi (Япония), Hitachi (Япония), Триол (Россия) и др.

Современный частотно-регулируемый электропривод состоит из асинхронного или синхронного электрического двигателя и преобразователя частоты. Трехфазный короткозамкнутый асинхронный двигатель имеет выигрышные показатели: низкая стоимость, малые эксплуатационные затраты, простая конструкция и высокая технологичность изготовления машины (рис. 1).

На протяжении последних 10 – 15 лет в мире наблюдается широкое и успешное внедрение частотно регулируемого электропривода для решения различных технологических задач во многие отрасли экономики. Это объясняется в первую очередь разработкой и созданием преобразователей частоты на принципиально новой элементной базе, главным образом на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT.

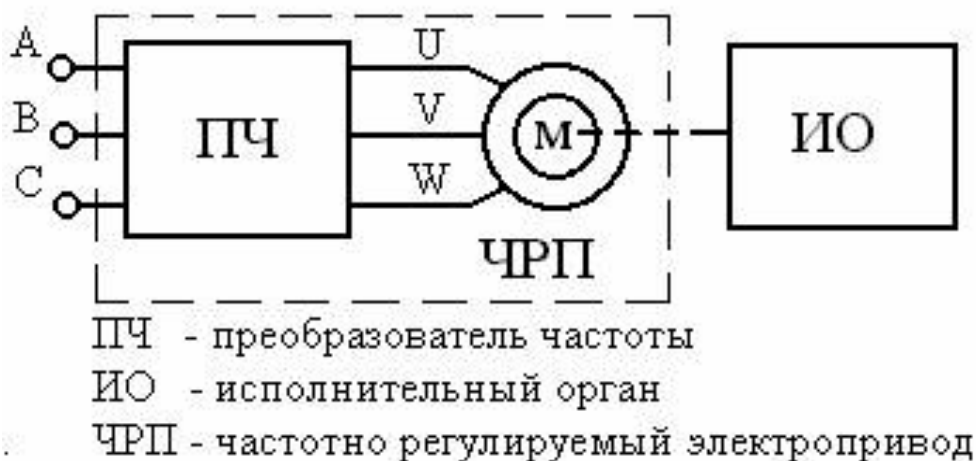


Рис. 1. Схема частотно-регулируемого электропривода

Появление полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (IGBT, IGCT, GTO) с высокими значениями параметров позволило создавать частотно-регулируемые электроприводы большой (десятки МВт) мощности. Появились объективные возможности создания малогабаритных, простых и надежных в эксплуатации ПЧ с высокими значениями КПД и коэффициента мощности.

Оптимальное частотное управление возможно при правильном выборе закона управления. Работающий на электродвигатель преобразователь частоты обеспечивает различные режимы управления электродвигателем, реализуя линейные и нелинейные зависимости между угловой скоростью вращения и выходным напряжением.

При регулировании скорости электропривода частота и напряжение на выходе ПЧ изменяется взаимосвязано в соответствии с требуемым соотношением. Большинство современных преобразователей частоты позволяют учесть специфику объекта управления путем задания вида вольт-амперной характеристики параметризацией.

Изменяя частоту питающего напряжения, можно плавно в широких пределах регулировать частоту вращения ротора двигателя. При этом скольжение асинхронного двигателя изменяется незначительно, а, следовательно, потери в цепи ротора, пропорциональные скольжению, также изменяются незначительно, что обеспечивает энергосбережение.

Библиографический список

1. **Зяблов, Н. М.** Прогнозирование потребления электрической энергии / Н. М. Зяблов, Д. А. Джапарова, С. В. Кочергин // Энергосбережение и энергоэффективность в технических системах: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов (Тамбов, 10 – 12 июля 2017 г.) / отв. ред. Т. И. Чернышова. – 2017. – С. 284–285.

2. **Кобелев, А. В.** Повышение эффективности распределительных сетей 0,4 – 10 кВ / А. В. Кобелев, А. М. Никитина // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докл. 3-ой Междунар. конф. с элементами науч. школы (Тамбов, 25 – 27 апреля 2016 г.) / отв. ред. Т. И. Чернышова. – 2016. – С. 429–430.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

vlladimirka@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

На данный момент ЕЭС России нуждаются в коренной модернизации. Один из путей модернизации заключается в создании целостной многоуровневой системы управления с увеличением автоматизации и повышением надежности всех узлов системы. Элементом такой модернизации является прогнозирование электрической нагрузки.

В настоящее время прогнозирование электрической нагрузки выполняется с помощью математических, стохастических методов, теории фракталов. Наиболее точные результаты на текущий момент дает прогнозирование с применением искусственных нейронных сетей (НС). Поскольку нейронные сети нелинейны, они могут выполнять точный прогноз при наличии большого количества факторов, учесть которых в математических или стохастических методах не представляется возможным.

Для примера рассмотрены нейронные сети, предоставляемые MatLab. В процессе исследований было выбрано две оптимальные конфигурации НС.

Изображенная на рис. 1 НС предназначена для работы с данными, представленными в виде вектора. На вход подаются векторы, состоящие из 12 значений потребления электроэнергии, на выходе системы имеется вектор, представляющий собой спрогнозированное потребление электроэнергии.

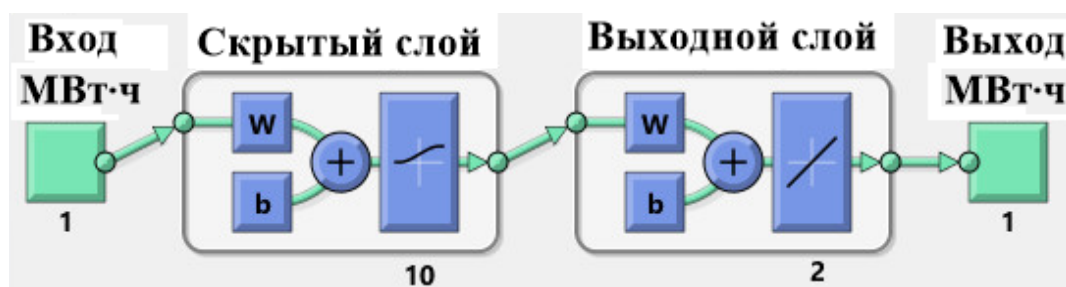


Рис. 1. Нейронная сеть для работы с векторами

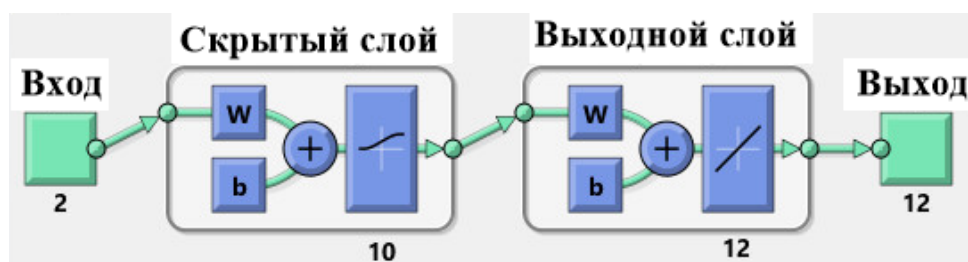


Рис. 2. Нейронная сеть для работы с данными в виде матриц

В качестве входного вектора использовались специально отобранные данные за 12 месяцев за 2012 – 2015 гг., на выходе был получен вектор с данными за 12 месяцев на 2016 г. В результате подсчета погрешности было установлено, что такой подход дает точность в 93,75 %.

На рисунке 2 показана нейронная сеть, на вход которой подавались матрицы размерностью $[12:12]$, в которых содержались значения потребления электрической энергии каждые два часа за 12 месяцев. На выходе такой системы имеется матрица размерности $[12:12]$, содержащая спрогнозированные данные за время и месяц. Точность такого метода составила 94,5 %, что выше предыдущего исследования.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее перспективным методом прогнозирования потребления электрической энергии является прогноз с помощью НС, работающей с матрицами. Недостатком такого подхода является большое число используемых для обучения данных, в исследуемом случае их число составило 720 значений, но прогнозирование с точностью в 94,5% оправдывает такой недостаток.

Библиографический список

1. **Зяблов, Н. М.** Прогнозирование бытовой электрической нагрузки с применением нейронных сетей / Н. М. Зяблов, Т. И. Чернышова, А. В. Кобелев, С. В. Кочергин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 1 (21). – С. 181 – 190.
2. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

3. **Чернышова, Т. И.** Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 532 – 537.

4. **Данилов, С. Н.** Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

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

А. Н. Кагдин, М. Ю. Авдеева, В. Н. Кагдин, О. Ю. Высокая

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

79027222272@ya.ru

Тамбовский государственный технический университет

В настоящее время в электроэнергетике России наиболее остро ощущаются проблемы надежности работы электроэнергетических сетей (ЭС) и систем, а в особенности электроснабжение отдаленных сельскохозяйственных районов и небольших предприятий с малой плотностью распределения электрической нагрузки. Обычно электроснабжение таких районов осуществляется централизованно от ближайшей энергосистемы, что говорит о большой протяженности ЭС. В свою очередь большая протяженность влияет на ухудшения качества электрической энергии (ЭЭ).

Проведенные обследования на сельскохозяйственных объектах зачастую показывают несоответствие качества электрической энергии требованиям ГОСТ. Стандарт определяет показатели качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения. Одним из основных показателей несоответствия качества электрической энергии установленным нормам является отклонение напряжения от заданных значений.

Измерение установившегося отклонения напряжения проводилось следующим образом. Для каждого наблюдения за период времени, равный 24 ч, измерили значение напряжения, без учета высших гармонических составляющих напряжения, которое в электрических сетях трехфазного тока определяют как действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты U_1 . Определили значение напряжения по следующей формуле

$$U_1 = \frac{1}{3}(U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}). \quad (1)$$

Вычислили значение усредненного напряжения U_y как результат усреднения N наблюдений напряжений U_1 за интервал времени по формуле

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_1^2}{N}}. \quad (2)$$

Затем вычислили значение установившегося отклонения напряжения δU_y в процентах

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100. \quad (3)$$

Одним из решений проблемы надежности и качества электрической энергии для сельскохозяйственных предприятий является использование биогазовых установок, так как они являются наиболее распространенными и перспективными генераторами электрической энергии.

Принцип получения биогаза из продуктов жизнедеятельности животных очень прост. Биомасса (отходы) периодически подаются с помощью насосной станции или загрузчика в реактор. Реактор представляет собой подогреваемый и утепленный резервуар, оборудованный миксерами. Стройматериалом для промышленного резервуара чаще всего служит железобетон или сталь с покрытием. В малых установках иногда используются композиционные материалы. В реакторе живут полезные бактерии, питающиеся биомассой. Продуктом жизнедеятельности бактерий является биогаз. Для поддержания жизни бактерий требуется подача корма, подогрев до 35...38 °С и периодическое перемешивание. Образующийся биогаз скапливается в хранилище (газгольдере), затем проходит систему очистки и подается к потребителям (котел или электрогенератор). Реактор работает без доступа воздуха, герметичен и неопасен. После производства биогаза сырье, оставшееся в реакторе, может использоваться в качестве

удобрения. При переработке одной тонны отходов можно получить 50...100 м³ биогаза. В свою очередь по теплоте сгорания 1 м³ биогаза равен 0,8 м³ природного газа.

Основным сырьем для производства биогаза являются продукты жизнедеятельности домашних животных, которым в огромном количестве обладают сельскохозяйственные животноводческие комплексы. Кроме того, биогаз можно производить из специально выращенных энергетических культур.

Библиографический список

1. **ГОСТ 32144-2013.** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. **Баадер, В.** Биогаз: теория и практика. / В. Баадер, Е. Доне, М. Брендерфер. – М. : Колос, 1982. – 148 с.

3. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

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

В. Н. Кагдин, О. Ю. Высокая

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

vkagdin@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

За последние 15 – 20 лет нагрузка на электрические сети сильно возросла. Одной из причин увеличения потребления электрической энергии (ЭЭ) является колоссальный рост количества электронных устройств, бытовой техники. Их количество с каждым годом становится все больше.

В целях выявления объема потребления ЭЭ произведены лабораторные измерения. Объектом анализа стала среднестатистическая квартира, в которой на каждый потребитель ЭЭ был установлен прибор, для измерения потребляемой мощности на протяжении суток.

Бытовые приборы, имеющие в своем устройстве трансформаторы напряжения в отключенном положении, продолжают потреблять ЭЭ. Она идет на нужды холостого хода (ХХ) трансформатора. Потребление энергии при этом незначительно (1...10 Вт·ч). Однако, учитывая тот факт, что этих устройств достаточно много и время режима ожидания превышает время основной работы устройства, набегает довольно серьезная цифра. Потребление и потери некоторых электроприборов приведены в табл. 1.

Решением существующей проблемы служит отключение от сети бытовых приборов в промежуток времени их режима ожидания. Как альтернативный метод можно использовать устройство, разработанное на кафедре «Электроэнергетика» ТГТУ, которое устанавливается в разрыв между сетью электропитания и бытовыми потребителями.

1. Потребление и потери ЭЭ

Оборудование	Установленная мощность, кВт	Потребление ЭЭ в год, кВт·ч	Потери ЭЭ в час, кВт·ч	Потери ЭЭ в год, кВт·ч
Компьютер (системный блок)	0,35...0,7	431	0,008	62
ЖК монитор	0,02...0,05	73	0,004	31
ЖК телевизор	0,03...0,1	270	0,005	40
Принтер	0,2...0,7	23	0,002	18
Сканер	0,05...0,15	15	0,001	9
Wi-Fi роутер	0,01...0,015	70	0,005	38
Микроволновая печь	1,5...2,5	146	0,003	26
Стиральная машина	1,5...3	312	0,001	9
Зарядные устройства (для телефона/планшета/ноутбука)	0,005...0,03	33	0,005	38
Итого		1373		271

Данное устройство автоматически отключает питание от сети при снижении потребляемого тока ниже необходимой отметки. Таким образом, можно экономить около 15 % электрической энергии.

Библиографический список

1. **Кобелев, А. В.** Вопросы анализа и моделирования развития электроэнергетических систем / А. В. Кобелев, А. Н. Кагдин, С. В. Кочергин // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (спец. выпуск). – С. 83 – 86
2. **Кагдин, А. Н.** Прибор для мониторинга и экономии электрической энергии / А. Н. Кагдин, С. В. Кочергин, К. И. Терехов // Современные предпосылки развития инновационной экономики: материалы II-й Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. М. Балаковой. – 2014. – С. 29 – 31.
3. **Кагдин, А. Н.** Моделирование распределительных электрических сетей 10/0,4 кВ / А. Н. Кагдин, Д. А. Джапарова, М. Ю. Авдеева // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (спец. выпуск). – С. 59 – 64
4. **Кочергин, С. В.** Потери электроэнергии в быту / С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин, К. И. Терехов // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. – 2015. – С. 171 – 174.
5. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

В. Н. Кагдин, О. Ю. Высокая

ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

vkagdin@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Так как электроэнергетические системы (ЭС) являются многоуровневыми сетями со сложной иерархической структурой при достаточно высоком уровне

неопределенности, то прогнозирование поведения таких систем традиционными методами затруднено. В настоящее время к наиболее перспективным методам прогнозирования можно отнести методы фрактального и нейронного моделирования.

Анализ электрических сетей показывает их фрактальный характер. Так, например, распределение электрической энергии в разветвленных электрических системах связано с топологической размерностью сетей, которая имеет фрактальный характер. Многие характеристики, такие как нагрузка, несимметрия, гармонические составляющие имеют фрактальный характер. В качестве примера сравним показания отклонения фазных напряжений для разных дней (рис. 1). В них можно увидеть отличительное свойство фракталов, а именно самоподобие. В частности эти графики отличаются друг от друга, но общая структура у них одинакова.

Понятие размерности топологии сети, основанное на концепции фракталов, является также мощным математическим инструментом для количественного сравнения, анализа и синтеза различных топологий сетей. Например, задача построения электрических подстанций различного уровня напряжений, обеспечивающих надежность распределения электрической энергии, может быть решена как задача синтеза соответствующей топологии сети нужной фрактальной размерности. Это позволит повысить надежность и энергоэффективность электрических сетей.

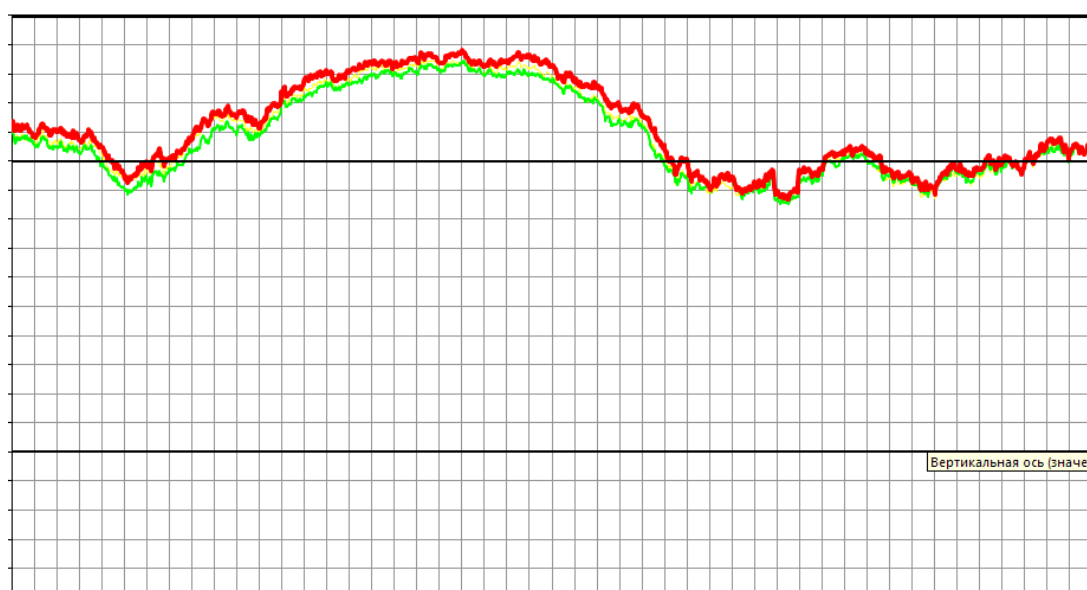


Рис. 1. Графики отклонений фазных напряжений

Немаловажным является то, что стохастические процессы, происходящие в электрических сетях, могут быть описаны с помощью фракталов. Такие фракталы являются мощным математическим инструментом для анализа динамик нагрузок, возникающих в электрических сетях, так как обладают свойством обнаруживать и имитировать нелинейные. Использование методов фрактального моделирования еще не до конца изучено, но весьма перспективно, что доказывает увеличение количества статей на эту тему.

Библиографический список

1. **Калинин, В. Ф.** Влияние характера нагрузки на качество электрической энергии / В. Ф. Калинин, С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (спец. выпуск). – С. 71 – 74
2. **Кагдин, А. Н.** Фрактальное моделирование и нейронные электрические сети / А. Н. Кагдин, Д. А. Джапарова, К. И. Терехов // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (спец. выпуск). – С. 65 – 70.
3. **Кагдин, А. Н.** Моделирование распределительных электрических сетей 10/0,4 кВ / А. Н. Кагдин, Д. А. Джапарова, М. Ю. Авдеева // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 52 (спец. выпуск). – С. 59 – 64.
4. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.

А. Н. Кагдин, В. Н. Кагдин, М. Ю. Авдеева, О. Ю. Высокая

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

vkagdin@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Европейские страны все больше пропагандируют отказ от традиционных видов топлива и переход на альтернативные источники энергии. Это связано,

прежде всего, с таким фактором, как стремление к сокращению выбросов вредных газов в атмосферу, а также высокая стоимость электрической энергии, получаемой от традиционных источников.

Солнечная энергетика занимает лидирующие позиции относительно иных источников альтернативной энергии, ввиду ее доступности практически в любой точке мира.

Территориальное местоположение Центральной России имеет неплохие характеристики по продолжительности светового дня 1700...2000 ч в год (рис. 1). Вместе с продолжительностью светового дня немаловажную роль имеет и солнечная интенсивность. От этого параметра зависит коэффициент полезного действия (КПД) солнечной панели. В совокупности продолжительность светового дня и солнечная интенсивность дают такой параметр, как инсоляция, который определяет мощность светового потока за определенный промежуток времени, падающий на 1 м² земли. Данные по среднемесячной инсоляции можно видеть в табл. 1.

Анализируя данные табл. 1 можно видеть, что в летние месяцы инсоляция достаточно высока, что нельзя сказать про промежуток времени с октября по февраль. В зимние месяцы инсоляция ниже летней в 7 – 8 раз, что делает нерентабельным использование солнечной энергетики в зимний период времени.

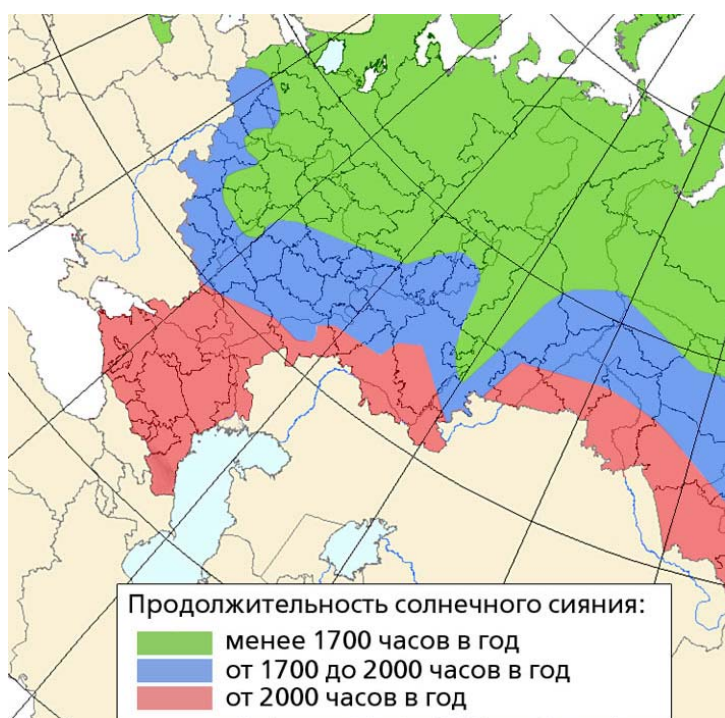


Рис. 1. Продолжительность солнечного дня

1. Среднемесячная инсоляция солнечной энергии

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Инсоляция, кВт·ч/м ²	20,6	53,0	108,4	127,6	166,3	163,0	167,7	145,0	104,6	60,7	34,8	22,0

Оптимальным временем использования солнечной энергетики можно назвать промежуток с марта по сентябрь. В это время требуется гораздо меньшее количество солнечных элементов, что ведет к уменьшению стоимости оборудования и, как следствие, к уменьшению срока окупаемости. В данном случае окупаемость составит около 8 – 10 лет, что является приемлемым, так как срок службы элементов электростанции составляет от 12 до 20 лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование солнечной энергетики, как источника электрической энергии в летний период в Центральной России является актуальным. Однако необходимо иметь резервный источник питания для получения электричества в зимний период времени.

Библиографический список

1. **Справочная** информация по фотоэлектрическим панелям [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://shop.solarhome.ru/290w-24v-eclipse-solnechnaja-panel-perc-poli.html> (дата обращения: 09.01.2018).
2. **Справочная** информация по аккумуляторным батареям: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://solarelectro.ru/products/akkumulyator-challenger-a12-240> (дата обращения: 09.01.2018).
3. **Справочная** информация по инверторам: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://shop.solarhome.ru/combi-mppt-2-kva-24v-invertor-s-zu-i-kontrollerom.html> (дата обращения: 09.01.2018).
4. **Справочная** информация по мировой стоимости электрической энергии: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://solarelectro.ru/products/kontroller-sunstar-ss-80c-mppt> (дата обращения: 09.01.2018).

5. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

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

И. Е. Карпенко, Д. А. Федотов

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА MQTT ДЛЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ

nik-oe@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

В последнее время делаются попытки стандартизации различных аспектов в области «интернета вещей» в рамках международных организаций, таких как ITU, IEEE, 3GPP и др. Уже сейчас есть результат: достаточно широкое распространения протокола MQTT (Message Queue Telemetry Transport) и готовых к применению решений на его основе [1].

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – протокол обмена сообщениями, реализующий модель «публикация/подписка» и предназначенный для связи компьютеризированных устройств.

Преимущества протокола MQTT:

- небольшие накладные расходы на транспортном уровне;
- протокол обмена сведен к минимуму для уменьшения сетевого трафика;
- встроенный механизм контроля соединения;
- не требует постоянного соединения между клиентом и сервером;
- хорошо адаптирован к работе по каналам связи с низкой пропускной способностью.

Данные особенности позволяют эффективно применять его в сфере удаленного управления объектами и телеметрии.

Особенности протокола MQTT:

- принята модель обмена сообщениями «публикация/подписка», которая обеспечивает связь «один ко многим»;
- транспорт обмена сообщениями не зависит от содержания данных;
- для обеспечения подключения к базовой сети используется протокол TCP/IP [2].

При доставке сообщений существует три вида качества сервиса (Quality of Service, QoS):

- At most once (QoS = 0, «не более одного раза») – публикатор выполняет однократную отправку сообщения, но не предпринимает шаги, чтобы убедиться в том, что сообщение доставлено;
- At least once (QoS = 1, «по крайней мере один раз»): доставка сообщения проверяется, но разрешается доставлять его несколько раз;
- Exactly once (QoS = 2, «только один раз») гарантирует доставку сообщения лишь один раз [3].

Обмен сообщениями в протоколе MQTT осуществляется между клиентом (client), который может быть издателем или подписчиком (publisher/subscriber) сообщений, и брокером (broker) сообщений.

Издатель отправляет данные на MQTT брокер, указывая в сообщении определенную тему, топик (topic). Подписчики могут получать разные данные от множества издателей в зависимости от подписки на соответствующие темы [4].

В протоколе MQTT используется иерархическое пространство тем. Длина названия темы не может превышать 32767 символов. Элементы темы отделяются друг от друга разделителями (/) и подстановочными элементами (#, +), которые позволяют определить одного или нескольких адресатов.

В модели с одним издателем и многими подписчиками можно отправлять информацию из одной точки многим другим устройствам или «слушателям». Встраиваемые устройства могут использовать протокол MQTT для сбора данных от нескольких устройств с ограниченной пропускной способностью и предоставления информации многим подписчикам. В результате система является относительно простой для настройки и предоставляет идеальный коммуникационный сетевой протокол для облачных [5].

Библиографический список

1. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.
2. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.
3. **Чернышов, Н. Г.** Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.
4. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4 (66). – С. 21 – 28.
5. **Chernyshov, N. G.** Features of creation of power saving control systems on set operation conditions / N. G. Chernyshov, D. Yu. Muromtzev // Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42, No. 3 – P. 163 – 168.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Н. Г. Чернышова*

В. Л. Киселевич, О. В. Юрьев

РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Тамбовский государственный технический университет

Уязвимость современной энергетики, как и других больших искусственных систем, отличающихся унификацией, единообразием составляющих элементов и жесткими связями между ними, обусловлена несоблюдением принципа разнообразия и неоднородности, присущих живой природе. Любая система не является гармоничной и устойчивой, если она состоит только из крупных объектов или, наоборот, из одних мелких. То же

относится и к энергетике. Система не должна состоять из одних только крупных электростанций – гигантов энергетики (к чему в свое время стремились в СССР) или только из небольших станций. Необходимо определенное сочетание источников различной мощности. Объяснение этого основано на введении Б. И. Кудриным для сложных технических систем нового понятия – техноценоза, подобного другим известным ценозам (биологическим и др.) [1].

Развитие техноценозов характеризуется объективными закономерностями. Для их устойчивого развития система должна соответствовать гиперболическому Н-распределению, при котором наиболее крупные значительные объекты составляют 5...10 % от общего числа элементов системы; с уменьшением показателей (габаритов, массы, мощности и т.д.) объекты становятся все более массовыми. С этих позиций система энергоснабжения, включающая источники, потребителей и связи между ними, может рассматриваться как разновидность техноценоза – энергоценоз. При этом соотношение элементов в нем, например, источников по мощности должно подчиняться общему для всех техноценозов Н-распределению.

В связи с этим, одним из приоритетных направлений повышения энергетической безопасности (ЭнБ) является в настоящее время развитие распределенной генерации энергии (РГЭ), осуществляемой на небольших локальных источниках, расположенных вблизи потребителей. Это обусловлено, прежде всего, возрастающими требованиями к надежности энергоснабжения. При этом одновременно должны производиться как электрическая, так и тепловая энергия, то есть должна осуществляться децентрализованная когенерация – децентрализованное комбинированное производство тепла и электроэнергии (КПТЭ), обеспечивающее снижение расхода топлива примерно на 30 % по сравнению с их раздельной выработкой. Таким образом, РГЭ, повышая ЭнБ, является энергосберегающей технологией.

Еще более актуально развитие РГЭ для России, имеющей огромную территорию и переживающей сложный период перехода к рыночной экономике. Безусловно, гарантом ЭнБ страны, обеспечивающим надежность энергоснабжения большинства крупных потребителей, является «большая» энергетика,

основу которой составляет Единая энергетическая система (ЕЭС) России. При этом ЕЭС охватывает лишь около 30 % территории страны, остальные 70 % – обеспечивают электроэнергией электростанции, работающие в автономном режиме, или изолированные энергосистемы. Состояние же электроэнергетики, как отмечается в ряде серьезных документов, в том числе, в программе РАО «ЕЭС России» – критическое. Это подтверждается практическим прекращением ввода новых мощностей на тепловых электростанциях, увеличением удельных расходов топлива, повышением затрат на ремонт и эксплуатацию, приближением физического износа оборудования к пределу для 50 % мощности [2, 3]. Особенно актуально это для Сибири, где износ основных производственных фондов превышает этот показатель по сравнению с другими региональными энергосистемами и составляет 53,8 % [4].

В ближайшей перспективе при отсутствии крупных инвестиций можно рассчитывать лишь на незначительные объемы технического перевооружения и реконструкции отрасли.

В этих условиях важный резерв укрепления ЭНБ регионов представляет «малая» энергетика, создаваемая на основе РГЭ за счет расширения сети малых (мощностью до 30 МВт), а также мини- и микроТЭЦ (мощность – десятки кВт).

Библиографический список

1. **Кудрин, Б. И.** Введение в технетику / Б. И. Кудрин. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та, 1993. – 345 с.
2. **Батенин, В. М.** О роли и месте децентрализованных источников энергоснабжения / В. М. Батенин, В. М. Масленников, А. Д. Цой // Энергосбережение. – 2003. – № 1. – С. 14 – 18.
3. **Дьяков, А. Ф.** Некоторые аспекты обеспечения энергетической безопасности страны и развития малой энергетики / А. Ф. Дьяков // Энергетик. – 2003. – № 4. – С. 4 – 6.
4. **Романов, А. А.** Необходимость технического перевооружения электроэнергетики России / А. А. Романов, А. С. Земцов // Промышленная энергетика. – 2002. – № 3. – С. 2 – 5.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

evgeniykozlovbel@gmail.com

Белгородский государственный университет им. В. Г. Шухова

На текущем этапе развития мировой энергетики в ней наблюдается несколько устойчивых трендов. Главным, из которых является рост возобновляемых источников энергии. Начиная с 2013 г. возобновляемые источники являются лидерами по вводу новых мощностей [1]. При сохранении таких темпов роста, по мнению некоторых экспертов уже к 2030 г. возобновляемые источники энергии могут стать мировым лидером.

В данный момент ведущим источником мировой энергетики является уголь, который обеспечивает 39 % энергопотребления. Доля гидроэнергетики в выработке электроэнергии в мире остается стабильной – 18,1 % в 1990 г., 16,4 % в 2014 г. и примерно такая же цифра в прогнозе на 2030 г. Двигателем стремительного роста ВИЭ за последние 25 лет стали именно «новые» виды энергии (прежде всего, солнечная и ветроэнергетика) – их доля увеличилась с 1,5 % в 1990 г. до 6,3 % в 2014 г. и предположительно догонит гидроэнергетику в 2030 г., достигнув 16,3 %. Из рисунка 1 видно, что доля гидроэнергетики в мировом энергетическом балансе остается стабильной – 18,1 % в 1990 г., 16,4 % в 2014 г. и примерно такая же цифра в прогнозе на 2030 г.

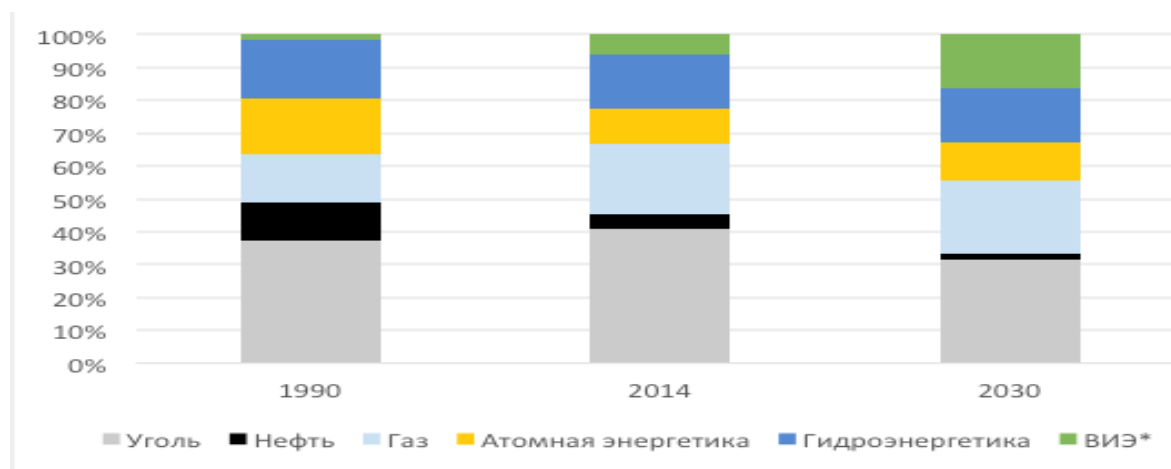


Рис. 1. Доли различных видов топлива в мировой генерации электроэнергии и прогноз 2030 г.

Лидеры по вводу новых мощностей в гидроэнергетике Китай и Бразилия, в ближайшие несколько лет планируют закончить строительство нескольких крупных ГЭС.

Основным источником роста возобновляемых источников энергии за последние 25 лет стали именно «новые» виды энергии, прежде всего, солнечная и ветроэнергетика.

1. Строящиеся крупные ГЭС

Страна	Год пуска	Название	Установленная мощность, МВт	Река
Китай	2020	Удундэ	10200	Янцзы
	2021	Байхэтань	16000	
Бразилия	2019	Белу Монти	11233	Шингу

Лидерами здесь также являются страны Азии, это связано с серьезными экологическими проблемами в некоторых странах региона. Например, из-за сильного загрязнения воздуха в Китае эта страна стремится теперь активно продвигать альтернативную энергетику. Сейчас примерно 40 % новых мощностей возобновляемой энергетики в мире приходится именно на Китай. Несмотря на это многие эксперты предупреждают, что прогнозируемый рост альтернативной энергетики сильно зависит от государственной поддержки, которая часто меняется в разных странах.

Основной аргумент скептиков состоит в том, что энергия ВИЭ является коммерчески неконкурентоспособной, а проекты с ее использованием – неустойчивыми в долгосрочной перспективе. То есть «зеленая» энергия – слишком дорогая по сравнению с традиционной, и развивается она только благодаря государственной поддержке. Неустойчивая природа солнечной и ветряной энергии тоже несет определенные риски для операторов [2].

Библиографический список

1. Разумова, Ю. К. Роль возобновляемых источников энергии в системах энергоснабжения / Ю. К. Разумова, Т. И. Тихомирова // Энергетические, управ-

ляющие и информационные системы: сборник материалов I-й Междунар. науч.-техн. конф. (г. Белгород). – 2016.

2. **Возобновляемые** источники энергии: новая революция или очередной пузырь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.forbes.ru> (дата обращения: 12.12.2017).

*Работа выполнена под руководством
к.т.н. Т. И. Тихомирова*

С. В. Кочергин, Д. С. Степин, Д. А. Миронюков, Д. А. Мамонтов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОДОГРЕВ ГРУНТА В ТЕПЛИЦАХ

Тамбовский государственный технический университет

Все большее распространение получают технологии по производству сельскохозяйственной продукции овощей и цветов в закрытом грунте в теплицах. Сдерживающим фактором развития тепличных хозяйств является значительные затраты на обогрев воздуха, грунта и воды. На их долю затрачивается свыше 40 % средств от себестоимости продукции. Не маловажным является продолжительный период низких температур на территории России, а также постоянный рост цен на энергоносители. В этой связи, актуальным является разработка современных энергосберегающих технологий, обеспечивающих подогрев грунта и воздуха в теплицах.

Широкое распространение при подогреве грунта находят системы электрообогрева. Среди наиболее распространенных систем электрообогрева выделяются кабельные системы, такие как GreenBoxAgro, укладываемые в грунт.

Система обогрева грунта теплиц состоит из нагревательной секции на основе кабеля постоянной мощности с установочным проводом. Для управления системой и регулирования заданной температуры грунта необходимо использование терморегулятора.

Они обладают следующими преимуществами: безопасностью для людей и корневой системы растений, эффективно влияют на рост и развитие посадок, стимулируют процессы репродукции, оберегают от заморозков. В систему кабельного подогрева входят датчики температуры поверхности грунта, а также

терморегуляторы, обеспечивающие поддержание температуры в разных зонах теплицы, как возле ограждающих конструкций, так и в центральной части теплицы. Недостатком этих систем является высокая стоимость средств управления и регулирования подогревом, а также снижение их надежности при работе в условиях низких температур.

Перспективным вариантом решения вопроса подогрева грунта в теплице является электротехническая система подогрева, выполненная на базе саморегулируемых электронагревательных элементов – позисторов (саморегулируемое устройство подогрева грунта – СППГ).

Достоинством этой системы является то, что заданная в структуре полупроводникового нагревательного элемента расчетная для каждого вида подогревателя «точка переключения» (точка Кюри для позистора, после которой происходит скачкообразное увеличение его сопротивления), предотвращает нагрев грунта выше температуры, при которой возможно его пересушивание и повреждение корневой системы. В тоже время, СППГ позволяет обеспечить зональное регулирование мощности по всей поверхности грунта теплицы, что повышает энергоэффективность процесса подогрева грунта.

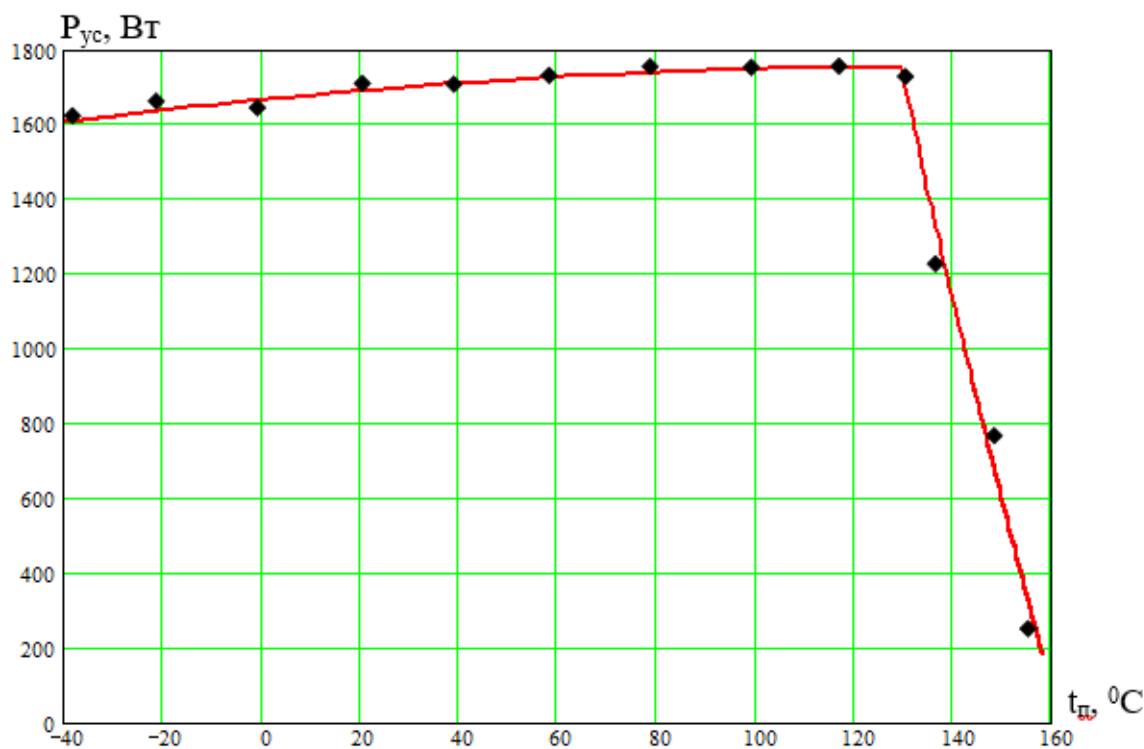


Рис. 1. Изменение мощности СППГ в функции температуры

Температурная характеристика изменения мощности P_{yc} СППГ в функции температуры t_1 имеет вид, показанный на рис. 1.

На характеристике имеется точка переключения мощности устройства ($t_{пер} = 130^\circ\text{C}$) после которой СППГ переходит в режим саморегулируемого нагрева, т.е. установившийся режим поддержания температуры. В случае охлаждения грунта или наоборот, поступления тепла от солнечной радиации устройство СППГ выйдет из состояния теплового равновесия и перейдет в режим регулирования.

Библиографический список

1. **Калинин, В. Ф.** Теоретические исследования параметров электронагревательного устройства с саморегулированием мощности / В. Ф. Калинин, А. М. Шувалов, С. В. Кочергин // Вестник ТГТУ. – 2003. – Т. 8, № 4. – С. 654 – 659.
2. **Данилов, С. Н.** Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

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

Е. В. Курцев

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БЫСТРОЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

alpsaryov@yandex.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина

Важная роль в здоровом рациональном питании населения отводится созданию новых, сбалансированных по составу продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами. При этом повышению качества продукции сельского хозяйства отводится важная роль [1, 4]. Современная экологическая об-

становка, загрязнение окружающей среды промышленными выбросами, последствия катастрофы Чернобыльской АЭС и т.д. неизбежно приводит к попаданию вредных для здоровья веществ в продукты питания [3]. Поэтому Министерство здравоохранения Российской Федерации установило научно обоснованные гигиенические требования к безопасности пищевых продуктов. Однако на быстрозамороженные полуфабрикаты такая информация отсутствует [4].

Представляется актуальной возможность использования ультрафиолетового излучения для увеличения сроков годности быстрозамороженных полуфабрикатов, подверженных бактериальному обсеменению. Однако широкое использование бактерицидного эффекта ультрафиолетовых лучей для обработки пищевых продуктов лимитируется их малой проникающей способностью, не превышающей долей миллиметра. Не пропускают ультрафиолетовых лучей и стенки жестяной и стеклянной тары [1].

Употреблять УФЛ для предотвращения микробиальной порчи продуктов можно лишь в тех случаях, когда продукт в глубине практически стерилен либо развитие микробов в толще предотвращено или существенно замедлено. В связи с ограниченной проникающей способностью УФЛ на режим облучения существенным образом влияет характер поверхности продукта.

Для УФ облучения быстрозамороженной продукции можно применять светодиодные осветительные приборы ультрафиолетового излучения так как, по сравнению с газоразрядными лампами УФ-излучений они имеют несколько преимуществ, таких как: малая мощность потребления электроэнергии; более высокий срок службы, который может составлять до 50000 ч; возможность плавного управления интенсивностью облучения УФ-излучения по средствам ШИМ-драйвера [2]. Таким образом, применение светодиодных светильников ультрафиолетового излучения для повышения качества быстрозамороженных полуфабрикатов представляется актуальным и перспективным направлением.

Библиографический список

1. **Псарев, А. И.** Использование УФ-излучения для повышения качества продукции сельского хозяйства / А. И. Псарев, Р. П. Беликов // Неделя науки – 2010 : сборник материалов (Орел, 2010). – С. 240 – 241.

2. **Псарев, А. И.** Способы регулирования яркости свечения светодиодных светильников на объектах ЛПХ и КФХ / А. И. Псарев, А. В. Виноградов // Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства : сборник материалов Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых. – 2012. – С. 370 – 374.

3. **Жучков, А. А.** Маркетинговая оценка обеспеченности населения пищевыми продуктами, обогащенными йодом / А. А. Жучков, Р. П. Беликов // Вестник ОрелГИЭТ. – 2013. – № 2 (24). – С. 6 – 11.

4. **Иванова, Т. Н.** Эффективность производства быстрозамороженных мучных полуфабрикатов / Т. Н. Иванова, Р. П. Беликов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 5. – С. 21–22.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя А. И. Псарева*

Р. Р. Кучаев

ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

roman962@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Рост потерь энергии в электрических сетях определен действием вполне объективных закономерностей в развитии всей энергетики в целом. Основными из них являются: тенденция к концентрации производства электроэнергии на крупных электростанциях; непрерывный рост нагрузок электрических сетей (рис. 1), связанный с естественным ростом нагрузок потребителей и отставанием темпов прироста пропускной способности сети от темпов прироста потребления электроэнергии и генерирующих мощностей.

Основной подход к проблеме снижения потерь энергии в электрических сетях – это знания различных элементов сети и способов снижения количества потерь. Рассмотрим два способа снижения количества потерь, один из которых не требует инвестиций, а другой – за счет инвестиций.

Уменьшение количества потерь энергии, которые не требуют инвестиций:

- 1) оптимизация рабочего состояния электрических сетей и основного оборудования;
- 2) оптимизация потока мощности в неоднородных петлевых сетях;
- 3) оптимизация уровня напряжения в электрических сетях;
- 4) балансировка нагрузки на фазы в электрических сетях низкого и среднего напряжения;
- 5) повышение уровня эксплуатации электрической сети;
- 6) овершенствование системы доказательств потерь энергии в электрических сетях.

Сокращение потерь энергии за счет инвестиций:

- 1) увеличение номинального напряжения;
- 2) установка дополнительных компенсационных систем управления реактивной мощностью и напряжением;
- 3) оптимизация параметров элементов электрических сетей;
- 4) оптимизация развития и реконструкции сети.

Для определения наиважнейших направлений и очередности внедрения мероприятий по снижению потерь необходим доскональный анализ:

- энергетических балансов электрических сетей в целом и их отдельных узлов (подстанций);
- условий применения и погрешностей приборов учета электроэнергии (трансформаторов (тока и напряжения) и счетчиков), а так же их технического состояния;



Рис. 1. Зависимость потребления энергии от времени

– организации работы по внедрению мероприятий по снижению потерь. Другими словами, нужно проводить доскональное энергетическое обследование электрических сетей [3].

Библиографический список

1. **Кобелев, А. В.** Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Е. А. Печегин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса PentiumII ; CD-ROM-диск 37,0 MbRAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

2. **Зарандия, Ж. А.** Энергоаудит – элемент энергосберегающих технологий в электроэнергетике / Ж. А. Зарандия, Е. А. Иванов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тезисы докл. 2-ой Междунар. конф. с элементами науч. школы (Тамбов, 22 – 24 апреля 2015 г.) / отв. ред. Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2015. – С. 242 – 244

3. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

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

В. В. Овсянников, А. С. Лазеев

МЕТОД ОЦЕНКИ КРИТЕРИЯ ОПАСНОСТИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ БЕСПИЛОТНЫХ УСТРОЙСТВ

resbn@jesby.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

В связи с интенсивными разработками систем управления беспилотными автомобилями представляет интерес синтез систем оценки критерия опасности

дорожной ситуации. Грамотный выбор данных критериев позволит существенно снизить энергопотребление всей системы.

Для правильной реакции на обстановку на дороге в первую очередь следует учитывать движение и прогноз движения наиболее опасных окружающих объектов. Представляется целесообразным в качестве критерия использовать коэффициент опасности.

Рассмотренный вариант расчета коэффициента опасности kn_{OD} , полученный эвристическим путем, определенным как:

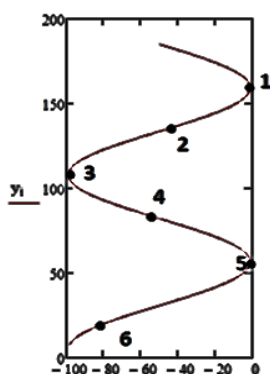
$$kn_{OD} = \frac{V_{сб} + \omega}{D + \gamma}, \quad (1)$$

где $V_{сб}$ – скорость сближения с объектом; D – дальность до объекта; γ – угловое положение линии визирования объекта; ω – угловая скорость.

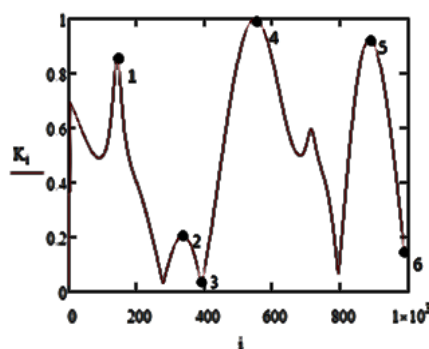
Работа полученных систем моделировалась в условиях встречного движения автомобиля Б по волнообразной траектории (рис. 1, а), включающей некоторую случайную составляющую.

Экспертным способом были выбраны самые опасные (1, 5) и безопасные (3, 6) точки движения на траектории (рис. 1, а). Имитационное моделирование позволило получить выборку коэффициентов опасности для каждого варианта в зависимости от траектории движения встречного автомобиля.

В случае данного варианта произошло более корректное отображение коэффициента опасности (рис. 1, б). Все пики наиболее полно соответствуют предполагаемым значениям коэффициента опасности.



а)



б)

Рис. 1. Характерные фазы движения (а) и изменение коэффициента в зависимости от траектории движения (б)

Таким образом, на основе имитационного моделирования и экспертных оценок представляется, что наиболее информативным и полнее соответствующим ситуации является выбранный вариант.

Библиографический список

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. **Данилов, С. Н.** Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
3. **Панасюк, Ю. Н.** Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
4. **Данилов, С. Н.** Алгоритм прогноза координат воздушных объектов для обеспечения функционирования системы направленной связи на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Р. Р. Шатовкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. –Т. 15, № 3. – С. 530 – 539.
5. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И.Чернышова, В. В.Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

*Работа выполнена под руководством
д.т.н., профессора С. Н. Данилова*

С. Ю. Левин

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

sergey.levin.10@mail.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парихина

Современное общество трудно представить без использования электрической энергии. Она применяется во всех отраслях народного хозяйства: в про-

мышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в строительстве, коммунальном хозяйстве и быту.

Сельское хозяйство является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития России. Уровень развития сельского хозяйства определяет продовольственную безопасность страны. Сельскохозяйственные потребители электрической энергии, характеризуются отраслью, видом деятельности и мощностью производства. Энергоэффективность сельского хозяйства во многом определяется эффективностью систем электроснабжения [1].

Электрическая нагрузка в сельском хозяйстве, как и в других отраслях народного хозяйства, – величина непрерывно изменяющаяся: одни потребители включаются, другие отключаются. Мощность, потребляемая включенными электроприемниками, например электродвигателями, также уменьшается или увеличивается с изменением загрузки приводимых в действие рабочих машин. Кроме того, с течением времени общая электрическая нагрузка непрерывно увеличивается, так как растет степень электрификация сельскохозяйственного производства и быта сельского населения [2].

Эти изменения, как правило, носят случайный характер, однако они подчиняются вероятностным законам, которые могут быть установлены с тем большей точностью, чем больше опытных данных было использовано при их определении. Таким образом, обстоятельное изучение электрических нагрузок в сельском хозяйстве – сложная самостоятельная задача. Знание способов мониторинга электрических нагрузок совершенно необходимо как для решения этой задачи, так и для многих других задач, актуальных для сельских потребителей. К таким задачам можно отнести: проектирование систем электроснабжения, эксплуатация действующих электрических сетей, решение вопроса подключения новых потребителей. Методы моделирования электрических нагрузок для сельских сетей имеют свои особенности, которые также необходимо знать для успешного решения поставленных задач [3].

В то же время, вследствие постоянного изменения структуры и качественных и количественных характеристик электрических нагрузок в сельскохозяйственной отрасли, данные, приводимые в нормативных и литературных источниках, не всегда оказываются достоверными. Кроме того, следует учитывать и региональные особенности электрических нагрузок в сельской местности.

Поэтому исследование электрических нагрузок сельских потребителей и разработка мониторинга режимов их работы является актуальной задачей.

Библиографический список

1. **Распоряжение** Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
2. **Будзко, И. А.** Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М. : Колос, 2010.
3. **Васильев, Л. И.** Обработка графиков нагрузки / Л. И. Васильев, Е. С. Кузнецова, Е.А. Тур. – СПб. ГАУ, 2009.

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

Р. Ю. Лукашев

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СИСТЕМАХ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К КАЧЕСТВУ ДВИЖЕНИЯ

lukashevroma2012@gmail.com

Липецкий государственный технический университет

Современной альтернативой наиболее распространенным на данный момент во всех отраслях производства асинхронным электроприводам (ЭП), в настоящее время, можно считать вентильно-индукторный реактивный электропривод (ВИП). Его отличительной особенностью служит принципиальная не возможность работы электродвигателя без преобразователя, что обусловлено дискретностью работы самой машины.

Основными преимуществами самого вентильно-индукторного двигателя (ВИД) перед асинхронным, в первую очередь, является его технологичность и простота, что значительно снижает его себестоимость, при сопоставимых энергетических показателях обеих машин. Главным же недостатком служат большие

пульсации момента электродвигателя в силу дискретности его работы, а также значительных нелинейностей характеристик самой машины.

Это обстоятельство ограничивает сферу применения данных электроприводов. В настоящее время они, как правило, эксплуатируются в регулируемых электроприводах насосов и вентиляторов, не предъявляющих высоких требований к качеству момента.

Повышение качества момента достигается путем перехода к системе прямого управления моментом (ПУМ). При этом существует два подхода: регулирование среднего и мгновенного момента. Наибольший интерес представляет регулирование мгновенного момента, позволяющее добиться более качественных динамических показателей. Структура системы, реализующей ПУМ ВИД на основе метода вращающихся пространственных векторов, представлена на рис. 1.

Аналогично системам ПУМ асинхронными ЭП, в ВИП используются следующие функциональные блоки: регуляторов; формирования строк таблицы переключения; определения фазового сектора; реализующий таблицу переключения; вычисления ненаблюдаемых координат ЭП. Ядром системы является таблица переключений, формирующая алгоритм управления системой. Строки таблицы формируют дискретные сигналы с выходов релейных регуляторов потокосцепления статора и момента машины.

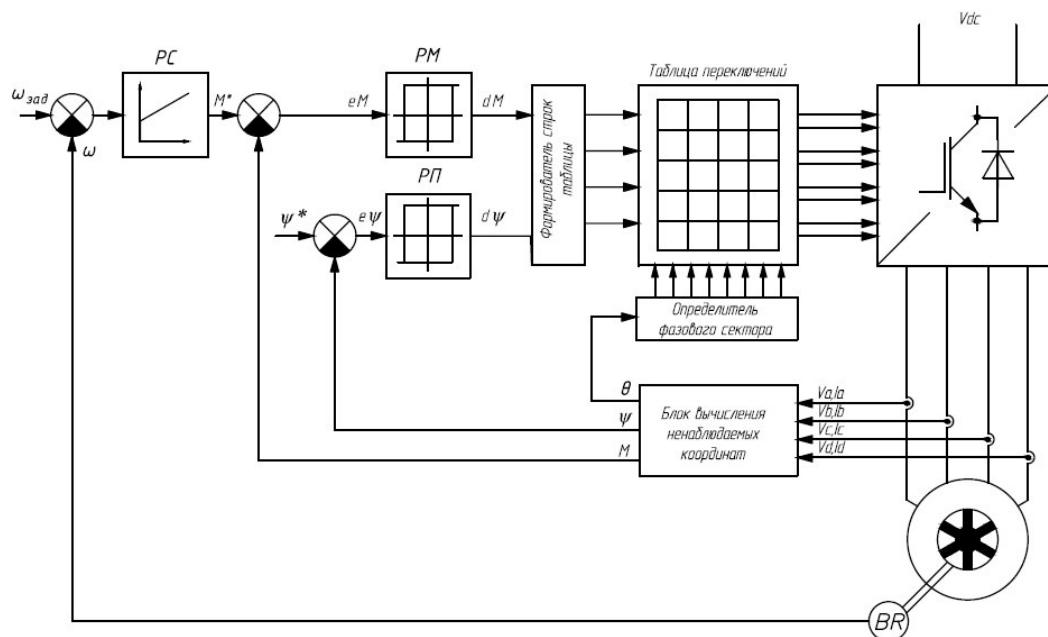


Рис. 1. Функциональная схема ПУМ ВИД

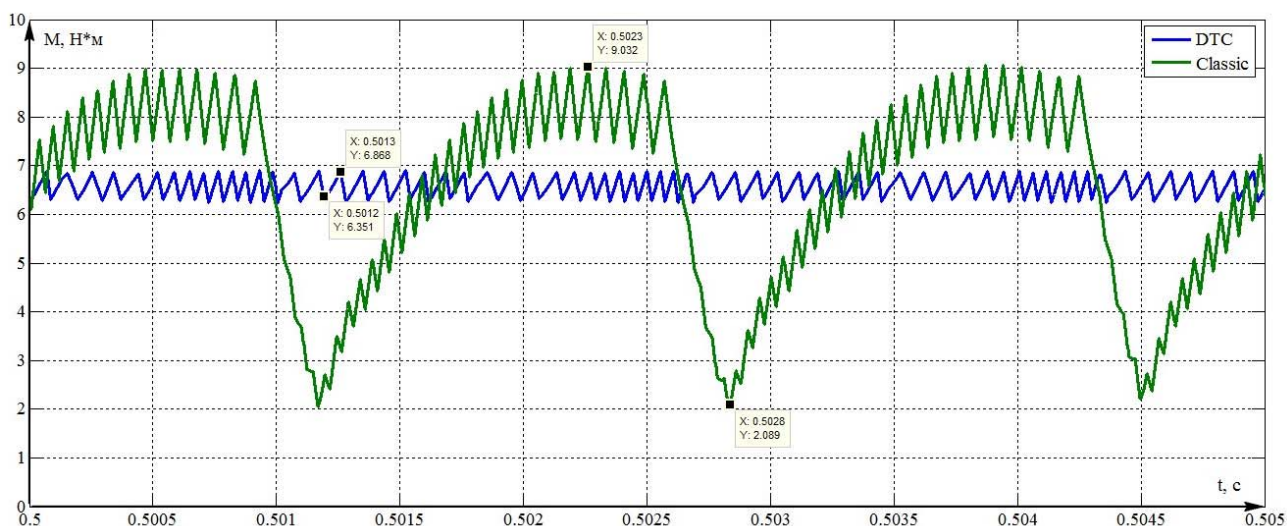


**Рис. 2. Переходные процессы $M_{дв}(t)$
при работе в установившемся режиме
в стандартной и системе ПУМ**

Результаты моделирования работы системы в программе MatLab Simulink представлены на рис. 2. Для наглядности на одном графике представлены зависимости момента при работе ПУМ и системы с классическим релейным регулированием тока. При работе под нагрузкой в установившемся режиме пульсации снизились в 12 раз. Следует отметить, что полностью исчезли провалы результирующего электромагнитного момента, обусловленные переключением фаз.

Библиографический список

1. **Кузнецов, В. А.** Вентильно-индукторные двигатели: учеб. пособие / В.А. Кузнецов. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 70 с.
2. **Красовский, А. Б.** Особенности замкнутого управления моментом вентильно-индукторного электродвигателя / А. Б. Красовский, С. А. Кузнецов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. – 2009. – № 3 (34).
3. **Jin-Woo, Ahn.** Torque Control Strategy for High Performance SR Drive / Ahn Jin-Woo // Journal of Electrical Engineering & Technology. – 2008. – Vol. 3, No. 4. – P. 538 – 545.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Тамбовский государственный технический университет

Проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности становятся сегодня главными факторами развития мировой экономики. Решение данных проблем невозможно без внедрения в энергетику новых, прорывных технологий, внедрение которых в энергетику идет по пути интеллектуализации электрических сетей, создания электрических машин, аппаратов и устройств на новых физических принципах или путем применения в известных аппаратах и устройствах новых материалов. Первый путь более затратен, но имеет большие потенциальные возможности. Второй путь менее затратен, но позволяет решить только краткосрочные задачи.

Интеллектуальные технологии в энергетике – это совокупность технических, информационных и телекоммуникационных проектов, включая оборудование, программное обеспечение и средства связи, которые обеспечивают паритетные отношения потребителей энергии и энергосбывающих предприятий, причем повышается качество электроэнергии и обеспечивается режим энергосбережения. Внедрение интеллектуальных технологий условно можно разделить на три направления или этапа.

Начальный этап внедрения интеллектуальных технологий (Smart Grid) в энергетику – это «умные» приборы, позволяющие решить задачу единой системы энергоучета. Внедрение «умных» приборов учета автоматизирует процесс снятия показаний со счетчиков, осуществляет удаленное управление ими, изменяет конфигурацию приборов учета, а данные, накопленные в ходе автоматизированного опроса приборов учета, позволяют проводить анализ потерь, планировать потребление и управлять работой сети [1].

Следующим этапом является разработка устройств и способов распределенной генерации или локальных электрических сетей и объединение их в единую сеть подобно Интернету [2].

Интеграция локальных электрических сетей с накопителями энергии в централизованные системы энергоснабжения осуществляется посредством Smart Grid технологий, которые используют усовершенствованную

инфраструктуру измерений. Эта инфраструктура расширяет функциональные возможности интегрированной системы посредством использования общих аппаратных средств и единого программного обеспечения.

Она способна собирать данные и передавать их другим системам, пересылать информацию через сеть в обратном направлении, т.е. к измерительным приборам для инициирования сбора дополнительных данных, контроля состояния электрооборудования, обновления математического обеспечения. Более того, интеллектуализация сетей дает возможность реализовать функции автоматического обнаружения повреждений, их локализации, изоляции и восстановления электроснабжения.

Экономичность управления электроэнергетическими системами достигается за счет возможности комплексного воздействия на параметры режима. Например, регулирование напряжения помимо использования традиционных средств может быть реализовано путем изменения генерации активной или реактивной мощности, воздействием на средства аккумулирования энергии, управлением нагрузкой.

Использование накопителей [3], предназначенных для управления суточными графиками нагрузки, позволяют улучшить экономические показатели электростанций за счет выравнивания режима, уменьшить требуемую пропускную способность электрических сетей и снизить в них потери электроэнергии. Кроме того, за счет сжигания меньшего количества топлива на тепловых электростанциях улучшаются экологические характеристики электрических систем.

Библиографический список

1. **Кобец, Б. Б.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова. – М. : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
2. **Смоленцев, Н. И.** Локальная электроэнергетическая сеть в технологической платформе Smart Grid / Н. И. Смоленцев и др. // Электрика. – 2011. – № 8. – С. 25 – 28.
3. **Алексеев, Б. А.** Применение накопителей энергии в электроэнергетике / Б. А. Алексеев // Электро. – 2005. – № 1. – С. 42 – 46.

**СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА СИНХРОННОГО ВРАЩЕНИЯ
СКИПОВОГО ПОДЪЕМНИКА ДОМЕННОГО ЦЕХА № 1 ПАО «НЛМК»
В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

denis-shishlin@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

В системах управления двухдвигательными электроприводами, важнейшим критерием устойчивости работы модели является синхронность вращения роторов, в независимости от различных динамических возмущений, т.е. резкое изменение момента сопротивления на валу, приводимое к рассогласованию скоростей.

Для обеспечения согласованного вращения электродвигателей при неодинаковых нагрузках разработана модель двухдвигательного электропривода в прикладном пакете MatLab.

Рассматривается функциональная работа системы по принципу ведущий – ведомый, т.е. основным элементом является блок коррекции с датчиком расчета ошибки по рассогласованию. Датчик производит обработку и сравнение величины ошибки, снятых текущих показаний датчиков скорости установленных на валах электрических машин. Полученный результат преобразуется в коэффициент рассогласования и задает корректирующее воздействие в задатчик интенсивности, который корректирует скорость первого электропривода относительно второго.

В результате введения блока коррекции достигнуто снижение ошибки по рассогласованию скоростей вращения двигателей около 80 %.

Для обеспечения максимального снижения бросков момента и, соответственно пускового тока, до достижения номинальной скорости электродвигателей проведена оптимизация работы системы управления по формированию управляющего сигнала.

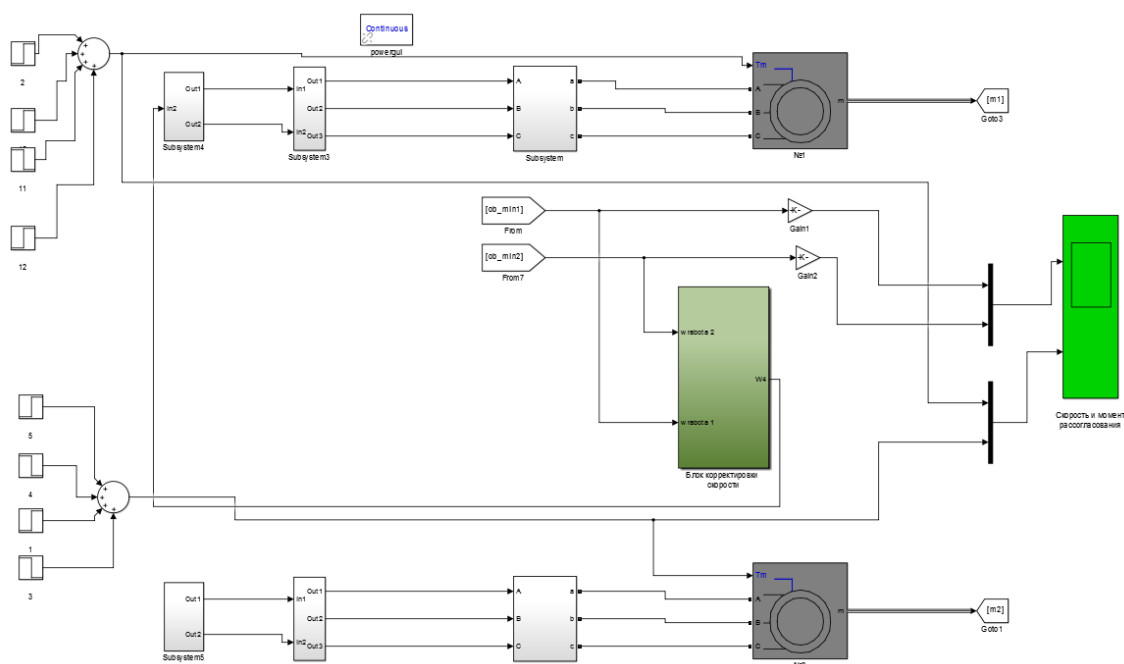


**Рис. 1. Модель двухдвигательного электропривода
согласованного вращения в скалярной системе управления**

По результатам моделирования достигнуто ограничение бросков момента, что привело к снижению динамических нагрузок на трансмиссионную часть электропривода при пуске. Кроме того, резкое изменение динамических нагрузок, приводящее к броскам тока в силовой цепи, при мощности двигателей более 0,5 МВт негативно влияет на работу системы загрузки доменной печи.

Библиографический список

1. **Герман-Галкин, С. Г.** Электрические машины : лабораторные работы на ПК / С. Г. Герман-Галкин, Г. А. Кардонов. – СПб. : КОРОНА принт, 2003. – 256 с.
2. **Агроник, С. Г.** Электрическое оборудование доменных цехов : учеб. пособие / С. Г. Агроник, М. Ю. Блатт, С. П. Скрыльников. – М. : Металлургия, 1966. – 196 с.
3. **Левин, П. Н.** Управление электроприводами : метод. указания к курсовому проекту для студентов по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и заочной форм обучения / сост. П. Н. Левин. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2014. – 79 с.

4. **Соколовский, Г. Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для студентов высших учебных заведений / Г. Г. Соколовский. – М. : Академия, 2006. – 272 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Д. И. Шишлина*

А. М. Мачихин, А. С. Филиппов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Тамбовский государственный технический университет

Технико-экономические характеристики автономных электростанций, использующих биотопливо, зависят от многих факторов, важнейшими из которых являются топливная составляющая в стоимости электроэнергии, затраты на энергетическое оборудование и его эксплуатацию и другие [1 – 3].

Объем капиталовложений в вариант системы электроснабжения от газогенераторной станции, работающей на биомассе, зависит от следующих показателей: варианта исполнения газогенераторной установки, расходов на транспортировку оборудования, расходы на строительно-монтажные, пуско-наладочные, проектно-конструкторские работы.

Зависимость, позволяющая оценивать объем капиталовложений в исследуемые объекты, представляется в виде выражения, тыс. руб.

$$K = N_{\text{уд}} K_{\text{уд.уст}} + K_{\text{тр}}(m, s) + \Pi,$$

где $N_{\text{уд}}$ – установленная мощность газогенератора, кВт; $K_{\text{уд.уст}}$ – удельная стоимость 1 кВт установленной мощности, руб./кВт; $K_{\text{тр}}(m, s)$ – расходы по транспортировке газогенератора, зависящие от массы оборудования (m) и дальности транспортировки (s); Π – прочие расходы (расходы на строительно-монтажные, пуско-наладочные, проектно-конструкторские работы). Эксплуатационные затраты $3(N_{\text{ГГ}}) \cdot 10^3$, руб./год, при эксплуатации одного агрегата газогенератора можно определить из выражения

$$З(N_{ГГ}) = \alpha K + F(N_{ГГ}) + З_{топ},$$

где α – коэффициент амортизационных отчислений (на капитальный ремонт и реновацию, расходы на эксплуатацию) от капиталовложений, принят 4 % в год; $F(N_{ГГ})$ – среднегодовой фонд заработной платы, в зависимости от мощности газогенератора и соответственно численности обслуживающего персонала в течение срока эксплуатации оборудования; $З_{топ}$ – затраты на топливо.

Для газодизельного варианта исполнения электростанции

$$З_{д.топ} = В_{биом} Ц_{м.биом} + В_{диз} Ц_{ГСМ},$$

где $Ц_{м.биом}$ – преysкурantная цена биомассы, руб./кг; $Ц_{ГСМ}$ – стоимость ГСМ (дизельного топлива и масла) для конкретных децентрализованных потребителей; $В_{диз}$, $В_{биом}$ – расход топлива на выработку электроэнергии.

Для газогенераторной электростанции

$$З_{д.топ} = В_{биом} Ц_{м.биом},$$

где $Ц_{м.биом}$ – преysкурantная цена биомассы, руб./кг; $В_{биом}$ – расход топлива на выработку электроэнергии

$$В_{биом} = W_{год} b_{э}^{биом},$$

где $W_{год}$ – годовая выработка электроэнергии на газопоршневой станции, кВт·ч; $b_{э}^{биом}$ – удельный расход биомассы, кг/кВт·ч.

Эффективность работы газогенераторной электростанции можно оценивать по величине общего (годового) экономического эффекта (ОЭЭ), обусловленного экономией дизельного топлива, тыс. руб.

$$ОЭЭ = В_{диз} Ц_{ГСМ} - З(N_{ГГ}),$$

где $Ц_{ГСМ}$ – стоимость ГСМ (дизельного топлива и масла) для конкретных децентрализованных потребителей, тыс. руб./т; $З(N_{ГГ})$ – годовые затраты на эксплуатацию газогенераторной электростанции, руб.; $В_{диз}$ – объем сэкономленного топлива, обусловленного применением газогенератора, тонны.

Так как Тамбовская область обладает большим потенциалом использования биомассы, то проведение исследований по оценке эффективности использования газогенераторных электростанций имеет практическое значение.

Библиографический список

1. **Максимов, Б. К.** Расчет экономической эффективности работы электростанций на рынке электроэнергии / Б. К. Максимов, В. В. Молодюк. – М. : Изд-во МЭИ, 2002. – 121 с.
2. **Технологии** и оборудование возобновляемой энергетики. Каталог технологий и изделий, разработанных и производимых в системе ГНУ ВИЭСХ. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2003. – 32 с.
3. **Лабейш, В. Г.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / В. Г. Лабейш. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 38 с.

И. В. Мещеряков, М. С. Демидов, А. П. Пудовкин

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОАНТЕНН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Monolit1911@mail.ru, weramask2@yandex.ru, resbn@jesby.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Получение и использование альтернативной и бесплатной электроэнергии является одной из проблем современной энергетики. В настоящее время становятся все доступней и популярней солнечные элементы, основанные на явлении фотоэффекта. Их КПД обычно составляет не более 20 %. Однако существует и другой способ преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью наноантенн, которые имеют КПД порядка 80 % [1].

Наноантенна – антенное устройство, предназначенное для преобразования энергии солнечного излучения в электрический ток. Данное устройство работает, как и многие антенны, по принципу выпрямления, но в отличие от традиционных антенн, работает оно в оптическом диапазоне длин волн [2, 3]. Исходя из теории антенн, наибольшая эффективность приема или передачи достигается при длине антенны равной половине длины волны излучения. Отсюда следует, что такие антенны должны иметь размеры несколько сотен нанометров. По этой причине наноантенна имеет размеры, не превышающие сотен микрон в длину (пропорционально длине волны), а в ширину – не более, и даже менее, 100 нанометров. Например, наноантенны в виде диполей из нанотрубок

для работы на частотах в сотни гигагерц, относятся именно к таким антеннам. Это создает определенные проблемы при их изготовлении, т.к. метод электронно-лучевой литографии достаточно долгий и дорогостоящий и актуален только для лабораторных исследований.

Хотя современные технологии при таких малых размерах позволяют с достаточной точностью изготовить наноантенны методом фотолитографии или использовать в производстве рулонный метод. Также при проектировании размеров нужно учитывать СКИН-эффект, который заметно проявляется на высоких частотах. Но главная проблема кроется в выпрямляющих диодах. На таких коротких волнах обычные диоды не подходят из-за их малой максимальной допустимой частоты переключения. Диоды Шоттки также имеют недостаток из-за возникающей паразитной емкости на высоких частотах. Сейчас в наноантеннах применимы только диоды с туннельным эффектом на основе структуры МДМ (металл-диэлектрик-металл). Хотя и их частотный предел лежит ниже эффективных частот оптического излучения с максимальной интенсивностью.

Современные наноантенны производятся методом электронно-лучевой литографии, которая требуется для производства туннельных диодов. Преимуществом наноантенн над полупроводниковыми фотоэлементами является то, что можно довольно легко разработать матрицы наноантенн, рассчитанных на произвольную частоту света. Простым выбором размера наноантенны в матрицы ее резонансная частота может быть настроена на поглощение определенной длины волны света (шкала резонансной частоты примерно линейно зависит от размера антенны). Это большое преимущество над полупроводниковыми солнечными батареями, так как в них для того, чтобы изменить длину волны поглощаемого света, необходимо изменить ширину запрещенной зоны полупроводника. А для того, чтобы изменить ширину запрещенной зоны, полупроводник должен быть особым образом легирован, либо нужно вообще использовать другой полупроводник [4].

Экономический эффект от внедрения наноантенн предвидится колоссальный. В сравнении с кремниевыми фотоэлементами, стоимость одного квадратного метра материалов для наноантенн на два порядка ниже (кремниевые – 1000 долл., альтернатива – от 5 до 10 долл.). Таким образом, с большой вероятностью можно утверждать, что в будущем наноантенны смогут питать электромобили, заряжать мобильные телефоны, снабжать электроэнергией дома.

Библиографический список

1. **Глущенко, А. Г.** Наноматериалы и нанотехнологии : учеб. пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. – Самара : ФГОБУВО ПГУТИ, 2017. – 269 с.
2. **Пудовкин, А. П.** Основы теории антенн: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2011. – 92 с.
3. **Панасюк, Ю. Н.** Устройства сверхвысоких частот : учеб. пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2015. – 80 с.
4. **Панасюк, Ю. Н.** Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс, мультимедиа] : учеб/ пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 270 с.
5. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.
6. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

А. Ю. Мещеряков

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЛИФТОВОЙ ЛЕБЕДКИ НА ОСНОВЕ ТИХОХОДНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

mayu91@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Наиболее перспективными к массовому применению системами ЭП лифтовой лебедки являются на данный момент безредукторные асинхронные ЭП с частотным управлением. В сравнении с редукторными ЭП они отличаются большим КПД, высокой надежностью и регулировочной способностью.

Современные тенденции передовых разработок в сфере безредукторных электроприводов лифтовых лебедок зарубежных научных и производственных предприятий больше склоняются к отказу от асинхронных двигателей в пользу синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ), в то время как в отечественных разработках большее применение находят тихоходные асинхронные двигатели (ТАД). Системы управления таких ЭП строятся в большинстве случаев с применением векторной системы управления, просматривается актуальность направления по улучшению энергетических показателей систем безредукторного ЭП лебедки с ТАД.

Применение в современных исследованиях новых алгоритмов управления (прямого управления моментом (ПУМ), нечетких регуляторов) для редукторных и классических приводов различных механизмов позволяет оценить актуальность таких разработок в применении к безредукторному ЭП лифтовой лебедки на основе ТАД.

В результате исследования скоростных, механических, гармонических и энергетических характеристик системы управления с ПУМ в сравнении с классической векторной системой управления можно судить о том, что:

- система с ПУМ отличается от векторной системы управления меньшими колебаниями по ускорению, и, как следствие, по электромагнитному моменту. Такой эффект снижает вероятность возникновения колебательного характера движения кабины, что повышает надежность и комфортабельность перемещения;

- система с ПУМ характеризуется лучшим регулированием ускорения, отсутствием перерегулирования по скорости и большей точностью позиционирования кабины. Такая работа СУ приводит к повышению регулировочной способности, надежности и комфортабельности передвижения.

- алгоритм ПУМ в системе управления приводом увеличивает уровень суммарных гармонических искажений, что негативно влияет на электрооборудование системы, ускоряя его старение, увеличивая потери в стали ТАД;

- оптимизация закона формирования импульсов инвертора напряжения при применении ПУМ количественно снижает потребление приводом как активной, так и реактивной мощности, а также приводит к увеличению коэффициента мощности привода. При дальнейшей разработке систем управления безредукторным ЭП лифтовой лебедки предлагается перейти к исследованию ПУМ в двух- и трехмассовой механической системе лебедки лифта, оценить ее

надежность и уровень колебательных процессов кабины лифта при таком управлении. Кроме того, рекомендуется рассмотреть применение алгоритмов нечеткого ПУМ в приводе с ТАД.

Библиографический список

1. **Галкин, А. А.** Исследование безредукторного электропривода лифта с низкоскоростным асинхронным двигателем : дисс. на соискание степени кандидата технических наук. – М., 2012. – 142 с.

2. **Синюков, А. В.** Моделирование системы прямого управления моментом асинхронного двигателя / А. В. Синюков, Т. В. Синюкова // Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. (Липецк, 24–25 мая 2016 г.). – 2016. – С. 61 – 63.

3. **Мещеряков, В. Н.** Устройство компенсации гармонических искажений тока в системах с тиристорным преобразователем напряжения / В. Н. Мещеряков, А. М. Евсеев // Электротехнические системы и комплексы. – 2017. – № 3 (36). – С. 4 – 10.

4. **Мещеряков, В. Н.** Векторная система управления вентильным электроприводом на базе автономного инвертора напряжения с релейным регулированием входного тока инвертора и фазных токов статора / В. Н. Мещеряков, В. Н. Воеков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Энергетика. – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 48 – 57.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Т. В. Синюковой*

А. Ю. Митрохин

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

toxa022@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

В контексте развития интернета вещей (IoT) говорят о самых разных устройствах, способных отправлять собранные данные через интернет. Большим

сегментом применения технологий IoT является электроэнергетика. Сбор параметров электрических сетей может помочь повысить надежность всех их элементов, оптимизировать нагрузку на инфраструктуру. В итоге за счет сенсорных сетей и обработки данных с них как эксплуатационные расходы, так и затраты на ремонт (за счет систем дистанционного мониторинга, систем «самодиагностики») сократятся.

В описании применений IoT в электроэнергетике часто можно услышать словосочетание «интеллектуальные сети». Это небольшая спекуляция с термином «интеллектуальный», но в данном случае она оправдана. Вообще, интеллектуальным может называться только то, что обладает интеллектуальным поведением. Уровни интеллекта, конечно, бывают разные. Но есть базовые вещи: способность рассуждать, целеполагание, способность адаптироваться к изменяющимся условиям и так далее. Применительно к электроэнергетике, скорее, речь идет не об интеллекте как таковом, а о способности сетей автоматически информировать о своем состоянии, то есть о количестве потребляемой энергии, ее распределении, об аварийных или внештатных ситуациях и так далее. Другими словами, сеть выполняет часть работы, которую раньше делал обслуживающий персонал. В основном это касается сбора данных.

На уровне возможностей для потребителей энергии появляются новые сервисы. Большая часть из них связана с тем, что у потребителей появляется возможность следить за потреблением электроэнергии в реальном времени и с максимальной детализацией, вплоть до конкретного устройства. Если говорить о крупных потребителях, таких как предприятия или бизнес-центры, то они могут отслеживать недобросовестных арендаторов. Например, можно выявить тех, кто перебирает с электроэнергией, подключает более мощные устройства, чем это разрешено. Также становится возможным точнее определять пиковые нагрузки. А конечные пользователи смогут планировать более равномерное использование энергии, избегая одновременного включения нескольких мощных устройств, а также автоматически переключать оборудование на работу по более дешевым тарифам в ночное время.

Всем участникам рынка энергетики и конечным пользователям необходимы примеры, которые бы проиллюстрировали реальную экономию. По оценкам PwC, экономический эффект от внедрения IoT в электроэнергетике до 2025 г. в России может составить около 532 млрд руб. Постепенно, когда

представители сетевых компаний увидят выгоду от вложений в IoT-инфраструктуру, количество таких устройств будет увеличиваться. То же самое мы видели, например, со светодиодным освещением. Еще несколько лет назад это была экзотика, а сейчас, так как бизнес осознал и на своем опыте проверил снижение издержек, светодиоды на каждом шагу.

Библиографический список

1. **Черняк, Л.** Платформа Интернета вещей. Открытые системы / Л. Черняк // СУБД. – 2012. – № 7.

А. А. Молоканов

АСКУЭ. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА БАЗЕ ТАМБОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

molokanov-alexandr@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Проблема энергосбережения в последние годы является одной из важнейших задач, стоящих перед современным предприятием. В условиях рыночной экономики каждый лишний киловатт-час электроэнергии ложится на себестоимость продукции и, в конечном счете, приводит к снижению ее конкурентоспособности.

Решение этой проблемы связано с выполнением ряда составляющих энергосбережения: контроля, учета и анализа потребления электроэнергии, внедрение сберегающих технологий и оборудования. Автоматизированная Система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) направлена на обеспечение контроля работы всего энергетического оборудования, а также комплексный и одновременно технический учет электроэнергии. Данная система разработана в целях применения на промышленных предприятиях, электростанциях и снабжающих электроэнергией организациях. В основе построения данной системы лежит связь счетчика-коммуникатора с другими подключенными к нему счетчиками, а также непосредственно с центральным управляющим сер-

вером, который принимает все информацию, идущую от счетчиков. Большим плюсом данной системы является то, что счетчик-коммуникатор заменил собой многие устройства, используемые до этого. АСКУЭ является специальной системой автоматизированного управления электроснабжением, в состав которой входят только информационные функции, а именно:

- централизованный контроль и измерение технологических параметров электроснабжения;
- косвенное измерение (вычисление) параметров электроснабжения (технико-экономических показателей, внутренних переменных);
- удаленное управление объектами электроэнергохозяйства; формирование и выдача данных оперативному персоналу;
- подготовка и передача данных в смежные и вышестоящие системы управления (бухгалтерия, плановый отдел);
- обобщенная оценка и прогноз состояния автоматизированного технологического комплекса (АТК) и его оборудования.

В ТГТУ реализуется проект «умный корпус». Основной целью проекта является создание комплексной автоматизированной системы, предназначенной для решения задач оперативного контроля и централизованного управления всеми инженерными системами и технологическими процессами учебного корпуса, и обеспечивающей современный уровень гарантий исправности работы всех инженерных систем здания, оптимальные режимы эксплуатации и экономичное потребление внешних энергоресурсов.

В состав проектируемой автоматизированной системы входят:

- подсистема автоматического регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования;
- подсистема горячего и холодного водоснабжения и водоотведения;
- подсистема электроснабжения;
- подсистема охранной, пожарной сигнализации и пожаротушения;
- подсистема контроля за автоматизированными инженерными системами зданий;
- подсистема управления вспомогательными службами, информации и связи.

Применение данной системы на базе университета в первую очередь позволяет экономить и оптимально распределять энергоресурсы, во вторую очередь дает возможность студентам Института Энергетики поработать с данной системой, а именно произвести индивидуальную настройку, дополнить систему своими элементами, на основе полученных статистических данных формировать выводы и гипотезы по поводу дальнейшего развития системы.

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

И. А. Новиков, Н. М. Рязанов

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОБЪЕКТОВ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет

С расчета электрических нагрузок начинается проектирование систем электроснабжения (СЭС) всех строящихся жилых и общественных зданий [1, 2], объектов коммунально-бытового назначения, микрорайонов и городов в целом [3]. Ошибка в этих расчетах, как в большую, так и в меньшую сторону может привести к значительным последствиям. Так ошибка в РЭН в сторону уменьшения, может привести к повышенному износу изоляции токоведущих элементов и как следствие – сокращению срока службы электрооборудования.

И, наоборот, завышение расчетной электрической нагрузки над действительной может привести к значительному увеличению капитальных затрат в строительство и срока сооружения объекта, недоиспользованию всех электро-технических возможностей оборудования и токопроводящих элементов, что в свою очередь напрямую противоречит статье 13 Федерального закона Российской Федерации от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»: «Статья 13. Требования энергетической эффективности зданий и сооружений. Здания и сооружения должны быть спроектированы и построены таким образом, чтобы в процессе их эксплуатации обеспечивалось эффективное использование энергетических ресурсов и исключался нерациональный расход таких ресурсов».

Основными причинами завышения электрических нагрузок, рассчитанных по методу упорядоченных диаграмм, являются:

- неправильное определение средней компоненты расчетной нагрузки из-за использования справочных данных коэффициентов использования $k_{\text{и}}$ характерных категорий электроприемников;
- старение справочных данных, в связи с появлением нового электрооборудования и новых видов производств;
- в качестве расчетной мощности используется средняя мощность за $T_{\text{оср}}$, а не эффективная, которая пропорциональна потерям в проводнике;
- использование 30-минутного интервала осреднения $3T_{\text{н}}$, которое справедливо для проводов и кабельных линий сечением менее 25 мм^2 , для которых $T_{\text{н}}$ близко к 10 мин. Поэтому при выборе других сечений кабелей, других элементов с другой постоянной нагрева, необходимо применение формул пересчета;
- при построении зависимости $K_{\text{м}} = f(n_{\text{э}}, k_{\text{и}})$, предполагается, что коэффициент загрузки электроприемника $K_{\text{з}} = 0,8$, что является завышенным значением для большинства электроприемников [4];
- допущения, о независимости режимов работы отдельных электроприемников, о том, что закон распределения электрической нагрузки соответствует распределению Гаусса [5].

Таким образом, при расчете электроснабжения объектов коммунально-бытового назначения требуется учитывать характер нагрузки с использованием методов теории вероятности, а также требуется проведение дополнительных исследований для уточнения коэффициентов загрузки электроприемников.

Библиографический список

1. **Нормативы** для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети. Изменения и дополнения раздела 2 «Расчетные электрические нагрузки» Инструкции по проектированию городских электрических сетей РД 34.20.185-94 (утв. Приказом Минтопэнерго РФ от 29.06.1999 № 213) – М. : Моск. науч.-техн. общество энергетиков и электротехников, 1999. – 13 с.

2. **СП 42.13330.2011.** Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М. : Минрегион России, 2010. – 110 с.

3. **РД 34.20.185-94.** Инструкция по проектированию городских электрических сетей. – М. : Мин-во топлива и энергетики РФ, 1994. – 29 с.

4. **Волобринский, С. Д.** Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий / С. Д. Волобринский. – Л. : Энергия, 1976. – 128 с.

5. **Шидловский, А. К.** Инерционный метод расчета электрических нагрузок / А. К. Шидловский, Э. Г. Куренный, Е. Н. Дмитриева, А. А. Пожидаев // Препр. АН Украины. Ин-т электродинамики. – Киев, 1983. – 16 с.

А. Н. Нури, В. Н. Шамкин, Н. Г. Чернышов

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ УДАЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ayat_nzar@yahoo.com

Тамбовский государственный технический университет

Для оценки параметров технологических объектов применяются различные датчики, сигналы от которых несут информационную составляющую о состоянии технологического объекта. Эти сигналы должны затем быть преобразованы в цифровую форму в целях дальнейшей их обработки [1]. В связи с этим важным является вопрос корректного преобразования этих аналоговых сигналов в цифровую форму.

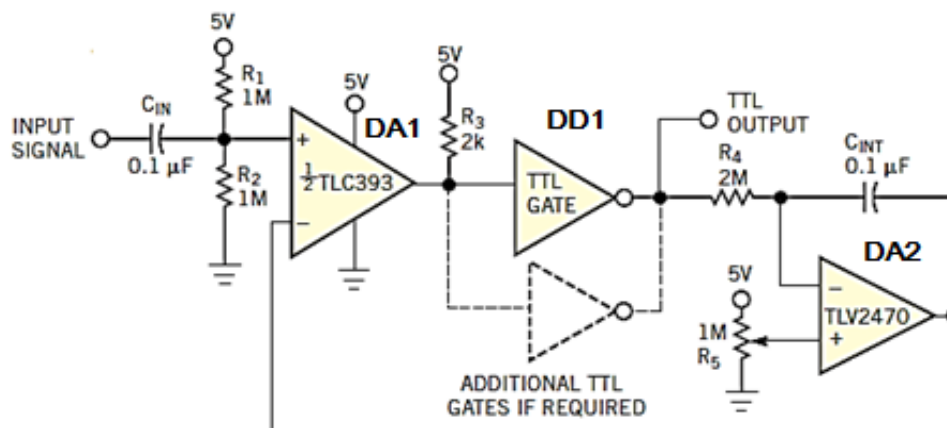


Рис. 1. Схема преобразователя сигналов

На рисунке 1 приведена схема преобразователя аналоговых сигналов в цифровую форму. Преобразователь осуществляет формирование сигнала TTL уровней по входящим периодическим аналоговым сигналам, поступающим от датчиков технологического объекта.

Рассмотрим работу схемы преобразователя. Входной сигнал датчика технологического объекта поступает на вход компаратора DA1. Конденсатор C_{IN} изолирует вход компаратора от постоянной составляющей напряжения. Резисторы R_1 и R_2 задают на входе компаратора напряжение $V_{CC}/2$. Также конденсатор C_{IN} образует фильтр высоких частот, препятствующий проникновению на вход преобразователя низкочастотных помех. Величина емкости конденсатора V_{IN} определяется частотой выходного сигнала датчика.

Сигнал датчика технологического объекта поступает на неинвертирующий вход компаратора. На инвертирующий вход DA1 подается опорное напряжение с выхода интегратора, собранного на операционном усилителе DA2. Точное соотношение ширины импульсов задается с помощью резистора R_5 . Обычно оно составляет 50 %.

Стабильность и точность работы преобразователя определяется также качеством источника питания.

Проектирование преобразователя сигналов в системах мониторинга параметров удаленных технологических объектов является одним из важных моментов разработки систем удаленного мониторинга объектов и при решении всех схемотехнических задач обеспечивает максимально точную информацию о текущем состоянии технологического объекта.

Библиографический список

1. **Shepherd, W.** Power converter circuits : book / W. Shepherd, L. Zhang. – N.Y. : Marcel Dekker Inc., 2004. – 554 p.
2. **Чернышова, Т. И.** Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 532 – 537.

3. Данилов, С. Н. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

4. Чернышова, Т. И. Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

Д. О. Пантин

ПРИМЕНЕНИЕ РС-ГАСИТЕЛЕЙ В СХЕМАХ С ВАКУУМНЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ В ЦЕЛЯХ ИСКЛЮЧЕНИЯ РАННЕГО СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Panti4.95@mail.ru

Ухтинский государственный технический университет

Коммутационные аппараты – важнейшее электрооборудование на любом предприятии. Их выбор осуществляется, исходя из номинальных параметров нагрузки, к которой аппараты подсоединены. Большое количество оборудования работает за счет высоковольтных двигателей (6...10 кВ). Такие двигатели пускают и останавливают с помощью выключателей. По статистике для выключения напряжения 6...36 кВ наибольшее распространение получают вакуумные выключатели [1].

Однако при использовании вакуумных выключателей возможны большие перенапряжения, что может приводить к повреждению изоляции. Перенапряжения могут возникать в следующих случаях: при срезе тока до его нулевого значения, а также при эскалации напряжения. В любом из случаев возникновения перенапряжений существует большая амплитуда и частота напряжения.

Для борьбы с перенапряжениями, как правило, применяют ограничители перенапряжения (ОПНы) [1]. Однако ОПН не мгновенно справляется с перенапряжениями. Пример эскалации напряжения при использовании ОПН представлен на рис. 1. В момент коммутации, пока восстанавливающееся напряже-

ние остается выше прочности межконтактного промежутка, происходят его многократные повторные пробои, создающие серию импульсов перенапряжений с крутым фронтом. Через некоторое время перенапряжения поднимаются до защитного уровня напряжения ОПН и эскалация прекращается.

Согласно [1] испытательное напряжение для электродвигателей напряжением 10 кВ составляет 16 кВ. При этом кратность ограничения коммутационных перенапряжений у применяемых ОПН составляет $2,6 \dots 2,8 U_n$, что соответствует 26...28 кВ. Таким образом, во время перенапряжений в электрической сети на статорные обмотки электродвигателя действует напряжение, значительно превышающее испытательное напряжение и номинальные параметры. Чтобы этого не происходило, предлагается вместо ОПН внедрить демпфирующие RC-цепи, реализованные в RC-гасителях.

Действие устройства основано на ограничении амплитуды перенапряжений за счет уменьшения волнового сопротивления защищаемого объекта с помощью емкости и устранения многократных повторных зажиганий дуги в выключателе с помощью активного сопротивления.

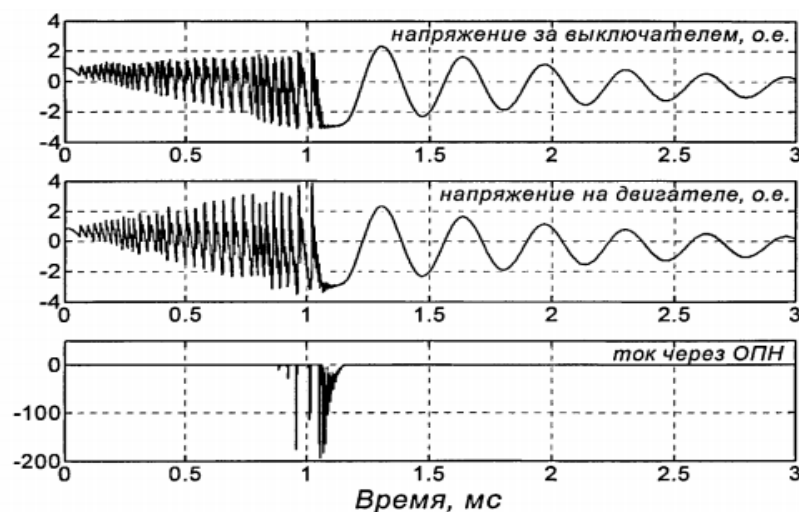


Рис. 1. Эскалация напряжения при использовании ОПН

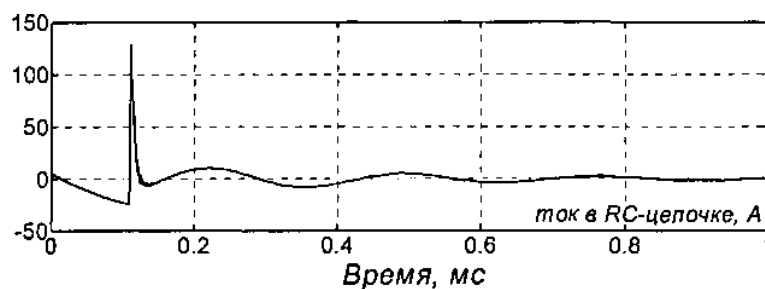


Рис. 2. Осциллограмма тока при использовании RC-гасителя

Возникающий при пробое вакуумного промежутка ток вследствие быстрого затухания его высокочастотной составляющей не переходит через нулевое значение (рис. 2). Отключение фазы происходит через полупериод промышленной частоты и не сопровождается опасными для изоляции электродвигателя перенапряжениями. В случаях, связанных хотя бы с одним повторным зажиганием дуги, установка защитной RC-цепочки на выводы электродвигателей не приводит к переходу полного тока через ноль, что, соответственно, исключает эскалацию перенапряжений.

Предлагаемые к применению RC-цепи имеют кратность ограничения коммутационных перенапряжений равную 1,4...1,6 U_n . Это позволяет существенно снизить уровень повышенного напряжения, воздействующего на обмотки электродвигателя, понизив его до уровня испытательного напряжения.

Библиографический список

1. **Кудрин, Б. И.** Электроснабжение / Б. И. Кудрин. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 352 с.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателей Е. В. Тетеревлевой и К. Е. Чаадаева*

В. В. Пикалов, А. М. Евсеев, А. И. Бойков, Р. Н. Белокопытов

ИНВЕРТОР ТОКА НА ОПТОТИРИСТОРАХ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В УЗКОМ ДИАПАЗОНЕ

Wreditels@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Приводы различных промышленных механизмов, в основе которого лежит асинхронная электрическая машина, на многих предприятиях составляют основу технологического оборудования и, как следствие, являются основными потребителями электрической энергии из промышленной сети. Поэтому становится важной задачей совершенствование электроприводов, повышение их на-

дежности, упрощение элементной базы, позволяющее снизить затраты на ремонт и обслуживание. Для решения ряда вышеуказанных задач предлагается использовать инвертор тока.

При включении в систему управления оптотиристорами контроллера ATmega48 появляется возможность изменения выходной частоты. Преимущества использования данного решения заключаются в более высокой надежности, ввиду опторазвязки цепи управления от силовой цепи, а также в низкой стоимости контроллера системы управления. Применяя данное решение, получаем осциллограмму выходного сигнала близкую к синусоидальной.

Регулирование осуществляется в узком диапазоне: от 15 до 60 Гц. Сужение данного диапазона регулирования обусловлено условиями запираания полупроводниковых силовых элементов. При увеличении частоты в цепи управления силовые ключи не запираются, что приводит к короткому замыканию в звене постоянного тока.

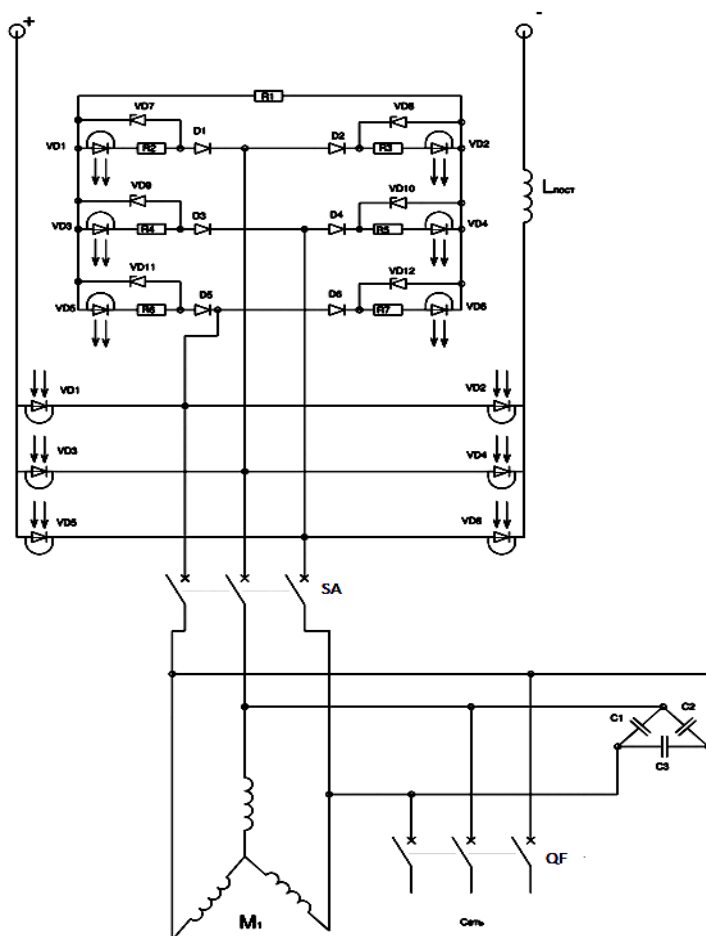


Рис. 1. Схема питания асинхронного двигателя от трехфазного инвертора тока

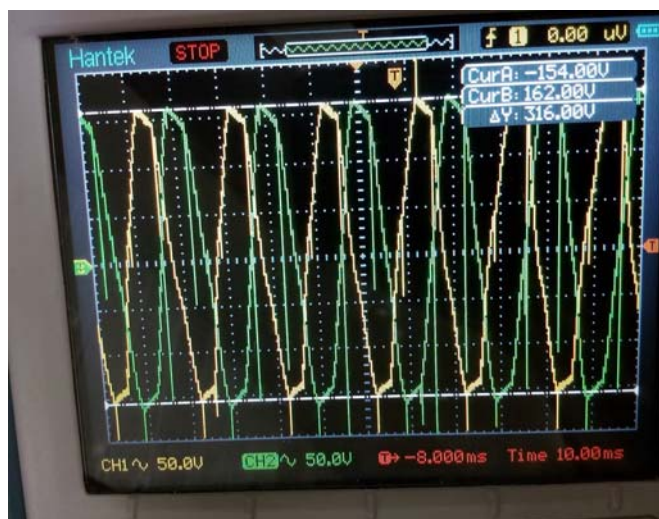


Рис. 2. Осциллограмма выходного сигнала

Данное решение целесообразно применять в установках, где необходимо регулировать частоту вращения асинхронной машины в небольших диапазонах.

Библиографический список

1. **Мещеряков, В. Н.** Системы регулируемого асинхронного электропривода для подъемно-транспортных механизмов : монография / В. Н. Мещеряков. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2006. – 105 с.
2. **Мещеряков, В. Н.** Динамика электромеханических систем подъемно-транспортных механизмов с асинхронным электроприводом : монография / В. Н. Мещеряков. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2002 – 120 с.
3. **Бойков, А. И.** Системы управления асинхронной машиной с фазным ротором с вентильными преобразователями в цепи ротора / А. И. Бойков, А. А. Муравьев // Материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (25 – 27 октября 2017 г.). В 2-х ч. Ч. 2. – 2017. – С. 159 – 163.
4. **Мещеряков, В. Н.** Электроэнергетическая установка на базе машины двойного питания с релейной системой управления возбуждением / В. Н. Мещеряков, А. А. Муравьев // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2017. – № 6. – С. 26 – 32.

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

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

politova-a.r@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

В России пока еще не выработаны рыночные механизмы, которые могли бы оказывать должное влияние на отношение общества к проблеме повышения эффективности использования энергоресурсов. Повышение эффективности использования энергоресурсов напрямую зависит от населения нашей страны.

Каждый человек, независимо от социального статуса, сферы жизни, абсолютно любое предприятие, наше государство в целом – потребители энергоресурсов. Поэтому в первую очередь населению нужно задуматься о возможных последствиях.

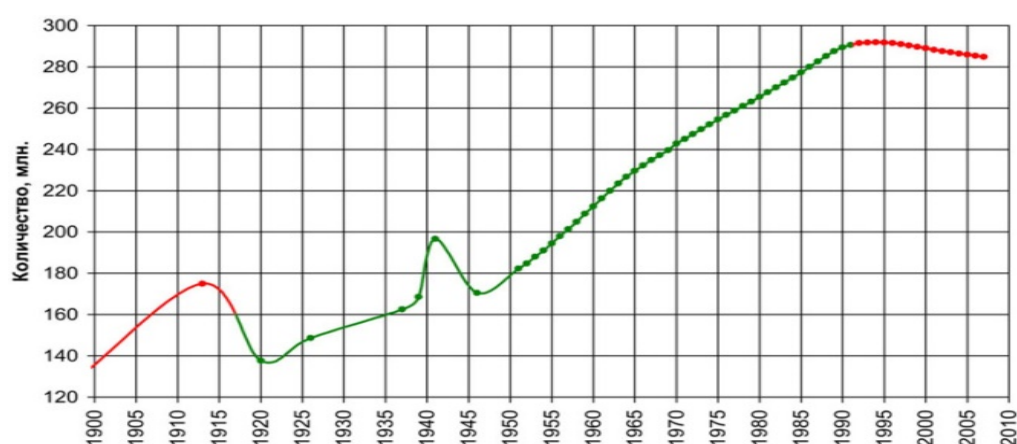


Рис. 1. Статистика численности населения

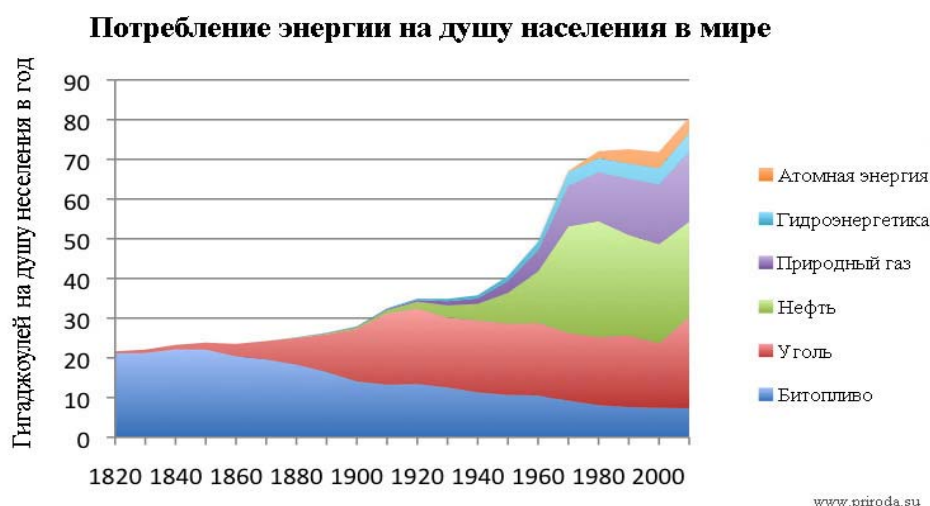


Рис. 2. Статистика потребления энергоресурсов



Рис. 3. Рост тарифов на услуги ЖКХ

Активный рост потребления энергии, привел к дефициту энергоресурсов, а, следовательно, к резкому повышению тарифов на них. Результатом является снижение конкурентоспособности продукции отечественной промышленности и оказываемых ею услуг. В нашей стране на протяжении определенного периода происходит экономический кризис, который мы сами создали, и предотвратить его, соответственно, можем только мы.

Для рационального расхода электроэнергии населению необходимо правильно использовать осветительные установки. Разработка устройств для своевременной чистки осветительных приборов и замены ламп значительно сократит расход электроэнергии. Мероприятия по наибольшему использованию естественного освещения также приведут к экономии электроэнергии, так как сократится длительность горения ламп. Немало энергии тратится на отопление жилья. Поэтому необходимо применение новых технологий, которые уменьшат потребление электроэнергии и теплопроводность.

Большинство из нас склонны оставлять осветительные установки в рабочем режиме в помещениях, в которых мы отсутствуем. Поэтому населению нашей страны нужно прививать нормы грамотности в использовании бытовых приборов.

Пропагандирование темы эффективного использования энергоресурсов может привлечь внимание общественности, вызвать интерес у населения, способствовать содействию людей в решении общей проблемы нашей страны, тем самым выйти на новый уровень жизни.

Библиографический список

1. <https://al-lobanov.livejournal.com/296979.html> (дата обращения: 27.12.2017).
2. <http://ecoenergy.org.ua/energeticheskie-novosti/skachok-potrebleniya-energii-v-mire.html> (дата обращения: 27.12.2017).
3. http://altegra-nsk.ru/page/grafik_kommunalnoi_infrastrukturi/ (дата обращения: 27.12.2017).
4. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.
5. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381 – 387.
6. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

М. А. Пронин

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

mapronin48@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

Определение технического состояния электрооборудования подстанций и электрических сетей, а также его прогнозирование на сегодняшний день является достаточно сложной задачей, не имеющей однозначного точного решения. С одной стороны, существует недостаток как статистических данных для обработки, так и самой диагностической информации с объектов. Кроме того, любая

система электроснабжения подвержена негативным случайным (либо находящимся за границами самой системы) воздействиям, которые вносят значительные погрешности (вплоть до полностью неверных результатов) в определении технического состояния электрооборудования.

В отличие от других типов оборудования и сетей, повреждение мощных силовых трансформаторов влечет следующие последствия: длительная работа оборудования и электрических сетей в режиме перегрузки (на время замены или ремонта трансформатора); значительные затраты на восстановление нормальной работоспособности системы; возможность дальнейшего развития аварии. Существующие средства технической диагностики не дают целостной картины о наличии или развитии дефекта в трансформаторах, кроме того, отсутствуют полноценные методики анализа полученных разными средствами диагностических данных. Разработка системы непрерывного наблюдения (мониторинга) должна давать решение следующих задач: определение текущей стадии развития дефекта трансформатора (отсутствует, начальная, средняя, развившийся дефект); характер повреждения; дата и время выхода из строя трансформатора. При этом система должна быть достаточно простой (как в монтаже и эксплуатации, так и в обработке получаемой информации), и при этом давать ответы на поставленные задачи.

Для мониторинга предлагается использовать следующие диагностически значимые параметры: токи по фазам I_a , I_b , I_c (усредненный фазный ток I_{avg}); температура окружающей среды t_0 ; температура масла t_m (в любой неизменной точки, либо температура бака трансформатора); превышение температуры масла над температурой окружающей среды Δt .

При этом для исправного трансформатора должны быть известны сочетания параметров Δt как функции I_{avg} . Так как выход любого из этих параметров за пределы функциональной зависимости может являться следствием начала развития дефекта, необходимо построить следующий алгоритм:

- Δt как функция I_{avg} выполняется (норма). Периодичность хроматографического анализа трансформаторного масла выполняется по регламенту;
- зависимость Δt оказывается выше функции (аномальный нагрев): проводится внеплановое исследование масла для выявления характера повреждения;
- один из токов I_a , I_b , I_c оказался выше номинального (режим перегрузки или замыкания): проводится внеплановое исследование масла для анализа отсутствия дефектов;

– t_m выше допустимой: регистрация аварии, обработка системы релейной защиты.

Для проведения хроматографического анализа трансформаторного масла во всех случаях используем положения нормативной документации [1], при этом выбираем определение только концентрации тех газов, которые связаны с начальной стадией дефекта: этан (начало межвиткового замыкания обмотки и ее нагрев до 300°), оксид углерода (нагрев твердой изоляции), диоксид углерода (увлажнение масла). Обработка результатов химического анализа выполняется путем построения аппроксимирующей (степенной) функции, по которой определяется время работы трансформатора до достижения предельного состояния.

Предложенная методика кроме того, что достаточно малыми затратами позволяет оценить и спрогнозировать техническое состояние трансформаторов, но также имеет возможность регистрации даты и мест аварийных событий для их последующего анализа.

Библиографический список

1. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов растворенных в масле. – М. : РАО «ЕЭС России», 2001. – 41 с.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента С. В. Довженко*

Т. И. Ретина, Е. Р. Лукашина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Тамбовский государственный технический университет

Для повышения эффективности управления электроэнергетическими системами требуются знания о поведении объекта, как элемента, при различных

сценариях воздействия на него различных факторов. При этом количество факторов может варьироваться от десятков до сотен. Сложностью также является непредсказуемость (хаотичность) поведения воздействий. Одним перспективных направлений исследований в области предсказания поведения объектов, являются фрактальные методы.

Согласно одному из определений Бенуа Мандельброта «Фракталом называется множество, хаусдорфова размерность которого строго больше его топологической размерности». Чтобы раскрыть это определение напомним о двух принципиально различных подходах к понятию размерности. С точки зрения первого размерность геометрической фигуры – это минимальное число координат, необходимых для определения положения лежащей на этой фигуре точки при сохранении структуры естественной близости: например положение точки на линии определяется одной координатой, на поверхности двумя, в объеме тремя координатами. Поскольку эта размерность является топологическим инвариантом (т.е. сохраняется при взаимно однозначном и непрерывном в обе стороны отображении), то ее называют топологической размерностью и обозначают D_T . Этот подход отражен в известных работах Пуанкаре, Брауэра, Менгера, Урысона, Лебега и др. Его вершиной стала гомологическая теория размерности Александрова [1, 2].

С точки зрения второго подхода, размерность – это число D , выражающее связь естественной меры геометрической фигуры (например, длины, площади или объема) с величиной (в данном случае длиной), положенной в основу исходной метрической системы. Если метрический эталон такой величины, принятый за единицу, увеличить (уменьшить) в b раз, то указанная мера уменьшится (увеличится) в b^D раз. Эту размерность называют метрической. Источником такого определения является следующее выражение для обычной меры M (длины, площади или объема) произвольной геометрической кривой, поверхности или тела

$$M = \lim[N(\delta)\delta^D], (D = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где $N(\delta)$ – число симплексов (отрезков, клеток или кубов) с геометрическим фактором (линейным размером) δ , определяющих аппроксимацию исходного множества.

На основе именно этого выражения Хаусдорф в 1919 г. предложил свое знаменитое определение размерности для случая компактного множества в произвольном метрическом пространстве [3]

$$D = \lim [\ln N(\delta) / \ln(1/\delta)], \quad (2)$$

где $N(\delta)$ – минимальное количество шаров радиуса δ , покрывающих это множество.

Фрактальность временных рядов была впервые описана египетским гидрологом Херстом. Он обнаружил, что для временных рядов различных естественных процессов (уровней осадков, стоков рек и т.д.) наблюдаемый нормированный размах R/S хорошо описывается эмпирическим соотношением

$$R/S = (\tau/2)^H, \quad (3)$$

где $R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} \sum_{u=1}^t (\xi(u) - \bar{\xi}_\tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} \sum_{u=1}^t (\xi(u) - \bar{\xi}_\tau)$ – размах времени ряда

за период τ ; $S = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} ((\xi(t) - \bar{\xi}_\tau)^2)^{1/2}$ – стандартное отклонение за период τ ;

$\xi(t)$ – значение времени в момент времени t ; $\bar{\xi}_\tau$ – среднее значение ряда за период τ ; H – т.н. показатель Херста.

Таким образом, изучение поведения параметров временных рядов: потребляемой электрической мощности, тока, напряжения с использованием фрактальных методов является одним из направлений научных исследований, позволяющих прогнозировать поведение объектов электроэнергетических систем.

Библиографический список

1. **Mandelbrot, B. B.** The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot, W. H. Freeman. – San Francisco, 1982.
2. **Александров, П. С.** Введение в теорию размерности / П. С. Александров, Б. А. Пасынков. – М. : Наука, 1973.
3. **Hausdorff F.** Dimesion und Ausseres Mass / F. Hausdorff // *Matematische Annalen*. – 1919. – No. 79. – P. 157 – 179.

4. **Чернышова, Т. И.** Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 532 – 537.

5. **Данилов, С. Н.** Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

А. С. Ростяпин, Д. Н. Жеребятьев

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет

Проблема надежности электрических систем относится к задачам определения и оптимизации их показателей на этапах планирования, проектирования, сооружения и эксплуатации. Надежность – свойство объекта или технического устройства выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки [1].

Объект – предмет целевого назначения, рассматриваемый в период проектирования, производства, эксплуатации, изучения, исследования и испытания на надежность (объектами могут быть системы и их элементы, в частности сооружения, установки, технические изделия, устройства, машины, аппараты, приборы и их части, агрегаты и отдельные детали).

В технике надежность имеет точное значение. Она может быть определена, рассчитана, оценена, измерена, испытана, распределена между отдельными частями системы, объекта, аппаратуры.

Первые систематические попытки изучения надежности и создания ее теории связаны с техническим прогрессом в 1940 – 1950 гг., когда недостаточная надежность стала тормозом на пути реализации новых идей в авиации, кораблестроении, ракетостроении, радиотехники, ядерной и космической промышленности. Применительно к энергосистемам основные принципы расчета

надежности были даны в 1930 – 1940 гг. Первые серьезные работы в области надежности энергосистем были посвящены расчетам резерва.

Ущерб от перерывов в электроснабжении ответственных потребителей электроэнергии, а также от снижения показателей качества электроэнергии с каждым годом увеличивается.

Основными причинами изменения параметров электроснабжения являются:

- удаленность потребителей от автономных систем электроснабжения (АСЭ) или трансформаторной подстанции;
- наличие на питающем фидере мощных потребителей (мощность которых соизмерима с мощностью автономных источников электроэнергии (АИЭ);
- устаревший и не рассчитанный на современные электроприборы кабель;
- проводимые рядом сварочные работы и многое другое.

В качестве резервных источников питания для повышения надежности электроэнергетических систем могут использоваться как традиционные генераторы, работающие на моторном топливе, так и альтернативные источники энергии. Однако независимо от степени риска оказаться без центрального энергоснабжения, сегодня, практически все заказчики устанавливают СБЭ в обязательном порядке. И на первый план, естественно, выходит проблема выбора оборудования, в том числе стабилизаторов параметров электроэнергии [2].

По целому ряду объективных и субъективных причин параметры электрической сети и автономных источников энергии не являются стабильными, а иногда проблемы с электропитанием могут возникнуть непосредственно на участке электросети. Чтобы избежать непредвиденных ситуаций, необходима стабилизация этих параметров, а стабилизаторы параметров электроэнергии для автономных источников электроснабжения являются одним из основных узлов [3].

Таким образом, для повышения надежности электроэнергетических систем необходим комплексный анализ факторов влияющих на режимы работы элементов в схемах автономных систем электроснабжения.

Библиографический список

1. **Мельников, М. А.** Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. пособие / М. А. Мельников. – Томск : Изд-во ТПУ, 2000. – 144 с.

2. Пат. РФ, С1 МПК H02M 5/27. Трехфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией / О. В. Григораш, А. А. Хамула., Д. В. Столбчатый, Ю. Г. Пугачев ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ТГТУ. № 2349019 ; 2009 ; Бюл. № 7.

3. Энговатова, В. В. Стабилизаторы параметров электроэнергии автономных систем электроснабжения с улучшенными техническими характеристиками : дисс. ... канд. техн. наук, 05.09.03. – Краснодар : КубГТУ, 2009. – 146 с.

4. Чернышова, Т. И. Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

А. Г. Рудаков

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

and.g.rudakov@gmail.com

*Старооскольский технологический институт национального
исследовательского технологического университета «МИСиС»*

Сегодня энергетика является неотъемлемой частью человеческой цивилизации. Вместе с тем она несет в себе ряд весомых недостатков, связанных с используемыми видами энергетических источников. Как правило, это традиционные источники, такие как атомная энергетика или ископаемые виды топлива.

К главным недостаткам традиционных источников энергии относятся их исчерпаемость и удорожание электроэнергии. Кроме того, возникает проблема утилизации отходов, что экологически неблагоприятно и приводит к дополнительным затратам средств. Вследствие чего целесообразно использование альтернативных источников энергии, одним из видов которой являются возобновляемые источники энергии.

Как правило, к возобновляемым источникам энергии относят энергию солнечного излучения, ветра, приливов, геотермальных источников, волн, ветра, а также вырабатываемую из биомассы и твердых бытовых отходов.

Основными преимуществами возобновляемых источников энергии (ВИЭ) по сравнению с энерго-источниками на органическом топливе являются практическая неисчерпаемость ресурсов, повсеместное распространение многих из них, отсутствие топливных затрат и выбросов вредных веществ в окружающую среду. Недостатком является низкая степень ее энергетическая плотность и крайняя изменчивость, что, тем не менее, в значительной степени компенсируется широким распространением возобновляемых источников энергии. Такие источники наиболее рационально использовать непосредственно вблизи потребителя без передачи энергии на расстояние. Энергетика, работающая на этих источниках, использует потоки энергии, уже существующие в окружающем пространстве, перераспределяет, но не нарушает их общий баланс.

ВИЭ можно классифицировать по видам энергии:

- механическая (энергия ветра и потоков воды);
- тепловая и лучистая (энергия солнечного излучения и тепла земли);
- химическая (энергия, заключенная в биомассе).

Если использовать понятие качества энергии – коэффициент полезного действия, определяющий долю энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу, то ВИЭ можно классифицировать следующим образом: возобновляемые источники механической энергии характеризуются высоким качеством и используются в основном для производства электроэнергии. Так, качество гидроэнергии характеризуется значением 0,6...0,7; ветровой – 0,3...0,4; качество тепловых и лучистых ВИЭ не превышает 0,3...0,35. Еще ниже показатель качества солнечного излучения, используемого для фотоэлектрического преобразования, 0,15...0,3. Качество энергии биотоплива также относительно низкое и, как правило, не более 0,3 [1].

В сумме возобновляемые источники энергии по состоянию на 2015 г. обеспечивают около 15 % мирового первичного энергопотребления, но при этом доля новых видов ВИЭ (НВИЭ – энергия солнца, ветра, приливов, геотермальных источников, волн и пр.) составляет только 2 %. Остальные 13 % – это другие виды ВИЭ, включая гидроэнергию и традиционную биомассу.

За 10 лет – с 2006 по 2015 гг. – НВИЭ показали впечатляющую динамику развития: мощности береговой ветроэнергетики продемонстрировали прирост почти в 6 раз – до 416,6 ГВт, а солнечной (PV) энергетики – в 37 раз,

до 223,9 ГВт. В перспективе до 2040 г. НВИЭ продемонстрируют самые высокие темпы роста среди всех рассматриваемых энергоресурсов, в вероятном сценарии – около 5 % ежегодно.

Значимым драйвером, способным подтолкнуть альтернативную энергетику к ускоренному развитию, стали решения климатической конференции ООН COP-21 в декабре 2015 г. Из 162 принятых национальных планов 106 делают особый акцент на ускоренном развитии возобновляемой энергетики, 74 содержат в себе конкретные цели в области применения НВИЭ для нужд генерации, отопления, охлаждения, а также в транспортном секторе [2].

Библиографический список

1. **Лукутин, Б. В.** Возобновляемые источники электроэнергии : учеб. пособие / Б. В. Лукутин. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2008. – 187 с.
2. **Прогноз** развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А. А. Макарова, Л. М. Григорьева, Т. А. Митровой ; ИНЭИ РАН-АЦ при Правительстве РФ. – М., 2016. – 196 с.

*Работа выполнена под руководством
доцента Н. П. Моториной*

П. А. Рычагов

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПРЕМЕЩЕНИЙ ЗАЛИВОЧНОГО ЭЛЕКТРОМОСТОВОГО КРАНА

anteyushka_1990@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Наиболее ответственными из всей группы металлургических кранов выделяются литейные краны, т.к. они перемещают, кантуют ковши с жидкими расплавами чугуна или стали.

Анализируя электропривода перемещений кранов № 7«А», можно заметить, что торможение набор скорости приводит к возникновению максимальных вынужденных колебаний гибкоподвешенного груза. Учитывая, что масса перемещаемого груза больше чем масса тележки, влияние направления колебания на изменение момента нагрузки значительно. Также осложнена (практически невозможна) интеграция привода с автоматизированными микропроцессорными системами.

Использование частотного преобразователя с программируемым логическим контроллером (ПЛК) позволяет достичь практически любых требуемых характеристик динамики разгона и торможения.

Однако модернизация привода путем замены его на ПЧ с АДС короткозамкнутым ротором осложнено рядом проблем:

- 1) дороговизной;
- 2) необходимостью замены существующего двигателя с фазным ротором на электродвигатель с короткозамкнутым ротором, что, в свою очередь, ведет к увеличению количества и видов резервных запасных частей, а также к возможному изменению конструкции механики привода;



Рис. 1. Структура системы управления

3) высокими требованиями к ремонтному персоналу ввиду сложности оборудования.

Вышеперечисленные проблемы позволит решить структура управления, представленная на рис. 1.

В данной структуре ПЛК является центральным устройством, выполняющим функции обработки сигналов, организации работы электропривода рабочих движений, связи с автономными СУ, контроля состояния оборудования как электрического и т.п.

Применение предложенной СУ, основанной на центральном элементе ПЛК, позволит: интегрировать с системой комплектные микропроцессорные устройства, заложить необходимые алгоритмы управления, обеспечивающие необходимые темп и плавность характеристик движений, диспетчеризировать оборудование, автоматизировать процессы, снизить человеческий фактор.

Библиографический список

1. **Абрамович, И. И.** Грузоподъемные краны промышленных предприятий : учебник для вузов / И. И. Абрамович. – М. : Машиностроение, 1989. – 360 с.

2. **Колмыков, В. В.** Повышение демпфирующей способности систем электропривода механизмов, перемещающих гибкоподвешенный груз : дисс. ... канд. техн. наук : 27.11.2015 / В. В. Колмыков. – Липецк, 2015.

3. **Лятуринский, В. А.** Система локального позиционирования мостовых кранов : учебник для вузов / В. А. Лятуринский // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Сер. Механіка, енергетика, екологія. – 2012. – Вип. 133.

4. **Данилов, П. Е.** Крановый асинхронный электропривод с импульсным регулятором в роторной цепи : учеб. пособие / П. Е. Данилов – Смоленск : Филиал ГОУ ВПО «МЭИ(ТУ)» в г. Смоленске, 2005. – 92 с.

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

ВЛИЯНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЭС РАЗВЕДКИ

Sarychefff@yandex.ru; StorozhevD@yandex.ru; pyunikol@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Энергосбережение одна из самых актуальных задач нынешнего столетия. В настоящее время во многих радиотехнических средствах (РЭС) используют десятки и сотни киловатт энергии для своей работы. К энергетическим характеристикам РЭС относятся: дальность обнаружения (разведки), точность определения координат, помехозащищенность. Энергетические характеристики РЭС зависят от ее параметров: мощности излучения передатчика, чувствительности приемника, ширины диаграммы направленности антенны (ДНА) и уровня боковых лепестков (УБЛ) антенны [1, 2].

Ниже рассмотрим влияние УБЛ диаграммы направленности на мощность излучения передатчика радиотехнических средств радиотехнической разведки (РТР) противника.

В настоящее время РЭС разведки используют апертурные антенны, которые имеют УБЛ порядка –30 дБ. Для уменьшения УБЛ антенн целесообразно использовать адаптивные антенные решетки (ААР), которые имеют возможность управлять характеристиками антенн [3].

Дальность радиотехнической разведки по боковым лепесткам ДНА определяется формулой [2]

$$D_p = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{\text{и}} G_c G_p \gamma \psi}{P_{\text{вх.мин}}}} \cdot F_{\text{сб}}(\theta_p, \alpha_p) F_p(\theta_c, \alpha_c), \quad (1)$$

где λ – длина волны РЭС, м; $P_{\text{и}}$ – излучаемая РЭС импульсная (мгновенная) мощность РЭС, Вт; G_c – КНД антенны разведываемой РЭС; G_p – КНД антенны станции РТР; γ – коэффициент несовпадения поляризации сигнала разведываемой РЭС и антенны станции РТР; ψ – коэффициент передачи мощности антенно-фидерного тракта станции РТР от выхода антенны до входа разведприемника; $F_{\text{сб}}(\theta_p, \alpha_p)$ – значение нормированной ДНА по боковым лепесткам разведываемой РЭС.

ваемой РЭС по напряженности в направлении на станцию РТР; $F_p(\theta_c, \alpha_c)$ – значение нормированной ДНА станции РТР по напряженности в направлении на РЭС; $P_{\text{вх.мин}}$ – реальная чувствительность разведприемника, Вт.

Обозначим: P_1 – мощность излучения при УБЛ = $F_{\text{сб1}}(\theta_p, \alpha_p)$; P_2 – мощность излучения при УБЛ = $F_{\text{сб2}}(\theta_p, \alpha_p)$.

При неизменности значений всех остальных составляющих выражение (1) для первого случая примет вид

$$D_p = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_1 G_c G_p \gamma \psi}{P_{\text{вх.мин}}}} \cdot F_{\text{сб1}}(\theta_p, \alpha_p) F_p(\theta_c, \alpha_c). \quad (2)$$

После изменения мощности излучения и УБЛ выражение (1) будет выглядеть следующим образом

$$D_p = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_2 G_c G_p \gamma \psi}{P_{\text{вх.мин}}}} F_{\text{сб2}}(\theta_p, \alpha_p) F_p(\theta_c, \alpha_c). \quad (3)$$

Приравнивая выражения (2) и (3), получаем

$$\sqrt{P_1} F_{\text{сб1}}(\theta_p, \alpha_p) = \sqrt{P_2} F_{\text{сб2}}(\theta_p, \alpha_p). \quad (4)$$

Подставляя в (4) $F_{\text{сб2}}(\theta_p, \alpha_p) = \frac{F_{\text{сб1}}(\theta_p, \alpha_p)}{2}$ и произведя необходимые преобразования, получим

$$P_2 = 4 \cdot P_1.$$

Таким образом, для обеспечения требуемой дальности радиотехнической разведки противника при уменьшении УБЛ антенны разведываемой РЭС в два раза необходимо увеличить мощность излучения передатчика РЭС радиотехнической разведки противника в четыре раза.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Основы теории антенн: учеб. пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с.

2. **Пудовкин, А. П.** Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС: учебное пособие для вузов / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с.

3. **Панасюк, Ю. Н.** Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн (zip-файл) [Электронный ресурс; мультимедиа] : учеб. пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016.

4. **Чернышова, Т. И.** Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 239 – 247.

В. А. Селеверстов

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

seleverstov.vit@mail.ru

*Старооскольский технологический институт национального
исследовательского технологического университета «МИСиС»*

Основу производственного потенциала российской электроэнергетики в настоящее время составляют более 700 электростанций общей мощностью 227,5 ГВт и линии электропередачи всех классов напряжения протяженностью более 2,5 млн км. Около 90 % этого потенциала сосредоточено в Единой энергетической системе (ЕЭС) России – уникальном техническом комплексе, обеспечивающем электроснабжение потребителей на большей части обжитой территории страны.

В структуре генерирующих мощностей электростанций России преобладают тепловые электростанции, доля которых в установленной мощности составляет 68,4 %, доля атомных электростанций – 10,7 %, доля гидравлических станций – 20,9%. Около 80 % генерирующих мощностей тепловых электростанций в европейской части России (включая Урал) работают на газе и мазуте, в то время как в восточной части России более 80 % генерирующих мощностей тепловых станций используют уголь [1].

За годы реформ ухудшились экономические показатели работы отрасли. Существенно сократился ввод новых и замещающих генерирующих мощностей:

с 1992 по 2006 гг. на электростанциях России введено чуть более 20 тыс. МВт, в среднем около 1400 МВт в год, что в пять раз меньше, чем в 60 – 80-х гг. прошлого столетия.

Существенно выросли в последние годы тарифы на электрическую энергию. В целом можно констатировать, что после распада СССР существенно снизились экономическая эффективность функционирования и темпы развития электроэнергетики в России.

В последнее время много исследований проводится в сфере водородной энергетики. Свою нишу в энергетике обозримого будущего она, безусловно, займет, но особых оснований для глобального оптимизма водородная энергетика не дает. Причина проста: источник, который предполагается использовать, – водород – дорогое и сложное для эксплуатации рабочее тело. Так что этому перспективному направлению уготована все же некая вспомогательная роль. Значение водородной энергетики может возрасти в случае массового строительства атомных электростанций и использования дешевой электроэнергии в ночное время для производства водорода с помощью электролиза воды или высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов.

Возводить мощное энергетическое хозяйство в России на таких столь широко разрекламированных нетрадиционных направлениях, как солнечная или ветроэнергетика объективно невозможно. Не та мы в климатическом отношении страна. Но электрические станции, использующие солнечные фотоэлементы на основе каскадных гетероструктур или арсенид-галлиевые фотоэлементы, которые позволяют встроить дополнительный цикл с применением органики и существенно поднять эффективность производства электроэнергии, могут быть задействованы на региональном уровне. Ветроустановки, производящие электроэнергию, могут успешно работать в районах Северного Кавказа и Дальнего Востока, геотермальные электростанции – на Камчатке и в Сахалинской области и теплоснабжающие установки – на Северном Кавказе, в Краснодарском крае и Западной Сибири.

Крупномасштабное освоение российского потенциала энергии приливов и отливов требует создания типового отечественного гидрооборудования для приливных электростанций, прежде всего эффективных (с КПД до 85...87 %) ортогональных турбин, и средств сооружения самих станций с по-

мощью наплавных блоков. Энергетика, использующая биомассу, просто обязана развиваться в России. Промышленные и бытовые отходы, отходы лесного хозяйства – это отнюдь не полный перечень топлив для так называемой малой энергетики и транспорта.

Серьезным проектом может стать размещение фотоэлектрических преобразователей на солнечно-синхронных орбитах в космосе с последующей передачей электроэнергии в СВЧ-диапазоне. Передача электроэнергии может осуществляться по сверхпроводящим линиям электропередачи на основе высокотемпературной сверхпроводимости, что коренным образом изменит структуру электроэнергетических систем. Программа снабжения Земли энергией из космоса может стать международной основой для эффективной кооперации разных стран и платформой развития высоких технологий, что крайне важно для сегодняшней России.

Библиографический список

1. <http://www.transform.ru/articles/html/12reforma/ref00088.article> (дата обращения: 27.12.2017).
2. <http://www.be5.biz/ekonomika1/r2013/4488.htm> article (дата обращения: 27.12.2017).

*Работа выполнена под руководством
доцента Моториной Н.П.*

А. О. Селезнева

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ

Anastasiya.selezneva.1995@mail.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина

Разработка систем мониторинга надежности электроснабжения в электрических сетях 0,38 кВ является актуальной задачей, решение которой позво-

лит повысить эффективность систем электроснабжения сельских потребителей в целом за счет сокращения времени восстановления электроснабжения.

Время восстановления при использовании подобных систем, как указано в [1, 2] снизится примерно на 2 ч. При определении экономического эффекта надо учитывать такие характеристики исследуемой сети, как показатели надежности ее элементов, а так же их количество (для трансформаторов, разъединителей и т.п.) и протяженность (для линий электропередачи). Показатели надежности зависят от того, кабельные использованы линии, или воздушные, в городской или сельской местности [3].

Экономический эффект от внедрения системы мониторинга за счет сокращения времени восстановления электроснабжения следует определять как это указано ниже. Первым шагом требуется оценить вероятность отказов в рассматриваемых сетях в течение года. Интенсивность отказов для различных элементов сетей 0,38 кВ можно взять из [4, 5] или других источников.

Для ВЛИ 0,38 кВ длиной $L_{\text{ВЛИ}}$ при интенсивности отказов 2,7 отказов / 100 км в год. Для силовых трансформаторов в количестве $n_{\text{ТР}}$ и интенсивности отказов 3,5 отказов / 100 шт в год. Далее определяется недоотпуск электроэнергии в год при данном количестве отказов для разных элементов системы электроснабжения.

Сокращение недоотпуска определяем следующим образом

$$W_{\text{сокр}} = W_{\text{недоотп}} - W_{\text{недоотп1}},$$

где $W_{\text{недоотп1}}$ – недоотпуск при внедрении системы мониторинга с учетом сокращения среднего времени восстановления на 2 ч.

Таким образом, можно оценить экономический ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям при отключениях электроэнергии.

Библиографический список

1. **Виноградов, А. В.** Анализ времени перерывов в электроснабжении сельских потребителей и методы его сокращения за счет мониторинга технического состояния линий электропередачи / А. В. Виноградов, А. Н. Васильев, А. Е. Семенов, А. Н. Синяков // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 2 (27). – С. 3 – 11.

2. **Виноградов, А. В.** Анализ времени восстановления электроснабжения сельских потребителей при отказах в линиях электропередачи / А. В. Виноградов, А. Е. Семенов, А. Н. Синяков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 1 (13). – С. 12 – 22.

3. **Лещинская, Т. Б.** Методика выбора оптимального варианта повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей / Т. Б. Лещинская, Э. В. Магадеев. – М. : ФГОУ ВПО «МГАУ». – 2008. – 110 с.

4. **Семенов, А. Е.** Сравнение показателей надежности воздушных и кабельных линий в городской и сельской местности / А. Е. Семенов, А. О. Селезнева, А. В. Виноградов // Основные направления развития техники и технологии в АПК : материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф. – Княгинино : НГИЭУ, 2015. – С. 71 – 75.

5. **Виноградов, А. В.** Анализ повреждаемости электрооборудования электрических сетей и обоснование мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей / А. В. Виноградов, Р. А. Перьков // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 12 (55). – С. 12 – 20.

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

Е. В. Сенцов

ПЕРСПЕКТИВЫ БЕЗДАТЧИКОВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

evgenysentsov@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

При построении замкнутых систем электропривода необходимо располагать измеренным (истинным) значением скорости двигателя, которое на входе системы регулирования сравнивается с заданным. В большинстве случаев измерение скорости осуществляется вращающимися датчиками скорости, расположенными на валу двигателя и представляющими собой устройство, которое преобразует механическую величину – скорость – в аналоговый или дискретный электрический сигнал, пропорциональный измеряемой величине.

Стремление избавиться от вращающихся преобразователей в электроприводе привело к разработке методов бездатчикового определения скорости, при которых измеряемая величина определяется косвенно через легкодоступные измерению электрические величины.

Таковыми величинами являются, прежде всего, напряжение на выходе инвертора, от которого питается двигатель, и ток статора. С точки зрения схемотехники такой подход означает передачу электронной части системы функций, которые ранее выполнялись вращающимся датчиком.

В основу принципа построения схем бездатчикового определения скорости положено векторное математическое описание асинхронного двигателя в неподвижной системе координат $x-y$. Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором уравнения в системе $x-y$ будут иметь вид:

$$U_{1x-y} = R_1 I_{1x-y} + \frac{d\psi_{1x-y}}{dt};$$

$$0 = R_2 I_{2x-y} + \frac{d\psi_{2x-y}}{dt} - j p_n \omega \psi_{2x-y};$$

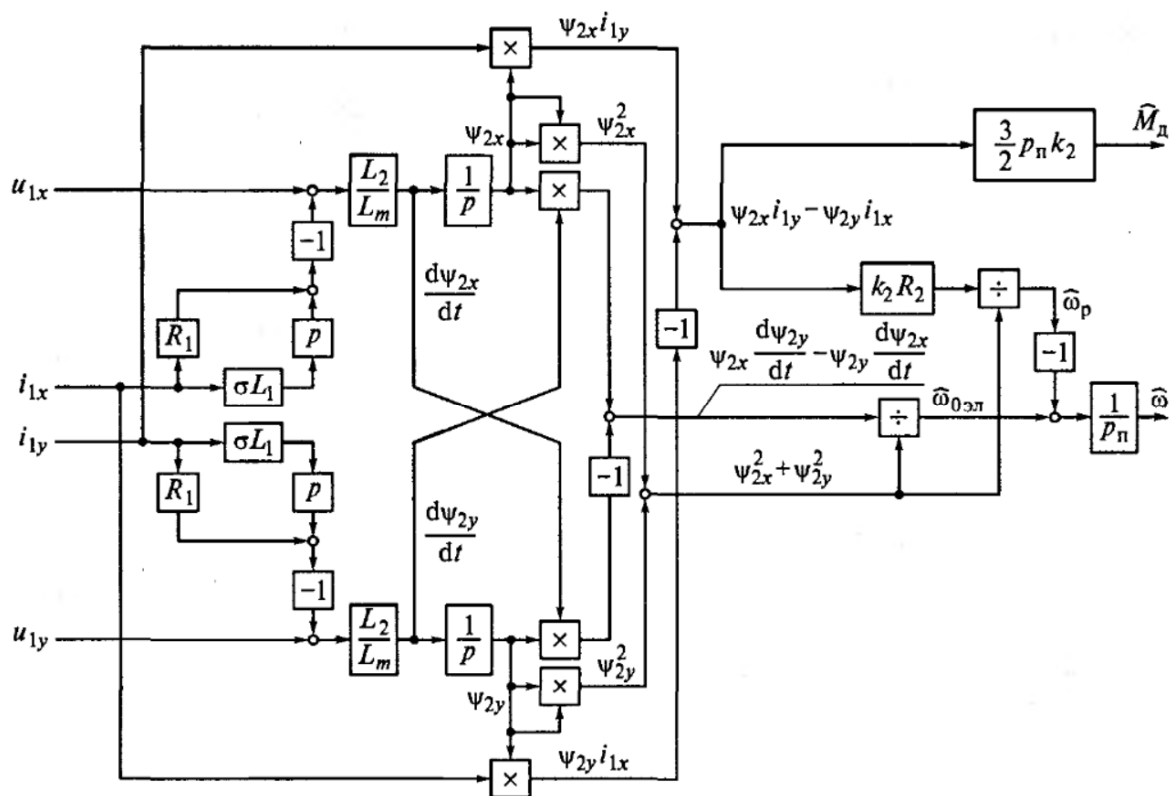


Рис. 1. Схема бездатчикового определения скорости

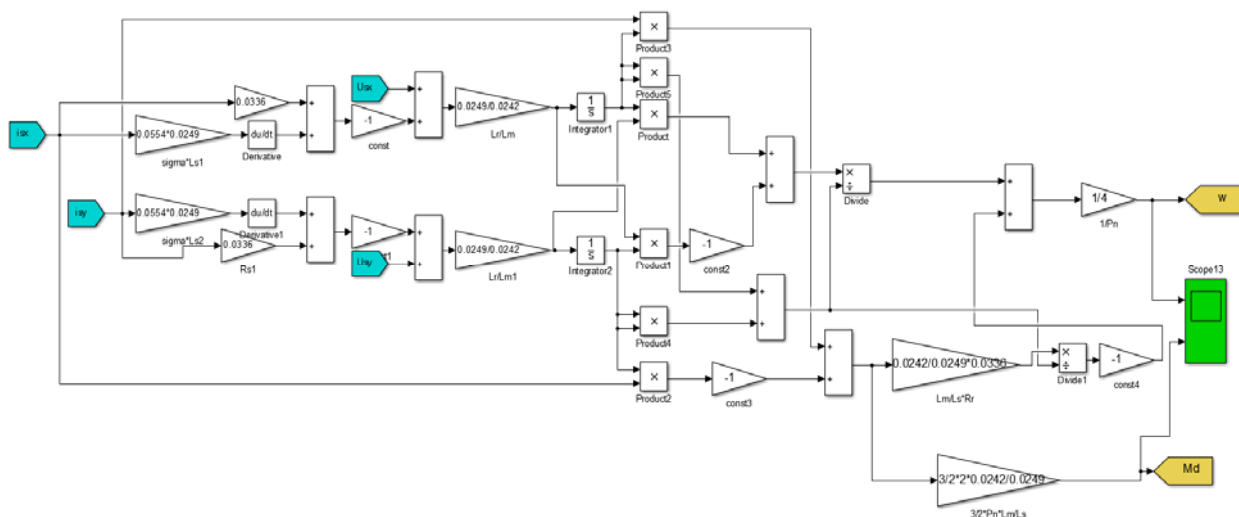


**Рис. 2. Модель бездатчикового определения скорости
в Matlab Simulink**

$$\Psi_{1x-y} = L_1 I_{1x-y} + L_m I_{2x-y};$$

$$\Psi_{2x-y} = L_m I_{1x-y} + L_2 I_{2x-y}.$$

Вариант схемы бездатчикового определения скорости представлен на рис. 1. В схеме на основе измеряемых напряжений и тока статора рассчитываются частота напряжения питания и частота роторной ЭДС.

Входными величинами для схемы являются проекции пространственных векторов напряжения и тока статора на оси связанной со статором неподвижной системы координат.

На основе приведенной схемы была создана модель в программном пакете Matlab Simulink, приведенная на рис. 2.

Библиографический список

1. **Соколовский, Г. Г.** Электроприводы переменного тока с частотным управлением / Г. Г. Соколовский. – М. : Академия, 2006. – 256 с.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMULINK ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОТИВОВКЛЮЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Липецкий государственный технический университет

Рассматривается один из самых важных режимов работы привода постоянного тока – противовключение. Данный режим подразумевает изменение полярности питающего напряжения якоря двигателя. Изменение полярности обмотки возбуждения не применяется из соображения быстродействия и потерь на перемагничивание. Принят двигатель П-42.

Характеристика строится по двум точкам:

1) $I = 0$; $w = -w_0$;

2) $I = -I_{\text{пл}} = -10I_{\text{н}}$; $w_{\text{с}^*} = w_{\text{с}}$;

$$I = 0; \quad w = -146,3 \text{ рад/с};$$

$$I = -445 \text{ А}; \quad w_{\text{с}^*} = 146,3 \text{ рад/с}.$$

Находим сопротивление противовключения

$$R_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{н}} + E_{\text{с}^*}}{I} - R_{\text{я}} = \frac{220 + 180,97}{445} - 0,936 = 3,147 \text{ Ом};$$

$$E_{\text{с}^*} = U_{\text{н}} w_{\text{с}^*} = 1,237 \cdot 146,3 = 180,97 \text{ В}.$$

Сопротивление противовключения включается в цепь якоря для уменьшения бросков тока, возникающих в динамике переходных процессов двигателя. Характеристика противовключения приведена на рис. 1.

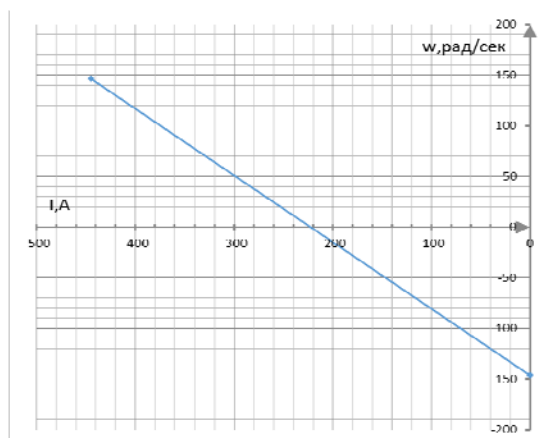


Рис. 1. Характеристика противовключения

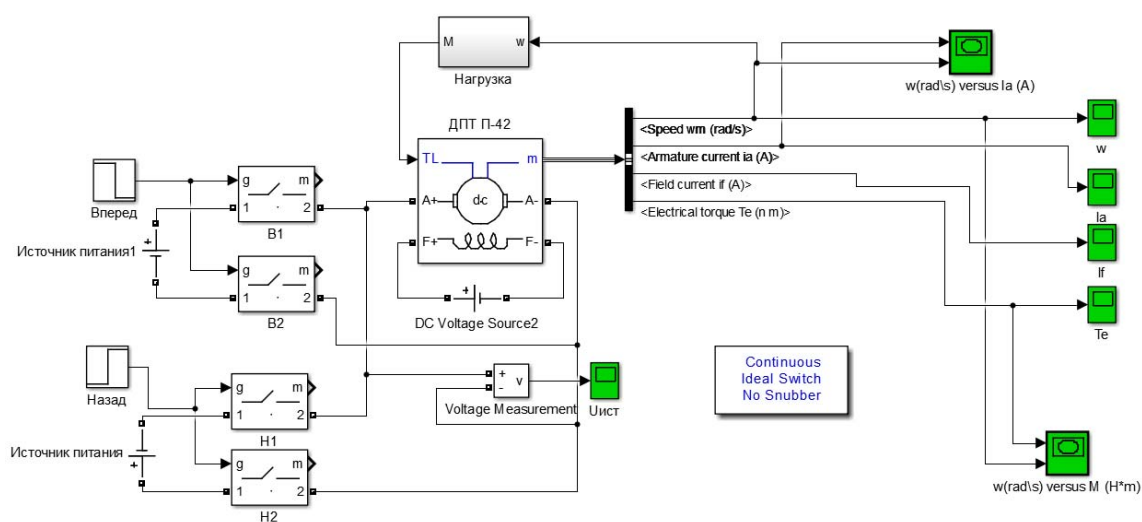


Рис. 2. Модель в оболочке MatLab Simulink

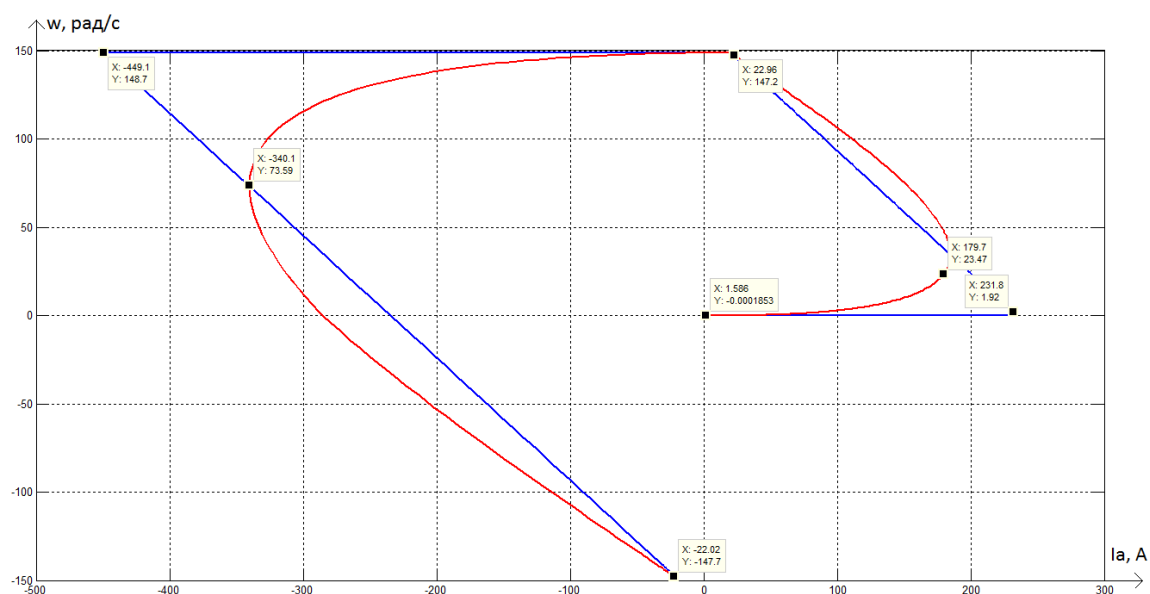


Рис. 3. Электромеханическая характеристика

Разработанная модель приведена на рис. 2. Полученная характеристика приведена на рис. 3.

Библиографический список

1. **Онищенко, Г. Б.** Электрический привод / Г. Б. Онищенко. – М. : Академия, 2013. – 288 с.

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

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА
MATLAB SIMULINK В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

evgenysentsov@yandex.ru

Липецкий государственный технический университет

Натурное изучение и исследование остается предпочтительной формой подготовки, но не может быть обеспечено в полной мере, особенно при изучении специальных дисциплин. Цель работы состоит в исследовании возможности изучения, проектирования элементов электропривода с применением программного продукта Matlab Simulink.

Простой моделью является прямой пуск двигателя постоянного тока. Принят двигатель П-42. Построение естественной характеристики ДПТ ведется по двум точкам.

Первая точка:

$$I = 0; \quad w = w_0; \quad w_0 = U_H / C_H = 220 / 1,237 = 177,85 \text{ рад/с};$$

$$C_H = E_H / w_H = 194,227 / 157 = 1,237 \text{ рад/с};$$

$$w_H = \frac{n_H \pi}{30} = \frac{1500 \pi}{30} = 157 \text{ рад/с};$$

$$E_H = U_H - I_H R_{\text{я}} = 220 - 25,4 \cdot 1,0147 = 194,227 \text{ В};$$

$$R_{\text{я}} = R_{\text{я.о}} + R_{\text{д.п}} + R_{\text{с}} + R_{\text{щ}} = 0,78 \cdot 1,2 + 0,07874 = 1,0147 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{щ}} = 2 / I_H = 2 / 25,4 \approx 0,07874 \text{ Ом}.$$

Вторая точка:

$$I = I_{\text{с}}; \quad w = w_{\text{с}}; \quad I_{\text{с}} = \frac{M_{\text{с}}}{C_H} = \frac{28,662}{1,237} = 21,171 \text{ А};$$

$$w_{\text{с}} = \frac{U_H - I_{\text{с}} R_{\text{я}}}{C_H} = \frac{220 - 21,171 \cdot 1,0147}{1,237} = 154,84 \text{ рад/с}.$$

Естественная характеристика приведена на рис. 1.

Разработанная модель приведена на рис. 2. Полученная характеристика приведена на рис. 3.

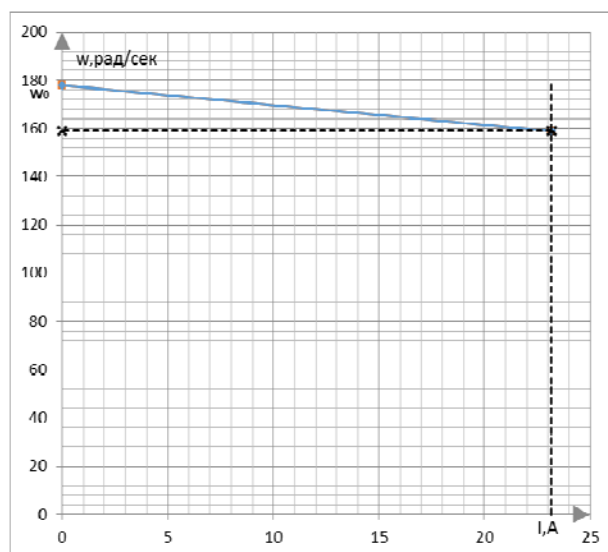


Рис. 1. Естественная характеристика ДПТ П-42

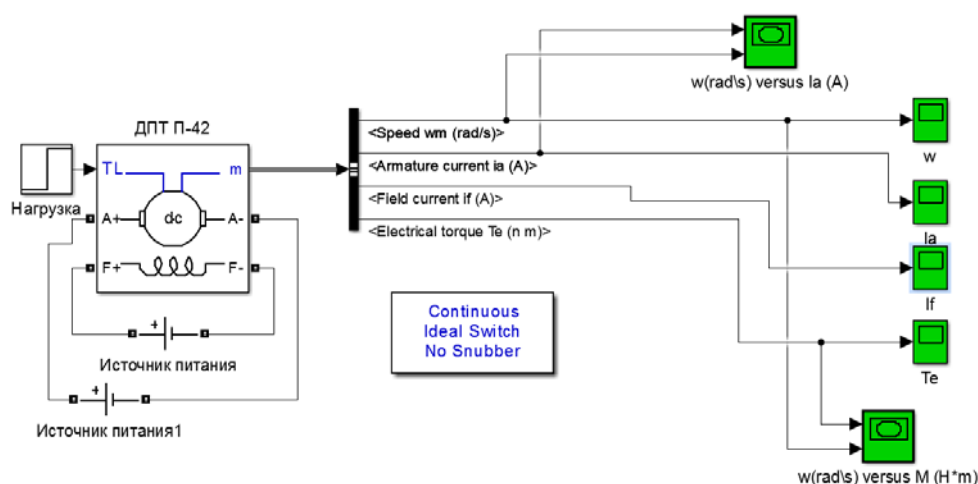


Рис. 2. Модель в оболочке Matlab Simulink

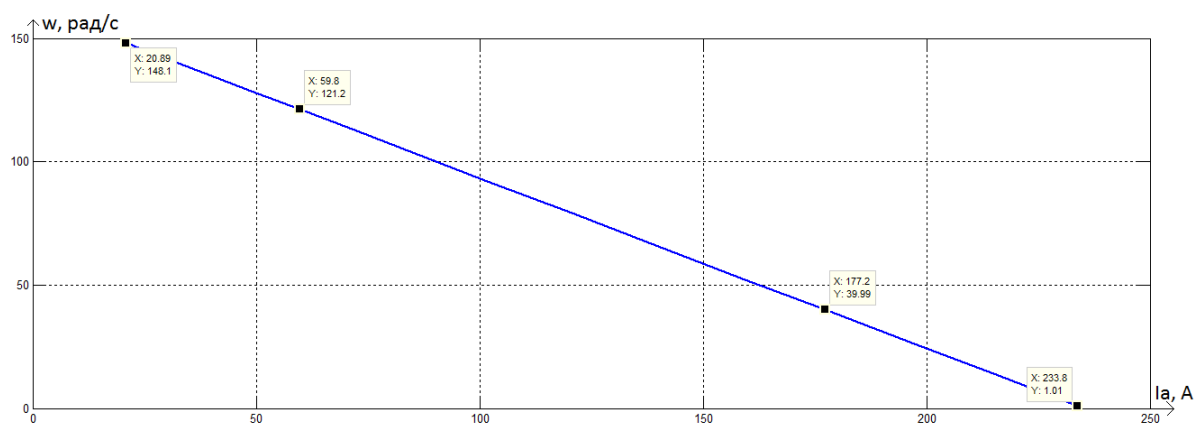


Рис. 3. Электромеханическая характеристика

Библиографический список

1. **Онищенко, Г. Б.** Электрический привод / Г. Б. Онищенко. – М. : Академия, 2013. – 288 с.

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

Т. В. Синюкова, А. В. Синюков

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛИФТОВОЙ ЛЕБЕДКИ

stw0411@mail.ru

Липецкий государственный технический университет

Энергосбережение на объектах, являющихся системами внутреннего транспорта, – актуальной темой исследования. Современное лифтовое хозяйство на текущий момент является отраслью нуждающейся в усовершенствовании, так как постоянно увеличиваются требования, предъявляемые к транспортным средствам данного вида [1, 2].

Большинство лифтовых лебедок лифтов осуществляют передвижение посредством механического редуктора, получающего движение с вала асинхронного двухскоростного двигателя, управляемого релейно-контактной схемой. Данная система имеет низкую надежность, небольшой диапазон регулирования скорости, наблюдаются рывки при начале движения лифта, шум и тряска во время движения, «вдавливание пассажира в пол» при остановке, присутствуют броски пускового тока, ведущие к снижению срока эксплуатации устройства и увеличению энергопотребления.

Отказ от редуктора, установка частотного преобразователя, замена двухскоростного двигателя с короткозамкнутым ротором на односкоростной, позволяет решить ряд проблем и обеспечить уменьшение потребляемой электроэнергии.

Регулирование может осуществляться одним из способов: скалярное управление, векторное управление или прямое управление моментом.

В результате исследования, проведенного в среде имитационного моделирования MatLab, позволяющей увидеть реальные процессы, происходящие в электроприводе, было выявлено, что наилучшие показатели обеспечиваются при использовании на транспортных объектах административного и жилого фонда векторной системы и системы с прямым управлением моментом. Причем, при использовании системы с прямым управлением моментом переходный процесс более мягкий, без существенных бросков, следовательно, более энергоэффективный. Также применение векторной системы управления или системы с прямым управлением моментом позволяет снизить рывки при начале движения устройства, сделать движение более плавным, следовательно, комфортным [3 – 5].

Библиографический список

1. **Соколовский, Г. Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Соколовский. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.

2. **Мещеряков, В. Н.** Системы регулируемого асинхронного электропривода для подъемно-транспортных механизмов : монография / В. Н. Мещеряков. – Липецк : ЛГТУ, 2005. – 112 с.

3. **Синюкова, Т. В.** Моделирование векторной системы управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором / Т. В. Синюкова, А. В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : тезисы докладов 3-й Междунар. конф. с элементами научной школы (г. Тамбов, 25 – 27 апреля 2016 г.). – 2016. – С. 139 – 141.

4. **Синюков, А. В.** Моделирование системы прямого управления моментом асинхронного двигателя / А. В. Синюков, Т. В. Синюкова // Сборник тезисов докладов науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого гос. техн. ун-та : в 2-х ч. Ч. 2. – 2016. – Липецк : Позитив-Л, 2016. – С. 60 – 62.

5. **Синюкова, Т. В.** Системы управления электроприводами переменного тока / Т. В. Синюкова, А. В. Синюков // Материалы науч. конф. по проблемам технических наук (г. Липецк). – 2016. – С. 130 – 131.

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

В ГУСТОНАСЕЛЕННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

blackseam78@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Согласно статистическим данным [1], динамика аварийности и электротравматизма в сетях с изолированной нейтралью имеет негативный характер, причем случаи электротравматизма происходят чаще вблизи потребительских трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ и так или иначе связаны с ненормальной работой воздушной линии (ВЛ) 10 кВ. Данное обстоятельство обусловлено тем, что потребительские трансформаторные подстанции, размещаются в центре тяжести электрических нагрузок, а их питающие ВЛ 10 кВ, являющиеся ответвлениями и отпайками от главных ВЛ 10 кВ, проходят по населенным пунктам, при этом суммарная протяженность таких ответвлений в 2 – 4 раза превышает длину главных ВЛ 10 кВ. Это обуславливает большой емкостный ток в сети и в случае обрыва провода или пробоя изоляции делает ее весьма опасной. Также стоит отметить, что часть удаленных потребительских трансформаторных подстанций в агропромышленных районах имеют удовлетворительное техническое состояние и работают с низкой загрузкой, что приводит к нерациональному использованию мощности и делает неэкономичным их дальнейшее содержание. Таким образом, разработка принципиально новых способов, повышающих безопасность и эффективность функционирования распределительных сетей с изолированной нейтралью, является одной из актуальных задач.

Решением данной задачи может являться принципиально простой и вместе с тем эффективный способ размещения потребительских подстанций в электрических сетях с изолированной нейтралью [2]. Предлагаемый способ функционирует следующим образом (рис. 1). В электрической сети выделяют два близлежащих центра тяжести электрических нагрузок, например 1 и 2 (3 и 4), соответственно охватывающих две близлежащие зоны потребителей.

Выбирают для них одну двухтрансформаторную подстанцию 6 (7), которую размещают на трассе главной питающей линии 5 в центре тяжести двух суммарных электрических нагрузок ΣP_1 и ΣP_2 (ΣP_3 и ΣP_4) для соответствующих близлежащих зон потребителей, точки приложения которых образуются проекциями их центров тяжести 1 и 2 (3 и 4) на трассу главной питающей линии 5.

Подвод электроэнергии от двухтрансформаторной подстанции 6 (7) к центрам тяжести электрических нагрузок 1 и 2 (3 и 4), осуществляют посредством кабельной или воздушной изолированной линии 8, 9, (10, 11), напряжением 0,4 кВ, с площадью поперечного сечения провода, обеспечивающим допустимое отклонение напряжения в центрах тяжести электрических нагрузок 1 и 2 (3 и 4).

Предлагаемый способ [2] значительно повышает безопасность воздушной распределительной сети с изолированной нейтралью, за счет уменьшения тока замыкания на землю, сокращения суммарной протяженности и удаления высоковольтных сетей от населенных центров. При этом он также повышает надежность функционирования распределительных сетей, снижает удельные эксплуатационные расходы на их содержание, сокращает расходы на содержание трансформаторных подстанций, обеспечивает более эффективное использование их установленных мощностей. Вмесе с тем, предлагаемый способ не является универсальным для всех распределительных сетей агропромышленного комплекса, но, он может быть применим в тех случаях, когда это обосновано технико-экономическими расчетами.

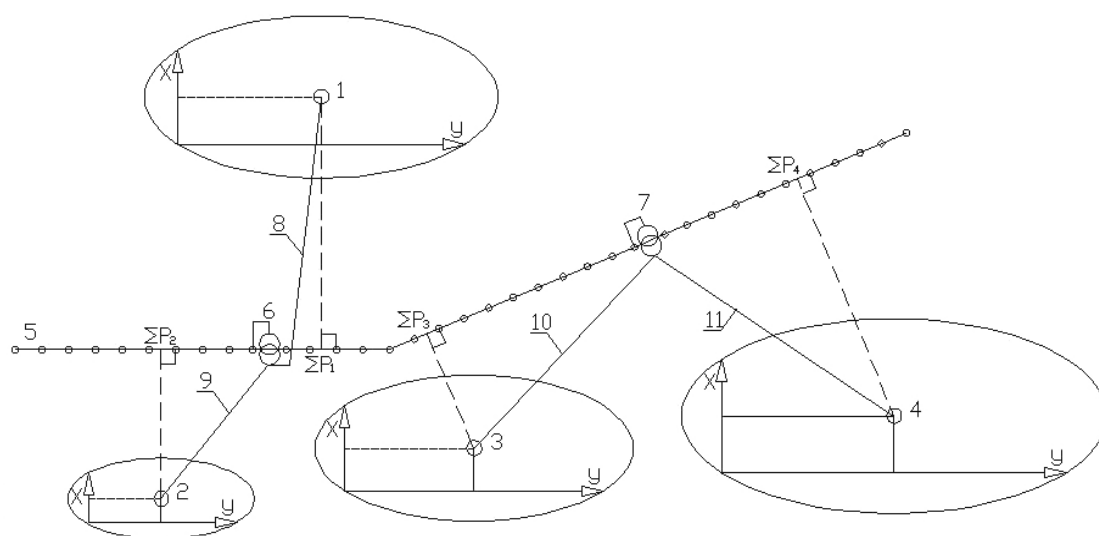


Рис. 2. Принципиальная схема размещения потребительских подстанций в электрических сетях с изолированной нейтралью

Библиографический список

1. **Чернышов, В. А.** Повышение электробезопасности сельских электрических сетей с изолированной нейтралью путем разработки методики прогнозирования и способов идентификации замыканий на землю : дисс. ... канд. техн. наук ; 05.26.01 ; защ. 12.11.07 ; утв. 04.04.08 / Вадим Алексеевич Чернышов. – Орел, 2007. – 183 с.
2. **Пат. 2417499 Российская Федерация: МПК Н 02 Н 3/16.** Способ размещения потребительских трансформаторных подстанций в электрических сетях с изолированной нейтралью / В. А. Чернышов, Л. А. Чернышова ; заявитель и патентообладатель Орловский государственный аграрный университет. – № 2009141651/07 ; заявл. 10.11.2009 ; опубл. 27.04.2011, Бюл. № 12. – 4 с.
3. **Чернышова, Т. И.** Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 381–387.

В. А. Чернышов, Е. А. Печагин

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СТЕПЕНИ НЕСИММЕТРИИ РАБОЧИХ ТОКОВ

pechagin_ea@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Большинству «устойчивых» однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), как правило, предшествуют кратковременные неустойчивые пробой изоляции длительностью (от 1 до 10 мс), сопровождающиеся значительными по продолжительности бестоковыми паузами (от 1 до 17 мин). Время от первого кратковременного пробоя до возникновения устойчивого ОЗЗ составляет от 1 мин до 10 суток и более. Исключить возможность внезапного повреждения изоляции из-за ее износа и обеспечить тем самым возможность предотвращения раз-

вития более тяжелых аварий можно за счет мониторинга технического состояния изоляции ВЛ [1].

Решением данной задачи может являться доработка известного способа определения линии с замыканием на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью [2], позволяющая использовать его функциональные возможности для осуществления мониторинга технического состояния изоляции воздушной ЛЭП 10 кВ. Структурная схема предлагаемого способа представлена на рис. 1.

Предлагаемый способ функционирует следующим образом: допустим, что ВЛ14 не имеет дефектов изоляции ($R_{\text{пер}} \rightarrow \infty$), ВЛ15 имеет скрытый дефект изоляции, характеризующийся кратковременными неустойчивыми пробоями ($0 < R_{\text{пер}} < \infty$), а ВЛ 16 имеет устойчивое замыкание на землю ($R_{\text{пер}} \rightarrow 0$). Блок управления 3, периодически, с заданным интервалом времени выдает команду выключателям 5 и 6 на поочередную коммутацию двух любых фаз, например А и В, шин низковольтного напряжения 2 силового трансформатора 1 на землю через токоограничивающее сопротивление 13.

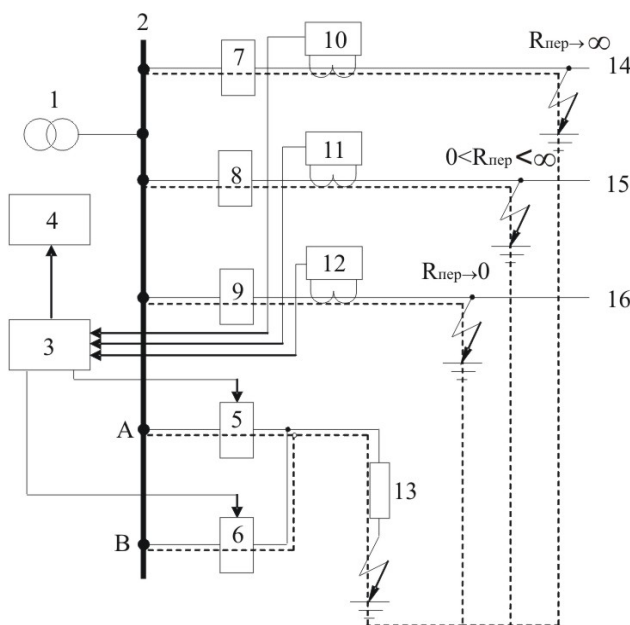


Рис. 1. Структурная схема способа мониторинга технического состояния изоляции в сетях с изолированной нейтралью:

- 1 – силовой трансформатор; 2 – шины низковольтного напряжения;
- 3 – блок управления; 4 – указатель состояния изоляции в отходящих ВЛ;
- 5 – однофазные выключатели 5 и 6; 7 – 9 – коммутационные аппараты;
- 10 – 12 – датчики тока; 13 – токоограничивающее сопротивление; 14 – 16 – ВЛ

При этом в ВЛ14 ни в одной из фаз не будет протекать тока двойного замыкания на землю, т.к. изоляция этой линии не имеет дефектов, следовательно, здесь изменение степени несимметрии рабочих токов наблюдаться не будет. В ВЛ15, в фазе, имеющей скрытый, развивающийся дефект изоляции, временно будет протекать ток двойного замыкания на землю, обеспечивая незначительное изменение степени несимметрии рабочих токов. В ВЛ16, в фазе, имеющей устойчивое замыкание на землю, будет постоянно протекать ток двойного замыкания на землю, обеспечивая значительное изменение степени несимметрии рабочих токов. Степень изменения несимметрии рабочих токов фиксируется датчиками тока 10 – 12. Информация о состоянии изоляции ВЛ, с учетом того, что наибольшая степень изменения несимметрии рабочих токов соответствует ВЛ с наихудшей изоляции, отображается диспетчеру посредством указателя 4.

Предлагаемый способ мониторинга технического состояния изоляции позволит в значительной степени повысить надежность и безопасность функционирования воздушных электрических сетей с изолированной нейтралью, а также не требует больших материальных затрат на практическую реализацию.

Библиографический список

1. **Чернышов, В. А.** Мониторинг аварийности электрооборудования сельских распределительных сетей / В. А. Чернышов, А. И. Гавриченко, Е. А. Печагин // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2008. – Т. 2, № 2 (12). – С. 168 – 173.

2. **Пат. 2273938 Российская Федерация: МПК Н 02 J 13/00.** Способ определения линии с замыканием на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью / В. Г. Васильев, В. А. Чернышов ; заявитель и патентообладатель Орловский государственный аграрный университет. – № 204131321/09 ; заявл. 26.10.2004 ; опубл. 10.04.2006, Бюл. № 10. – 4 с.

3. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ВДОЛЬ ТРАССОВЫХ ОБЪЕКТОВ НПС «МИКУНЬ»
УХТИНСКОГО РНУ АО «ТРАНСНЕФТЬ-СЕВЕР» АК «ТРАНСНЕФТЬ»**

i.beer.2016.s@mail.ru

Ухтинский государственный технический университет

В последние несколько лет на объектах предприятия АО «Транснефть-Север» АК «Транснефть» происходит реконструкция и модернизация основных и вспомогательных систем. Внедряются современные технологии с использованием нового оборудования, отечественного и зарубежного производства.

Нефтеперекачивающая станция (НПС) «Микунь», предназначена для повышения давления транспортируемой нефти в магистральных нефтепроводах. Для поддержания рабочего давления на НПС «Микунь» имеются специальные цеха, где установлены агрегаты для поддержания рабочего давления в нефтепроводе [1].

Также в состав НПС входят вдольтрассовые объекты, расположенные вдоль нефтепровода. К ним относятся станции катодной защиты (СКЗ) и блок-боксы телемеханики (Б/Б ТМ). СКЗ служит для защиты нефтепровода от коррозии. В Б/Б ТМ установлены приводы магистральных задвижек, которые расположены преимущественно возле водных переходов, чтобы в аварийных ситуациях перекрыть движение нефти и не допустить ее попадание в природоохранную среду [1].

Для питания этих объектов используются комплектные трансформаторные подстанции (КТП) напряжением 10/0,4 кВ для Б/Б ТМ и 10/0,23 кВ для СКЗ. Питание некоторых КТП на участке 212...254 км осуществляется по магистральной схеме снабжения от сторонних источников электроэнергии принадлежащих различным организациям. В связи с этим снижается надежность электроснабжения вдольтрассовых объектов АО «Транснефть-Север» на данном участке. Поскольку отключение одного из объектов сторонней организации подключенного к одной и той же КТП повлечет за собой одновременное отключение и со стороны АО «Транснефть-Север», что нарушит технологический процесс по транспортировке нефти.

При анализе существующей схемы электроснабжения были выявлены следующие недостатки:

- отсутствие резервного источника питания для потребителей I и II категорий;
- необходимость согласования отключения питания потребителей АО «Транснефть-Север» со сторонними поставщиками электроэнергии для их ремонта и обслуживания.

Для решения поставленных задач предполагается перевести электроснабжение вдольтрассовых объектов АО «Транснефть-Север» на участке 212–254 магистрального нефтепровода на собственные источники электроэнергии, а именно подключение к НПС «Микунь». Также предполагается замена КТП и установка новой защитной и коммутационной аппаратуры.

Эти мероприятия будут способствовать:

- повышению надежности электроснабжения;
- уменьшению затрат на приобретение электроэнергии;
- осуществлению оперативного ремонта основного оборудования обслуживающим персоналом;
- осуществлению более быстрого отключения при аварийных ситуациях;
- повышению надежности и быстродействия автоматических отключений при авариях и повторного включения без участия оператора.

В работе решены задачи, которые заключаются в изменении схемы электроснабжения объектов, расположенных вдоль нефтепровода, определении расчетных нагрузок, выборе высоковольтного оборудования для подстанций, проверке существующего оборудования. Для выбора нового оборудования произведен расчет токов короткого замыкания, рассматриваться вопросы, касающиеся релейной защиты и автоматики трансформаторов подстанции [2]. Рассмотрены вопросы охраны труда при эксплуатации электроустановок. Для определения рентабельности проекта произведен расчет экономической эффективности.

Библиографический список

1. **Шабанов, В. А.** Электроснабжение нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов / В. А. Шабанов, В. Ю. Алексеев. – Уфа : ООО «Монография», 2010. – 272 с.

2. **Кудрин, Б. И.** Электроснабжение / Б. И. Кудрин. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 352 с.

*Работа выполнена под руководством
ст. преподавателя Е. В. Тетеревлевой*

П. А. Сухов, А. А. Жеребятьев

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Тамбовский государственный технический университет

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие энергетические ресурсы. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны при существующей технологии. Задача состоит в определении их экономически обоснованного уровня. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до этого уровня – одно из важных направлений энергосбережения [1].

Перемещение любого материального объекта из одного места в другое требует определенных затрат (работы). При перемещении объектов часто применяется понятие «расход топлива». Аналогичный расход электроэнергии традиционно называют потерями электроэнергии. Этот термин в широком смысле вызывает представление о плохо организованном процессе передачи электроэнергии, ассоциируясь с потерями при перевозке зерна, угля и прочее [2].

Фактические потери, т.е. разница между отпущенной в сеть и оплаченной электроэнергией, имеют четыре составляющие:

- технические потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче ее по электрическим сетям и выражающимися в преобразовании ее части в тепло в элементах сетей;
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанции, необходимый для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала;
- потери электроэнергии, обусловленные инструментальными погрешностями ее измерения (инструментальные потери);

– коммерческие потери, обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием ее оплаты бытовыми потребителями показаниям счетчиков, задержкой платежей, неоплатой счетов и другими причинами в сфере организации контроля потребления энергии. Их значение определяют как разницу между фактическими (отсчетными) потерями и суммой первых трех составляющих, представляющих собой технологические потери.

Для снижения коммерческих потерь возникает вопрос о контроле расхода электроэнергии на всех звеньях электрической цепи от генератора до потребителя. Чем больше информации и выше класс точности измерительного оборудования, тем ниже коммерческие потери. Для этого используются автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ), которые обладают следующим преимуществами:

1) полностью снимается проблема доступа представителей энергосбытовых организаций к приборам учета для сверки показаний и проверки их технического состояния, тем самым сокращаются возможности ошибок человеческого фактора; расчетные и диспетчерские службы получают дистанционный доступ к актуальной учетной и аварийной информации; соответственно отпадает необходимость в многочисленном штате контролеров;

2) полностью устраняется возможность хищения электроэнергии и других нарушений со стороны конечных потребителей;

3) предоставляется возможность введения многотарифной и гибкой системы расчетов за потребляемую электроэнергию;

4) для организации учета не требуется создания каких-либо каналов связи;

5) возможно вести расчет баланса потребленной электроэнергии для управления процессами, определяющими технические и коммерческие потери.

Таким образом, снижения коммерческих потерь необходимо проводить научные исследования по оценке эффективности использования различных систем АСКУЭ с разработкой критериев оптимизации выбора этих устройств.

Библиографический список

1. **Воротницкий, В. Э.** Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в городских электрических сетях / В. Э. Воротницкий, Я. Т. Загорский // Электрические станции. – 2000. – № 5.

2. **Инструкция** по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35...500 кВ / Главтехуправление. – М., 1981.

К. В. Тепанян, А. А. Луговец

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Тамбовский государственный технический университет

Необходимость выделения управления электропотреблением в отдельную проблему порождена основным режимным противоречием между производством и потреблением электрической энергии [1].

Это противоречие заключается в том, что генерирующее оборудование наиболее экономично используется при равномерном графике нагрузки, нивелированном на уровне «среднее за период», а потребляющее электроэнергию оборудование работает по свободному графику электропотребления, обеспечивающему выполнение производственной программы потребителя. При этом график нагрузки неравномерный, электрическая нагрузка изменяется в пределах от $P_{\min}$ до $P_{\max}$, причем $P_{\min} \ll P_{\max}$.

Большая неравномерность графика нагрузки энергосистемы и, прежде всего, его максимум возникают при наложении максимумов нагрузки городских, промышленных, сельскохозяйственных и железнодорожных электрических сетей. Причиной разуплотнения (неравномерности) графиков нагрузки является одно- или двухсменная работа промышленных предприятий с сохранением трехсменной только в тех отраслях промышленности, технологические процессы которых не допускают перерывов в работе [1].

В энергетике наиболее весомой составляющей затрат на производство электроэнергии является топливная составляющая – стоимость топлива. Эта составляющая состоит из двух явно выраженных частей – затрат на поддержание режима и затрат на изменение режима. Последнее иногда называют режимными затратами топлива и рассчитывают для одного цикла «разгрузка-нагрузка». Режимные затраты топлива – количество дополнительного (по отношению к затратам на поддержание режима) топлива, необходимого для прохождения «пики» или «провала» нагрузки. Для типовых энергоблоков мощ-

ностью 150, 200, 300 мВт в условиях ОДУ Северо-Запада режимные затраты топлива выражаются следующим регрессионным уравнением [2]:

$$\Delta Z_{\text{реж}} = 0,007 + 0,05\Delta P - 0,7W - 0,0002\Delta P^2 + 0,04W^2 + 0,002P_w, \quad (1)$$

где $\Delta Z_{\text{реж}}$ – режимные затраты топлива, тонн; ΔP – диапазон изменения нагрузки, МВт; W – скорость изменения нагрузки, МВт/мин; P_w – номинальная мощность энергоблока, МВт.

Кроме того, энергосистеме технически сложно маневрировать имеющимися производственными ресурсами при колебаниях нагрузки потребителя. Технические возможности регулирования мощности АЭС в настоящее время незначительны, а мощность маневренных газотурбинных установок и гидроэлектростанций меньше, чем суточные колебания нагрузки энергосистемы. Поэтому в ее регулировании вынужденно принимают участие и ТЭС. Каждый пуск и останов турбогенератора приводит к дополнительному расходу топлива и повышению стоимости вырабатываемой электроэнергии.

Также можно выделить и другие негативные факторы для энергосистемы:

- необходимость иметь резерв в виде целых готовых к работе агрегатов – только таким образом могут быть обеспечены непрерывность и бесперебойность электроснабжения;
- неравномерная и неполная загрузка оборудования, что приводит к ухудшению значения традиционных экономических показателей, требующих максимизации использования производственных мощностей и минимизации их резервов.

Таким образом, для обеспечения эффективного регулирования в системе «генератор – нагрузка» необходимо учитывать как технические, так и экономические параметры системы.

Библиографический список

1. **Сбродов, Г. П.** Методы, алгоритмы и средства управления электропотреблением / Г. П. Сбродов. – Минск : БПИ, 1988. – Ч. 1. Методы и алгоритмы. – 92 с.
2. **Веников, В. А.** Оптимизация режимов электростанций и энергосистем / В. А. Веников, В. Г. Журавлёв, Т. А. Филиппова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

**СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
УДАЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ**

subs1stem@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

В настоящее время большинство предлагаемых на рынке систем управления, имеющих возможность удаленного доступа к объекту, требуют установки специализированного программного обеспечения, как на серверную, так и на клиентскую части комплекса. Зачастую, в программном обеспечении для клиентской стороны отсутствует кроссплатформенность, что существенно снижает гибкость системы управления. В связи с этим, предлагается проект системы управления удаленными объектами с использованием Web-технологий [1 – 3].

Структурная схема системы представлена на рис. 1.

Ядро комплекса состоит из нескольких серверов, различающихся по назначению, при этом, аппаратно ядро может быть реализовано на одном сервере. Управление объектом происходит с помощью контроллера(-ов), преобразующего команды от сервера управления в электрические сигналы и наоборот. Сервер управления выполняет необходимые математические операции и осуществляет обмен данными с контроллером. В большей степени, его предназначение заключается в разгрузке контроллера от громоздких вычислений [4–5].

Веб-сервер осуществляет взаимодействие с клиентами посредством отображения веб-страниц на клиентских устройствах, иначе говоря, веб-сервер выступает хостингом для сайта. Сайт предоставляет клиенту возможность комфортного, интуитивного и детального взаимодействия с управляемым объектом. Пользователь в режиме реального времени может наблюдать за текущими параметрами объекта и отдавать команды управления. Данный сайт имеет внешний («белый») IP-адрес и может иметь собственное доменное имя, что делает его доступным в пределах всей сети Internet.

Сервер баз данных может хранить такие данные, как данные пользователей, необходимые для авторизации на сайте (логин-пароль), информацию о правах доступа тех или иных лиц к различным Web-страницам и функционалу.

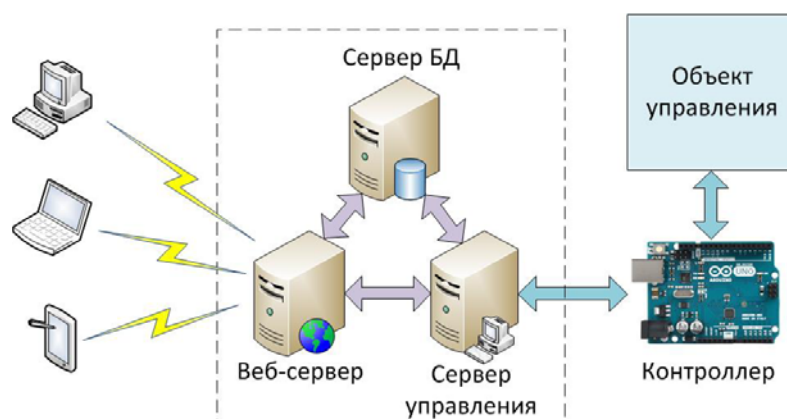


Рис. 1. Структурная схема системы удаленного управления объектом

Также, сервер БД может осуществлять логирование – вести протоколы и журналы, создавать файлы с записями о различных событиях, связанных как с управлением объектом, так и с работой самих серверов. Например, сервер может записывать данные о том, какой пользователь, когда и какие изменения вносил в программу управления объектом.

Такая форма взаимодействия с объектом позволяет максимально расширить круг устройств, имеющих возможность доступа к объекту. Отпадает необходимость установки специализированного программного обеспечения на клиентской стороне – HTML-страницы с широким применением сценарных языков программирования в настоящий момент могут отображаться практически на любом устройстве, что выводит процессы удаленного управления объектами на совершенно иной уровень.

Библиографический список

1. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4 (66). – С. 21 – 28.
2. **Chernyshov, N. G.** Features of Creation of Power Saving Control Systems on Set Operation Conditions / N. G. Chernyshov, D. Yu. Muromtzev // Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42, No. 3 / Juni 2008. – P. 163 – 168.
3. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии бес-

проводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

4. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.

5. **Чернышов, Н. Г.** Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Н. Г. Чернышова*

А. Р. Хребтов, А. В. Поплевин, С. Н. Данилов

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

resbn@jesby.tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Целью данной статьи является снижение энергетических затрат траекторного управления беспилотным автомобилем в процессе его движения. Алгоритм управления позволяет обосновать состав информационно-вычислительной системы управления, оптимальной по критерию локального функционала качества, учитывая одновременно требования точности и экономичности управления. Для реализации функций автоматического управления система наблюдения за окружающей обстановкой включает в себя следующие входные устройства: лидар, радары, видеокамера, датчик оценки положения, инерционный датчик движения, GPS приемник [1].

В системах управления беспилотным автомобилем используются датчики, работающие в радиоволновом диапазоне, являющиеся эффективным средством наблюдения за обстановкой из-за независимости их работоспособности от времени суток и погоды [2].

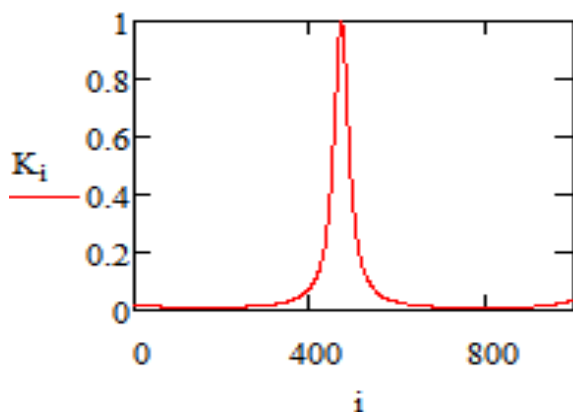


Рис. 1. Изменение коэффициента опасности

Следует учитывать, что одного наблюдения за обстановкой недостаточно для обеспечения безопасности дорожного движения, в связи с этим в программное обеспечение автомобиля записана определенная дистанция до потенциально опасного объекта, при приближении на которую система управления предпринимает маневр уклонения от опасности. Но простое введение пороговой дистанции для выполнения маневра нерационально по отношению к энергетическим затратам,

так как в таком случае слишком велик шанс нерациональной реакции уклонения от потенциально опасного объекта, что приведет к излишним затратам энергии и ресурса автомобиля.

Рассмотрим систему анализа данных (дальности до потенциально опасного объекта, скорости сближения, угла и угловой скорости линии визирования объекта [3]), полученных с радиолокационных (РЛ) датчиков, позволяющую анализировать поведение потенциально опасного объекта и прогнозировать его положение в пространстве в ближайшей перспективе [4].

Данная система рассчитывает коэффициент, который показывает, представляет ли опасность объект, обнаруженный РЛ датчиками, и, на основе этого коэффициента, принимает решение о необходимости выполнения маневра уклонения. Пример изменения коэффициента опасности встречного автомобиля K при его маневрировании в пределах своей полосы показан на рис. 1.

Использование этой системы позволит правильно выбрать дистанцию обязательной реакции на опасность, а следовательно, избавиться от излишнего риска, трат энергии и ресурса.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что предлагаемый алгоритм снижения энергетических затрат траекторного управления беспилотным автомобилем не только экономит энергию, благодаря избавлению от ошибочных действий системы, но и сохраняет механический потенциал автомобиля на более длительный срок эксплуатации.

Библиографический список

1. **Авиационные** системы радиопередачи / под ред. А. И. Канащенкова и В. И. Меркулова. – М. : Радиотехника, 2003. – Т. 2. – 390 с.
2. **Данилов, С. Н.** Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
3. **Панасюк, Ю. Н.** Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
4. **Данилов, С. Н.** Алгоритм прогноза координат воздушных объектов для обеспечения функционирования системы направленной связи на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Р. Р. Шатовкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 530 – 539.

С. Н. Черешнев

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Sergei.chereshnev@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Сельское хозяйство – крупный потребитель топливно-энергетических ресурсов и является одним из приоритетных направлений экономического развития Тамбовской области.

По данным Росстата потребление электроэнергии сельскохозяйственными предприятиями в 2016 г. составило около 19 млрд кВт·ч. В соответствии с постановлением № 717 от 14 июля 2012 г. госпрограммы развития сельскохозяйственного производства, к 2020 г. прогнозируется рост потребления электроэнергии на 40 %.

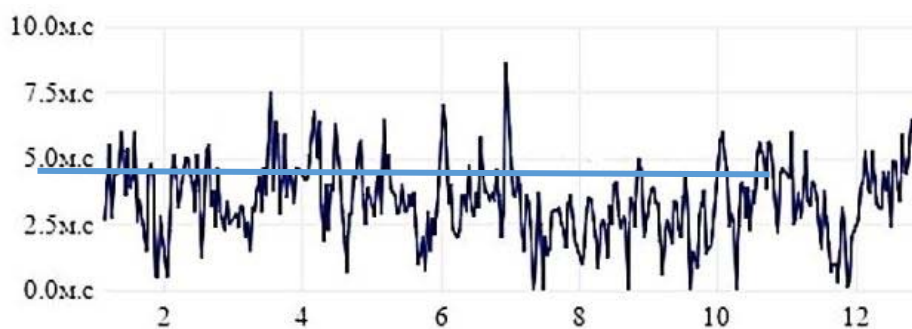


Рис. 1. Среднегодовая скорость ветра в Тамбовской области

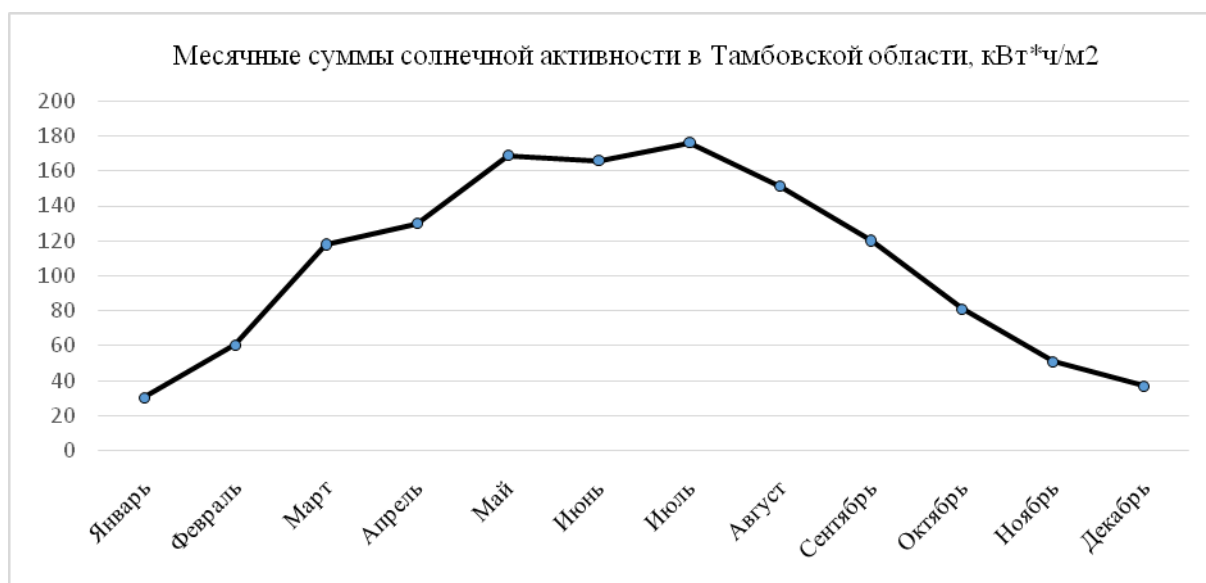


Рис. 2. Суммарная солнечная активность

Однако электрические сети находятся в неудовлетворительном состоянии, а глобальная реконструкция сетей требует больших затрат. Одним из способов выхода на уровень оптимального энергоснабжение-применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Применение ВИЭ в сельском хозяйстве позволит увеличить энерговооруженность и получить энергетическую независимость, без повышения нагрузки на центральную сеть.

Наиболее оптимальные ВИЭ для Тамбовской области:

– ветрогенераторы: среднегодовая скорость ветра для региона 3,8 м/с. Использование ветрогенераторов экономически эффективно в местности со среднегодовой скоростью ветра от 4 м/с. Таким образом, в Тамбовской области будет целесообразно использовать ветрогенераторы малой и средней мощности для обеспечения бесперебойного снабжения сельскохозяйственных предприятий;

– солнечные батареи: среднесуточная солнечная активность в регионе составляет 3,4 кВт·ч/м². Высокая стоимость установки и обслуживания, и невысокая мощность не позволит использовать солнечные панели в качестве основного источника питания, только для резервного;

– биогазовые установки: источником биоматериала являются мясное животноводство, производство сахарной свеклы и подсолнечника.

1. Количество биогаза в Тамбовской области

Биоматериал, 1 т	Количество, т	Биогаз, м ³	Количество биогаза, млн м ³
Навозная жижа КРС	1,8	45	81
Свиная навозная жижа	1	60	60
Ботва от свеклы	1,5	75	112
Птичий помет	0,5	80	40
Кукурузный силос	0,4	250	100
Травяной силос	0,8	300	240

Таким образом, в регионе достаточно ресурсов для использования биогазовых установок в качестве основного источника энергоснабжения.

На основании данных можно сделать вывод, что в Тамбовской области достаточное количество природных ресурсов для внедрения ВИЭ в сельскохозяйственные предприятия. Это позволит обрести энергетическую независимость, повысить качество электроэнергии, улучшить экологическое состояние региона и в долгосрочной перспективе снизить затраты на электроэнергию.

Библиографический список

1. **Сибикин, Ю. Д.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : КноРус, 2012. – 240 с.

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

УМЕНЬШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПЕРЕДАТЧИКА ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА ОСЛАБЛЕНИЯ ПИК-ФАКТОРА СИГНАЛОВ С OFDM-МОДУЛЯЦИЕЙ

churilin.oleg@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Рассмотрим практические аспекты реализации технологии OFDM и анализируем параметры снижения пик-фактора излучаемого сигнала. Известно, что его увеличение негативно сказывается на многих характеристиках, в том числе ведет к росту энергопотребления передатчика. Стабилизации величины битовых ошибок и снижения значения пик-фактора удалось достичь с помощью поворота на определенный угол фазового созвездия и метода клиппирования, соответственно [1].

При повороте созвездия получается дополнительное разнесение информации в фазовой плоскости, которое улучшает качество исправления ошибок в каналах с сильными замираниями [2].

Применением клиппирования с низким порогом можно добиться получения практически любого заданного значения пик-фактора сигнала, однако, при этом растет степень искажений сигнала, что в свою очередь приводит к возрастанию корреляционных связей между поднесущими и снижению помехоустойчивости [3].

Аналитическая запись процедуры амплитудного ограничения сигнала x определяется следующим выражением

$$f(x) = \begin{cases} x, & \text{при } |x| \leq h, \\ Kx + h, & \text{при } x > h, \\ Kx - h & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (1)$$

где h – порог клиппирования; K – коэффициент пропорциональности.

Как видно из графика, происходит уменьшение пиков амплитуд (рис. 1). Восстановление сигнала производилось на основе обратного алгоритма. Для максимального уменьшения относительной ошибки MER из-за влияния шума,

относительную среднеквадратическую величину которого обозначим d , были подобраны коэффициенты $K = 0,1$ и $h = 1$.

Получившиеся результаты представлены в табл. 1.

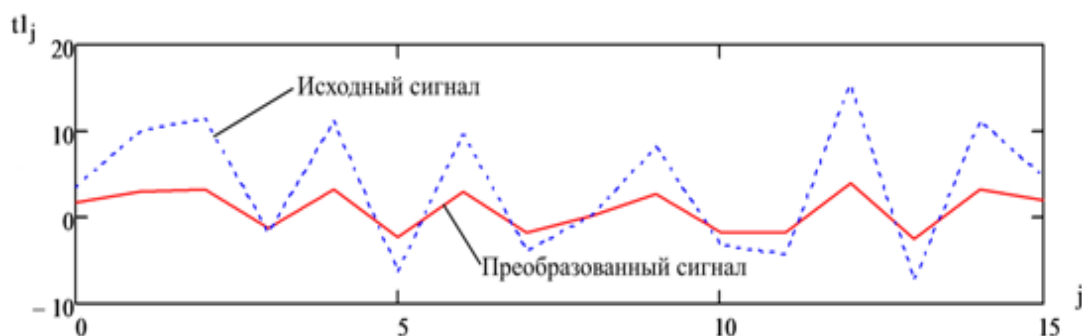


Рис. 1. Изменение амплитуды сигнала во времени

1. Значения ошибки при заданном уровне шума

d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
MER	0,255	0,467	0,657	0,75	1,14

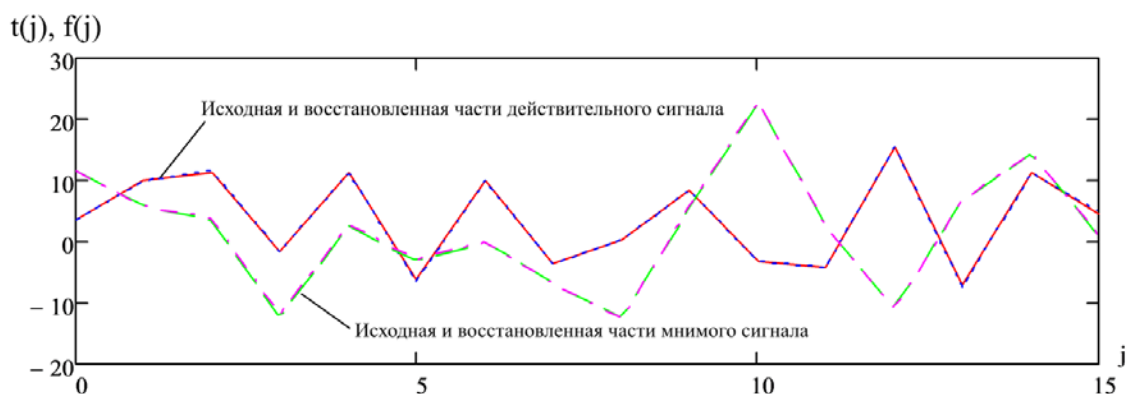


Рис. 2. Изменение амплитуды сигнала во времени

Из графика (рис. 2) видно, что амплитуда сигнала в точности восстановлена. При использовании алгоритма относительная мера ошибки MER составила 0,32, вместо 2,63 притом же уровне шума (рис. 3). Применение этих технологий, позволяет снизить пик-фактор на 25 %. А это, в свою очередь, существенно снижает расходы на электропитание.

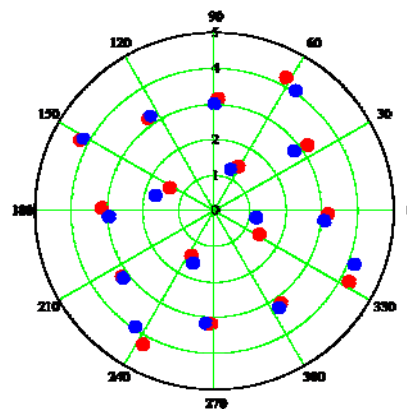


Рис. 3. Фазовое созвездие сигналов

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Современные системы радиосвязи [Электронный ресурс; мультимедиа] : учеб. пособие для студентов : в 2 кн. / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 2 электрон. опт. диска.
2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр ; пер. с англ. ; изд-е 2-е. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
4. Чернышова, Т. И. Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 532 – 537.
5. Данилов, С. Н. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.

Л. Н. Шакина

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ludmila270296@mail.ru

Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина

В работах [1 – 3] предложено понятие эффективности систем электроснабжения и показаны основные критерии эффективности, но не приведен их расчет. Таким образом, возникает необходимость исследования и разработки способов управления показателями эффективности. Особенно это актуально для автономных систем электроснабжения, так как на их примере наглядно

можно проверить успешность того или иного способа управления. Кроме того, выполнение расчетов эффективности для автономных систем влечет за собой возможность значительного сокращения необходимых к учету факторов, влияющих на эффективность систем электроснабжения.

Практическое значение проводимых исследований будет заключаться в разработке способов управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения с учетом минимизации дополнительных капитальных затрат и эксплуатационных издержек. Эти способы должны охватывать как технико-экономические механизмы регулирования взаимодействия электросетевых, генерирующих, энергосбытовых компаний и потребителя по обеспечению надежности электроснабжения, осуществлению технологических присоединений к электрическим сетям, обеспечению качества поставляемой электроэнергии, так и непосредственно разработку систем и оборудования для реализации предлагаемых способов.

Целью исследования является разработка способов управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения.

Основными результатами исследований должны явиться:

1) выполненный анализ показателей эффективности систем электроснабжения, по итогам которого будут определены достоинства и недостатки различных вариантов систем электроснабжения, заданы направления их совершенствования;

2) выполненное математическое моделирование эффективности автономной системы электроснабжения, которое позволит рассчитать составляющие обеспечивающих и стимулирующих издержек при эксплуатации систем электроснабжения;

3) методика выбора способов и средств управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения, позволит рационально применять указанные способы регулирования;

4) технико-экономическое обоснование предложенных способов и средств управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения позволит оценить возможности их применения не только для автономных систем электроснабжения, но, в какой-то степени, распространить указанные способы и на системы централизованного электроснабжения.

Разработка способов управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, повысить качество и скорость осуществления технологических присоединений новых потребителей к электрическим сетям и обеспечить нормативный уровень качества поставляемой потребителям электроэнергии.

Библиографический список

1. **Виноградов, А. В.** К определению эффективности систем электроснабжения / А. В. Виноградов // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 26 – 35.
2. **Большев, В. Е.** Обзор зарубежных источников по теме повышения эффективности систем электроснабжения / В. Е. Большев, А. В. Виноградов // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 2 (15). – С. 21 – 25.
3. **Виноградов, А. В.** Время осуществления технологического присоединения к электрическим сетям как фактор эффективности систем электроснабжения / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова, А. А. Кучинов // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6 (73). – С. 54 – 60.

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

В. И. Шведко, Д. В. Гурьянов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ DESIGO INSIGHT

linches363@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

Панель управления системой вентиляции в DesigoInsight. На рисунке 1 синей стрелкой изображен вход воздуха в систему, по нажатию кнопки пуск запускается асинхронный двигатель и вентилятор продвигает воздух дальше, а по нажатию кнопки стоп работа прекращается. На прямоугольном экране показана влажность воздуха и его температура. На верхней трубе стоят датчики регулирования влажности и температуры выходящего воздуха.

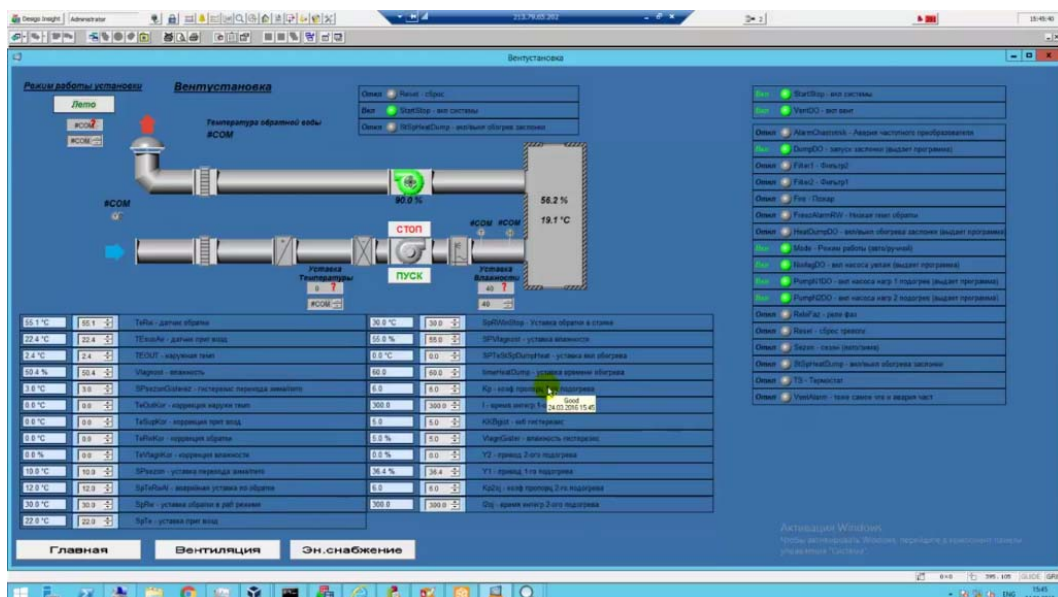


Рис. 1. Модель системы вентиляции воздуха

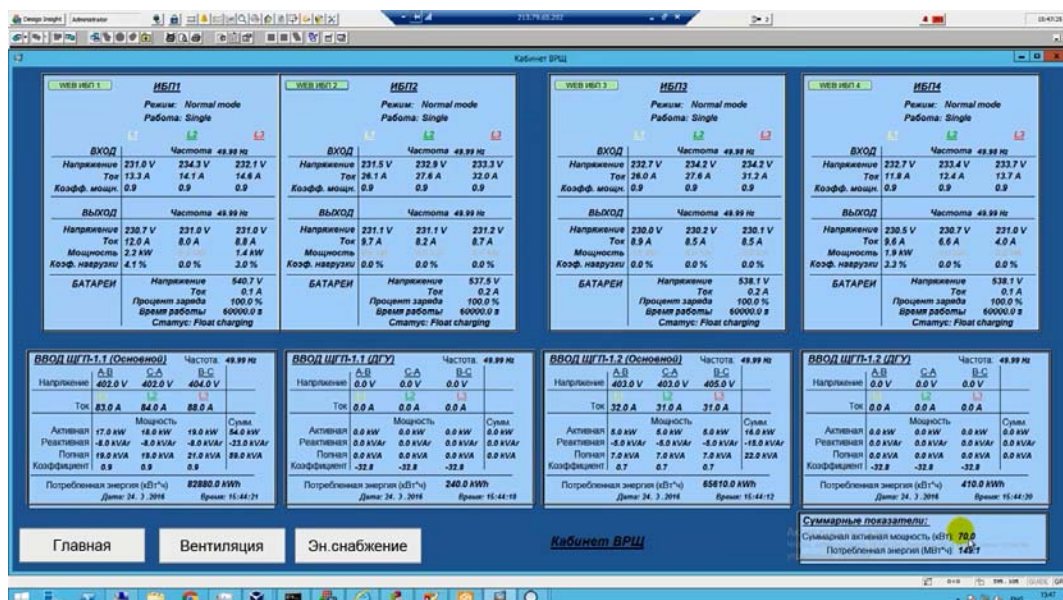


Рис. 2. Режим работы калорифера и охладителя

На рисунке 2 показан пример работы калорифера ИБП1, ИБП2, ИБП3 их входные и выходные параметры а также мощность каждой групповой системы и в совокупности всех вместе.

Результаты программирования могут применяться в следующих ситуациях:

- при проектировании и модернизации систем вентиляции в складских помещениях и зданиях;
- в учебном процессе для обучения студентов по направлению «Агроинженерия».

В своем исследовании я использовал программный комплекс Desigo Insight. Благодаря своим отличным функциональным возможностям, гибкости, надежности и открытым интерфейсам. Они стали единой системой из свободно-программируемых станций автоматизации (контроллеров) и станций управления (диспетчеризации), для полного спектра применений в сфере автоматизации для зданий.

Библиографический список

1. **Шведко, В. И.** Автоматизация частотно-регулируемого электропривода на основе программы CoDeSys / В. И. Шведко, Д. В. Гурьянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов ; Тамбовский государственный технический университет. – 2017. – С. 360 – 362

2. **Шведко, В. И.** Автоматизированное управление частотно-регулируемым асинхронным двигателем в системе вентиляции через программный комплекс CoDeSys / В. И. Шведко, Д. В. Гурьянов // Инновационная наука в глобализующемся мире : материалы IV Междунар. науч.-практ. конференции (г. Уфа, 15–16 марта 2017 г.). – 2017. – С. 48 – 52.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доцента Д. В. Гурьянова*

А. В. Швылев

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ 0,4 КВ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО СЕКТОРА

Мичуринский государственный аграрный университет

На рисунке 1 приведена упрощенная динамическая модель «ЛЭП» ВЛ 0,4 кВ, созданная в интерактивной системе MatLab. Промоделируем несколько аварийных режимов работы сети: однофазный, двухфазный и трехфазный короткого замыкания, аналогичные короткие замыкания фаз на землю и однофазное короткое замыкание с отгоранием нулевой жилы.

Рассмотрим ситуацию, когда происходит *однофазное короткое замыкание*. Для моделирования данного аварийного режима фазу А в момент времени 5,9...6,0 с замкнули на землю, имитируя однофазное короткое замыкание. Вследствие этого напряжение на фазе А до участка аварии упало до 200 В, а на фазе С увеличилось до 240 В. Напряжение фазы В осталось неизменным (рис. 2).

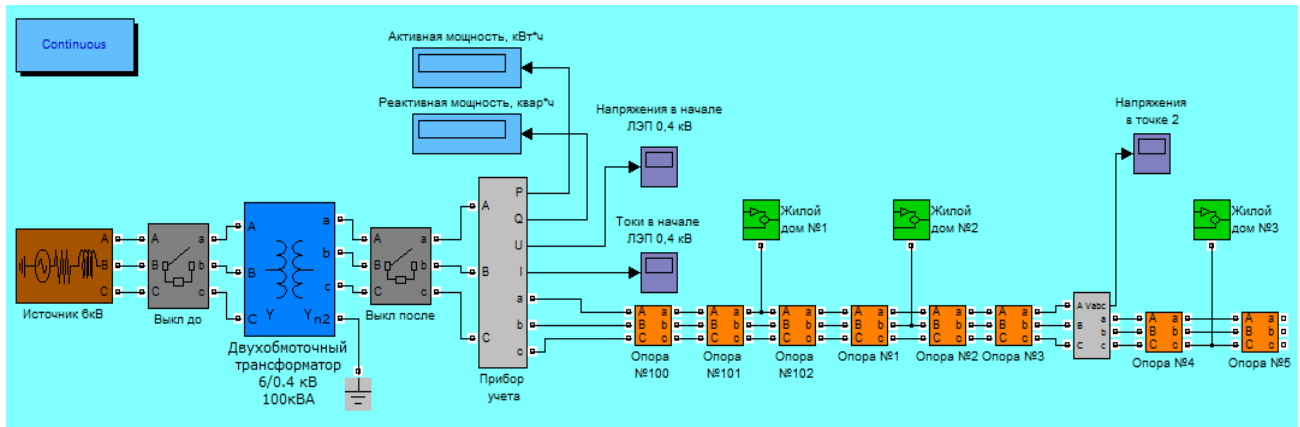


Рис. 1. Упрощенная динамическая модель «ЛЭП» ВЛ 0,4 кВ

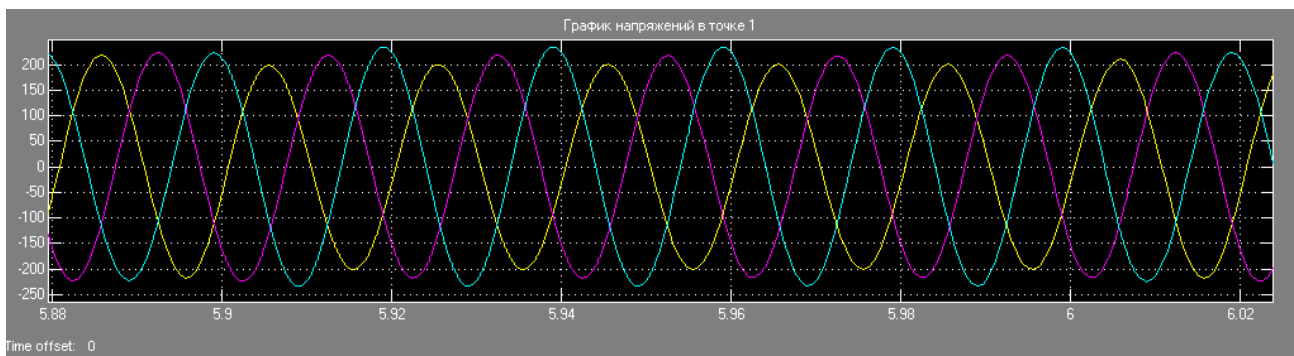


Рис. 2. График напряжений в начале ВЛ 0,4кВ

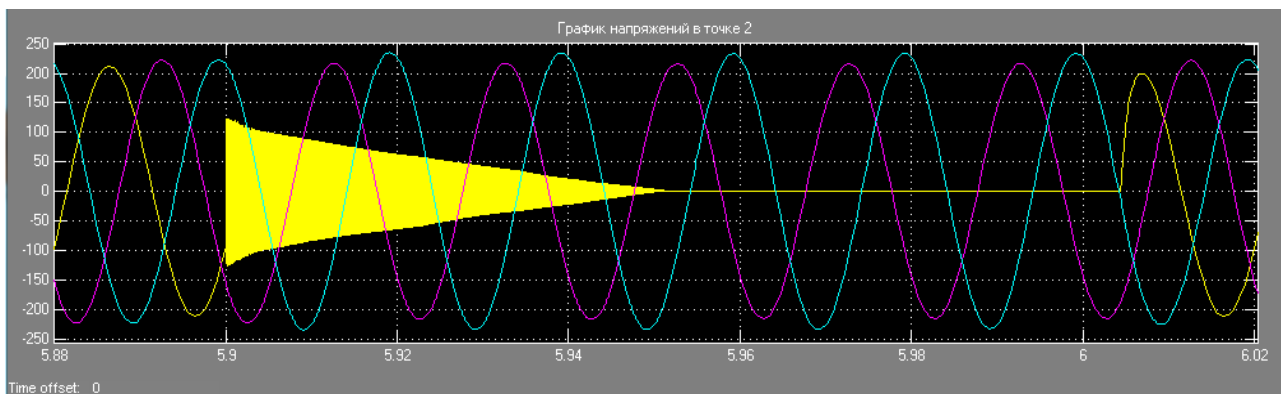


Рис. 3. График напряжений в точке № 2

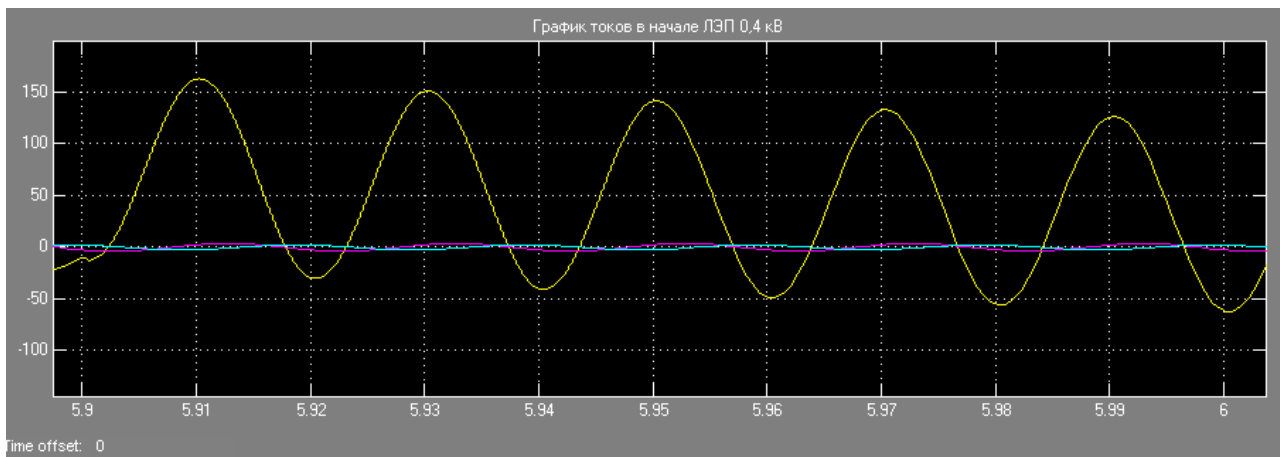


Рис. 4. График токов в начале ВЛ 0,4 кВ

Напряжение фазы А после аварийного участка плавно стремится к нулю (рис. 3). Ток в линии электропередач по фазе А достигает 162 А (рис. 4). Соответственно, при данном аварийном режиме в трансформаторной подстанции должна сработать аварийная защита.

Библиографический список

1. **Акимкин, А. Ф.** Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://snipov.net/c_4691_snip_98235.html (дата обращения: 27.12.2017).
2. **Электрические** системы и сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.studfiles.ru/preview/2692042/page:3/> (дата обращения: 27.12.2017).
3. **Компьютерные** методы проектирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65625b3ad78b5d43b88421206c36_0.html (дата обращения: 27.12.2017).
4. **Система** автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 27.12.2017).
5. **Черных, И. В.** Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с. : ил.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС АС УВД

pavelshpikin@mail.ru; ponfak@gmail.com; pyunikol@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Точность определения координат относится к энергетической характеристике радиолокационной станции (РЛС) автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД), которая характеризуется средней квадратической ошибкой (СКО) и зависит от отношения сигнала к шуму на выходе измерителя координат [1].

Для решения задачи сопровождения целей по дальности в современных РЛС АС УВД формируются оценки дальности D и скорости сближения V по алгоритму α - β и α - β - γ фильтрации. СКО по дальности и скорости меньше в α - β - γ фильтра по сравнению α - β фильтром. Это связано с тем, что в алгоритме α - β - γ фильтра используется модель движения воздушного судна (ВС) относительно РЛС на основе гипотезы изменения фазовых координат с постоянным ускорением, а в алгоритме α - β фильтра используется модель движения ВС относительно РЛС на основе гипотезы изменения фазовых координат с постоянной скоростью. Эти модели не отвечают современным требованиям по точности РЛС [2].

Часто используется при синтезе радиоэлектронных средств зингеровская модель движения воздушного судна состояния, где ускорение моделируется с помощью стационарного процесса применительно к ансамблю всех возможных траекторий ВС. Так как в модели ускорение задается с учетом ансамбля всех возможных траекторий, то формируемый фильтр оптимален по отношению к ансамблю траекторий и неоптимален по отношению к одиночной траектории. Исследования показали, что при данной модели приемлемые оценки по дальности, скорости, ускорению имеют место, если воздушное судно движется с постоянной скоростью или равноускоренно. При маневрах воздушного

судна (пикирование, вираж и др.) СКО оценки дальности увеличиваются в 2...2,5 раза, скорости – 2,5...3 раза, ускорения – 3...3,5 раза, что является недопустимым в АС УВД. Маневр ВС для РЛС представляет собой нестационарный процесс, поскольку траектория состоит из участков, где ускорение меняется в зависимости от вида и этапа маневра. Статистически точно, на основе модели Зингера, описать закон изменения ускорения при маневре цели затруднено [3].

Усовершенствованные принципы АС УВД требуют оценки текущего ускорения воздушного судна. Однако маневры самолетов, являющихся целью, характеризуются высоким поперечным ускорением и низким, часто незначительным продольным ускорением. Эта информация может использоваться для создания модели состояния цели. При этом сокращается неопределенность относительного перемещения цели. Оценку поведения целей при маневре можно основывать на том, что ее кинематические параметры (скорость, ускорение) коррелированы во времени. Но обычно РЛС позволяет измерять только координаты цели (дальность, углы азимута и места). Для того чтобы иметь дополнительную информацию об ускорении цели, необходимо знать кинематические и динамические характеристики цели: скорость, угол наклона, путевой угол, перегрузки. Дополнительную информацию об ускорении цели для измерителей координат РЛС можно передавать по дискретно-адресной системе передачи информации [2].

Использование дополнительной информации в РЛС позволяет повысить точность определения координат маневрирующих ВС относительно РЛС в 3...4 раза, по сравнению с современными радиоэлектронными следящими системами, а это позволит повысить пропускную способность воздушных судов в районе аэродрома не менее, чем в 2 раза, при заданном уровне безопасности полетов.

Таким образом, измерители координат РЛС по сопровождению траекторий ВС, построенные с учетом информации кинематических и динамических характеристик ВС, позволяют улучшить точностные характеристики РЛС при одинаковой мощности передатчика РЛС, по сравнению с современными измерителями координат.

Библиографический список

1. **Панасюк, Ю. Н.** Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах: учеб. пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
2. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
3. **Панасюк, Ю. Н.** Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
4. **Чернышова, Т. И.** Оценка и повышение метрологической надежности измерительных средств с учетом климатических воздействий / Т. И. Чернышова, М. И. Нистратов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 24 – 31.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Теплоэнергетика. Проблемы и перспективы развития.....	3
<i>Балашов А. А., Данилов С. Н., Быковская В. В.</i> Выделение полезного сигнала на термограмме с использованием фильтра Калмана	3
<i>Богатырева Е. Н., Быковская В. В.</i> Поиск полезного сигнала на термограмме при помощи фильтра с двумерной апертурой	5
<i>Богометова О. Е., Гришин А. В., Трофимов Д. В., Рогов И. В.</i> Определение теплопроводности наномодифицированного полипропилена	8
<i>Богометова О. Е.</i> Экспериментальное исследование метода определения толщины покрытий	10
<i>Богометова О. Е., Ярмизина А. Ю.</i> Измерительная схема метода теплового контроля двухслойных изделий.....	13
<i>Будаев А. А., Волостных П. Г., Шишкин Д. В.</i> Исследование температурных полей при реализации неразрушающего контроля двухслойных изделий.....	15
<i>Будаев А. А., Волостных П. Г., Шишкин Д. В.</i> Исследование теплового метода определения толщины защитного покрытия на металлическом изделии.....	17
<i>Гаврилов А. О., Зебрева М. М., Коток А. Ю.</i> Программный модуль аналитического конструирования алгоритма энергосберегающего управления теплотехнологическим объектом.....	20
<i>Горбатов М. А., Луцков Д. С., Зацепина А. А.</i> Исследование ионизации пламени под воздействием импульсного электрического поля	22
<i>Грибанова С. А.</i> Исследование режимов периодической подачи теплоты с учетом теплоаккумулирующей способности зданий.....	25
<i>Грибков А. Н., Муромцев Д. Ю., Горбунов Д. В., Калашников Д. В.</i> Интеллектуальный синтез управляющих воздействий в мультиалгоритмичных системах энергосберегающего управления сложными теплотехнологическими аппаратами	27
<i>Дурнов А. А., Патаенко А. А.</i> Тепловые методы неразрушающего контроля	29
<i>Егоров С. Р., Вошин В. М.</i> Автоматизированная система измерения теплофизических свойств материалов на базе бикалориметра.....	31
<i>Егоров С. Р., Вошин В. М.</i> Моделирование теплообмена в измерительной ячейке бикалориметра.....	33
<i>Желтов А. А., Попов В. Д., Корпусов Д. В., Рогов И. В.</i> Тепловой метод неразрушающего контроля двухслойных изделий	36
<i>Желтов А. А., Ярмизина А. Ю., Майникова Н. Ф.</i> Тепловой контроль двухслойных изделий.....	38

<i>Желтов А. А., Хохлов П. А., Попов В. Д.</i> Измерительная система, реализующая метод теплового контроля двухслойных изделий.....	41
<i>Жукова Н. Ю., Никитин И. М., Львова А. А.</i> Тепловой контроль включений в полимерном покрытии металлического изделия	43
<i>Захаров А. Н.</i> Оценка теплоэнергетической нагрузки технических систем с применением эксергетического подхода.....	45
<i>Зацепина А. А., Луцков Д. С., Мешкова Э. А.</i> Исследование вольтамперной характеристики турбулентного потока	47
<i>Игнатов Н. Д. Желудков Д. А.</i> Исследование процесса предплавления в полимерах неразрушающим методом теплового контроля	49
<i>Кирич А. Ю.</i> Исследование изменений конструкции и характеристик котельного агрегата тп-13/б при работе на природно-доменной смеси газов	51
<i>Коверина А. Ю., Кретьова М. А., Тарасенко Р. А.</i> Проблемы использования топливных брикетов в коммунальной теплоэнергетике малых населенных пунктов	54
<i>Козлов Е. А., Болдарев А. О., Черченко Д. Ю.</i> Способы утилизации подстилочного помета	56
<i>Козлова Е. С., Баршутин С. Н.</i> Исследование стадий процесса взаимодействия жидкого топлива с окислительной средой	58
<i>Колесников Г. Д.</i> Неразрушающий тепловой контроль в энергетике	60
<i>Колесников Г. Д.</i> Газотурбинные установки и их применение в энергетике...	62
<i>Колесников Г. Д., Попов О. Н.</i> Многомодельный метод неразрушающего теплового контроля структурных переходов в полимерах	64
<i>Колесникова Е. С., Корпусов Д. В.</i> Актуальность разработки метода контроля жирового состава продуктов питания	66
<i>Комбаров К. С.</i> Термодинамический анализ цикла тринклера	68
<i>Корвяков А. С.</i> Исследование потребности в теплоте комплекса по выращиванию овощной продукции	71
<i>Коробов К. О.</i> Определение толщины полимерного покрытия тепловыми методами.....	72
<i>Корпусов Д. В.</i> Контроль жирового состава продуктов пищевой промышленности	74
<i>Красова А. А. Суркова Н. Э.</i> Перспективы применения интеллектуальной сети для отопления жилых домов.....	76
<i>Кузнецов А. В., Лёвин А. Г., Никулин С. С.</i> Моделирование температурных полей в методе неразрушающего контроля качества полимерных изделий с металлизированным покрытием	78

<i>Курепина Д. С., Мешкова Э. А., Луцков Д. С.</i> Исследование расхода жидкого топлива из ограниченного источника	80
<i>Курепина Д. С., Назарова С. В., Баршутин С. Н.</i> Метод исследования электрических характеристик пламени	82
<i>Курицына А. В.</i> Исследование теплового баланса здания химводоподготовки металлургического предприятия	84
<i>Кутукова И. С., Рыжкин В. Ю., Лоцинкина А. И.</i> Обнаружение температуры стеклования с помощью критерия Неймана–Пирсона в поливинилацетате....	87
<i>Левин В. Н., Балашов А. А.</i> Эффект предплавления в кристаллах	89
<i>Луцков Д. С., Курепина Д. С., Мешкова Э. А.</i> Исследование частотной характеристики звука турбулентного потока пламени	91
<i>Луцков Д. С., Мешкова Э. А., Курепина Д. С.</i> Исследование электрического сопротивления пламени при сжигании жидкого вида топлива.....	93
<i>Макарова Ю. Н., Уваров М. Е.</i> Энергетически эффективные методы контактной кристаллизации с рекуперативным теплообменом.....	95
<i>Мешкова Э. А., Курепина Д. С., Луцков Д. С.</i> Градуировка термопары для исследования процессов теплового взаимодействия пламени с металлом.....	97
<i>Мешкова Э. А., Курепина Д. С., Назарова С. В.</i> Исследование степени ионизации турбулентного потока пламени	99
<i>Морозов К. В., Казначеев А. Е.</i> Применение озонолиза в нефтяной промышленности	101
<i>Мохначев В. Д., Юстус И. А.</i> Теплоснабжение Зеленоградской наукоемкой природно-технической геосистемы	104
<i>Назарова С. В., Козлова Е. С., Горбатов М. А.</i> Исследование динамики нагрева объектов в условиях турбулентного потока пламени	106
<i>Небываев А. В.</i> Перспективы использования биометана, вырабатываемого крупным рогатым скотом	108
<i>Никитин И. М.</i> Тепловой метод контроля толщины защитных покрытий на металлических основаниях.....	110
<i>Олейникова И. Е.</i> Расчет показателей солнечной опреснительной установки	112
<i>Полковников Д. В.</i> Регуляризация тепловых потоков при моделировании тепловых процессов в поливинилхлоридном покрытии на стали	115
<i>Полковников Д. В.</i> Исследование системы неразрушающего контроля теплопроводности поливинилхлоридного покрытия на стали.....	117
<i>Разумова Ю. К.</i> Модернизация и реконструкция центральных и индивидуальных тепловых пунктов	119

<i>Разумова Ю. К.</i> Развитие малой энергетики в Белгородской области	122
<i>Разумова Ю. К., Струздин Н. С.</i> Развитие водоснабжения в Белгородской области.....	124
<i>Рыжкин В. Ю., Кутукова И. С., Левин В. Н.</i> Обнаружение температуры стеклования с использованием критерия Неймана–Пирсона в полиметил-метакрилате	126
<i>Сивальнев Д. В.</i> Термодинамический анализ цикла Брайтона.....	129
<i>Тарасов Д. С., Тимофеев Н. А.</i> Применение вспененного полиэтилена с фольгированной поверхностью в утеплении ограждающих конструкций зданий	131
<i>Тюленев А. В.</i> Расчетное исследование работы котельного агрегата.....	133
<i>Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн.</i> Основные технологические способы получения тепловой энергии из биоотходов.....	135
<i>Федюшин В. А.</i> Разработка системы минимизации эксплуатационных потерь аргона в условиях кислородного цеха	137
<i>Аль Саммаррай Хайдер Салах.</i> Система охлаждения газотурбинной установки	139
<i>Хохлов П. А., Попов В. Д., Майникова Н. Ф.</i> Термический анализ шоколада....	142
<i>Черных А. А.</i> Методика избавления от акустического дискомфорта, исходящего при работе газопоршневой установки	144
<i>Чернышов Н. Г., Диумесси М. Ф., Зеленова И. В.</i> Энергетическая эффективность современного предприятия	145
<i>Чернышов В. А., Новиков М. В.</i> Применение иммерсионного охлаждения для обеспечения эффективного теплоотвода в конструкциях светодиодных светильников.....	148
<i>Диумесси М. Ф., Зеленова И. В.</i> Оптимизация потребления энергетических ресурсов.....	150
<i>Чжоу Цяофэн.</i> Сравнительный анализ методов подсчета запасов газа в плотных коллекторах на основе промысловых данных по добыче	152
<i>Шатохин И. С., Щербаков А. К., Морозов К. В.</i> Проблемы теплоэнергетики и пути их решения	153
<i>Шатохин И. С., Щербаков А. К., Морозов К. В.</i> Увеличение эффективности производства путем внедрения инфраструктурных проектов.....	156
<i>Юстус И. А., Мохначев В. Д.</i> Влияние предприятий теплоэнергетики на состояние атмосферного воздуха	158
<i>Аль Саммаррай Хайдер Салах.</i> Оптимальные параметры регулирования режимов работы газотурбинных установок	160

Секция 2. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы развития	163
<i>Авдеева М. Ю., Высокая О. Ю., Кагдин В. Н.</i> Технологические инновации в сфере ЖКХ	163
<i>Астапов А. Ю., Астапова С. С., Шишкова К. А.</i> Тепловизионная съемка воздушных линий электропередач с помощью БПЛА	165
<i>Баскаева А. К.</i> Варианты совершенствования структуры электросетевых компаний в целях сокращения сроков выполнения договоров о технологическом присоединении.....	167
<i>Белоусов А. С.</i> Вопрос разработки двухфазного электропривода.....	169
<i>Берёзко В. А.</i> Повышение эффективности функционирования резервных дизельных электростанций.....	172
<i>Блажевич В. Э.</i> Создание лабораторного практикума по электромеханическим дисциплинам для подготовки студентов электроэнергетических и электротехнических направлений на базе пакета MatLab Simulink	174
<i>Бронников Е. А.</i> Перспективы использования аккумуляторных батарей на основе графена.....	176
<i>Бушуев И. О., Щербинин П. А., Мартемьянов Ю. Ф.</i> Математическое моделирование случайного процесса с заданными статистическими характеристиками	178
<i>Валиков Д. А.</i> Анализ качества потребляемой энергии Мичуринского района электрических сетей.....	181
<i>Глыбина Ю. Н.</i> Анализ повреждений в электрических сетях класса напряжения 6 – 10 кВ.....	183
<i>Демидов М. С., Шарапов И. В., Панасюк Ю. Н.</i> Применение СВЧ-энергии в ядерной энергетике.....	185
<i>Динь Тхань Туан.</i> Перспективы развития энергетики Вьетнама	188
<i>Дубровин П. С.</i> Энергосбережение в сфере электроэнергетики.....	190
<i>Еньков А. С.</i> Анализ газового состава атмосферы окружающей среды и растений.....	192
<i>Ерёменко Ю. И., Халапян С. Ю., Анпилов А. О.</i> Использование нечеткой логики для улучшения качества управления процессом обезвоживания железорудного концентрата.....	194
<i>Зарандия Ж. А., Романенко А. М.</i> Частотно-регулируемый электропривод – решение задачи энергосбережения.....	196
<i>Зяблов Н. М., Кобелев А. В.</i> Применение нейронных сетей для решения задачи прогнозирования потребления электрической энергии.....	199

<i>Кагдин А. Н., Авдеева М. Ю., Кагдин В. Н., Высокая О. Ю.</i> Повышение качества электрической энергии путем использования альтернативных источников энергии.....	201
<i>Кагдин В. Н., Высокая О. Ю.</i> Оценка потерь электрической энергии бытовых потребителей	203
<i>Кагдин В. Н., Высокая О. Ю.</i> Фрактальное моделирование электроэнергетических систем.....	205
<i>Кагдин А. Н., Кагдин В. Н., Авдеева М. Ю., Высокая О. Ю.</i> Актуальность использования солнечной энергетики в центральной России.....	207
<i>Карпенко И. Е., Федотов Д. А.</i> Актуальность применения протокола MQTT для удаленного доступа к энергетическим объектам.....	210
<i>Киселевич В. Л., Юрьев О. В.</i> Развитие распределенных источников электроэнергии.....	212
<i>Козлов Е. А., Болдарев А. О., Шешеня И. Б.</i> Альтернативная энергетика.....	215
<i>Кочергин С. В., Степин Д. С., Миронюков Д. А. Мамонтов Д. А.</i> Электрический подогрев грунта в теплицах.....	217
<i>Курцев Е. В.</i> Применение светодиодных светильников УФ-излучения для повышения качества быстрозамороженных полуфабрикатов.....	219
<i>Кучаев Р. Р.</i> Проблемы потери электроэнергии в сетях и способы их решения	221
<i>Овсянников В. В., Лазеев А. С.</i> Метод оценки критерия опасности для снижения энергозатрат беспилотных устройств.....	223
<i>Левин С. Ю.</i> Актуальность исследования электрических нагрузок сельских потребителей.....	225
<i>Лукашев Р. Ю.</i> Перспектива применения вентильно-индукторного электропривода в системах с повышенными требованиями к качеству движения	227
<i>Маклаков В. С., Илларионов Е. В.</i> Интеллектуальные технологии в электроэнергетике	230
<i>Максимов М. А.</i> Создание математической модели двухдвигательного электропривода синхронного вращения скипового подъемника доменного цеха № 1 ПАО «НЛМК» в целях снижения динамических нагрузок.....	232
<i>Мачихин А. М., Филиппов А. С.</i> Оценка эффективности использования газогенераторных электростанций	234
<i>Мещеряков И. В., Демидов М. С., Пудовкин А. П.</i> Применение наноантенн для получения электрической энергии	236

<i>Мещеряков А. Ю.</i> Исследование системы прямого управления моментом в электроприводе лифтовой лебедки на основе тихоходного асинхронного двигателя	238
<i>Митрохин А. Ю.</i> Интернет вещей в электроэнергетике.....	240
<i>Молоканов А. А.</i> АСКУЭ. Перспективы применения на базе Тамбовского государственного технического университета.....	242
<i>Новиков И. А., Рязанов Н. М.</i> Особенности методов расчета объектов коммунально-бытового назначения	244
<i>Нури А. Н., Шамкин В. Н., Чернышов Н. Г.</i> Преобразование сигналов в системах мониторинга параметров удаленных технологических объектов	246
<i>Пантин Д. О.</i> Применение РС-гасителей в схемах с вакуумным выключателем в целях исключения раннего старения изоляции электродвигателей...	248
<i>Пикалов В. В., Евсеев А. М., Бойков А. И., Белокопытов Р. Н.</i> Инвертор тока на оптоэлектронных элементах с возможностью регулирования частоты в узком диапазоне	250
<i>Политова А. Р.</i> Эффективное использование энергоресурсов.....	253
<i>Пронин М. А.</i> Мониторинг технического состояния силовых трансформаторов.....	255
<i>Репина Т. И., Лукашина Е. Р.</i> Использование фрактальных методов для управления электроэнергетическими системами	257
<i>Ростяпин А. С., Жеребятьев Д. Н.</i> Повышение надежности электроэнергетических систем	260
<i>Рудаков А. Г.</i> Возобновляемые источники энергии в электроэнергетической отрасли.....	262
<i>Рычагов П. А.</i> Структура автоматизированной системы управления механизмов перемещений заливочного электромостового крана.....	264
<i>Сарычев Р. А., Сторожев Д. А., Панасюк Ю. Н.</i> Влияние диаграммы направленности на энергетические характеристики РЛС разведки	267
<i>Селеверстов В. А.</i> Перспективы развития нетрадиционной энергетики.....	269
<i>Селезнева А. О.</i> Порядок определения экономического эффекта от применения систем мониторинга надежности электроснабжения в электрических сетях 0,38 кВ	271
<i>Сенцов Е. В.</i> Перспективы бездатчикового определения скорости в электроприводе переменного тока	273
<i>Сенцов Е. В.</i> Перспективы использования программного пакета MatLab Simulink для моделирования противовключения двигателя постоянного тока	276

<i>Сенцов Е. В.</i> Перспективы использования программного пакета MatLab Simulink в рамках исследования систем электропривода	278
<i>Синюкова Т. В., Синюков А. В.</i> Энергосбережение в системах управления электроприводом лифтовой лебедки	280
<i>Чернышов В. А., Печагин Е. А.</i> Повышение безопасности и эффективности функционирования воздушных электрических сетей с изолированной нейтралью в густонаселенных агропромышленных районах	282
<i>Чернышов В. А., Печагин Е. А.</i> Мониторинг состояния изоляции в сетях с изолированной нейтралью по изменению степени несимметрии рабочих токов.....	284
<i>Суранов И. И.</i> Реконструкция электроснабжения вдоль трассовых объектов НПС «Микунь» Ухтинского РНУ АО «Транснефть-Север» АК «Транснефть».....	287
<i>Сухов П. А., Жеребятьев А. А.</i> Снижение потерь электрической энергии в распределительных электрических сетях	289
<i>Тепанян К. В., Луговец А. А.</i> Повышение эффективности управления электропотреблением	291
<i>Федотов Д. А., Карпенко И. Е.</i> Система оптимального управления удаленными объектами с использованием web-технологий	293
<i>Хребтов А. Р., Поплевин А. В., Данилов С. Н.</i> Снижение энергетических затрат беспилотного автомобиля путем оптимизации системы управления	295
<i>Черешнев С. Н.</i> Перспектива использования ВИЭ для сельскохозяйственных предприятий Тамбовской области	297
<i>Чурилин О. Н., Данилов С. Н.</i> Уменьшение энергетических затрат передатчика при помощи алгоритма ослабления ПИК-фактора сигналов с OFDM-модуляцией.....	300
<i>Шакина Л. Н.</i> Цель исследования и разработки способов управления показателями эффективности автономных систем электроснабжения.....	302
<i>Шведко В. И., Гурьянов Д. В.</i> Моделирование системы вентиляции в системе Desigo Insight	304
<i>Швылев А. В.</i> Моделирование аварийных режимов трехфазной сети 0,4 кВ коммунально-бытового сектора	306
<i>Шпикин П. В., Панфилов В. С., Панасюк Ю. Н.</i> Влияние методов обработки сигналов на энергетические характеристики РЛС АС УВД.....	309

Научное электронное издание

ЭНЕРГЕТИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Тезисы докладов
3-й Всероссийской студенческой научной конференции

Верстка оригинал-макета – Т. В. Курохтиной, И. В. Евсеевой
Ответственный редактор – Т. И. Чернышова

ISBN 978-5-8265-1887-8



Подписано к использованию 29.12.2017.

Тираж 100 шт. Заказ № 418

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

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

Телефон (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru

