

**ЭНЕРГЕТИКА,
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА**

ВЫПУСК 2

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Институт энергетики, приборостроения и радиоэлектроники

ЭНЕРГЕТИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Сборник научных статей магистрантов

Выпуск 2

Научное электронное издание



**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2021**

УДК 536.7:681.2

ББК 31я43+К9я43+38/9я43

Э62

Ответственный секретарь

С. Н. Баршутин

Э62 Энергетика, приборостроение и радиоэлектроника : сборник научных статей магистрантов / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Т. И. Чернышовой. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

ISBN 978-5-8265-2240-0

Вып. 2. – 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 1,62 Мб ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2355-1

Включены научные статьи магистрантов ФГБОУ ВО «ТГТУ», посвященные проблемам энергетики, приборостроения и радиоэлектроники.

Предназначен для преподавателей, научных работников, аспирантов, магистрантов и студентов, занимающихся научно-исследовательской работой.

УДК 536.7:681.2

ББК 31я43+К9я43+38/9я43

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

ISBN 978-5-8265-2355-1 (вып. 2)
ISBN 978-5-8265-2240-0 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2021

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Додонов Р. А., Антипов В. В., Софенин В. А.</i> Повышение надежности электроэнергетических систем	5
<i>Зебрева М. М., Шепелёв Н. И.</i> Анализ методов для повышения надежности средств подвижной радиосвязи	8
<i>Мананников В. Н., Николюкина Е. М., Сысоев М. А.</i> Оценка изменения показателей надежности от внедрения реклоузеров для комплексной автоматизации участка сети	13
<i>Николюкина Е. М., Провоторов В. Ю., Сорокин В. Н.</i> Проблемы потери электроэнергии в сетях и способы их снижения	16
<i>Долгов С. Б.</i> Экологические проблемы очистных сооружений на предприятиях радиоэлектронной промышленности	20
<i>Хворова Н. А., Шамкин В. Н.</i> Грейдинг как инструмент решения проблемы развития радиоэлектроники	24
<i>Шепелёв Н. И., Зебрева М. М.</i> Информационные технологии схемотехнического моделирования	28
<i>Щепкин А. Н., Сорокин В. Н.</i> Оценка эффективности использования газогенераторных электростанций	32
<i>Афонасьев С. А., Дронов В. В., Сысоев М. А.</i> Применение кабелей с СПЭ-изоляцией в системах электроснабжения современных городов	35
<i>Афонасьев С. А., Дронов В. В., Мананников В. Н.</i> Техническое решение при строительстве ЛЭП 6...35 кВ в стесненных условиях	38

<i>Ващенко С. С.</i>	
Виды и особенности гелиосистем солнечного отопления и горячего водоснабжения	44
<i>Ворогушин П. А.</i>	
Общие свойства ребристо-стержневых антенн бегущих волн	45
<i>Дадонов Р. А., Антипов В. В., Щепкин А. Н.</i>	
Исследование влияния надежности системы электроснабжения на качество электроэнергии на шинах сельских потребителей	48
<i>Климова Ю. Н.</i>	
Режимы работы тепловых насосов	51
<i>Оркин А. С.</i>	
Анализ бесконтактных датчиков измерения температуры	55
<i>Оркин А. С.</i>	
Исследование методической погрешности бесконтактных тепловых методов	60
<i>Оркин А. С.</i>	
Устройство для неразрушающего контроля толщины биметаллической ленты	63
<i>Провоторов В. Ю., Софенин В. А.</i>	
Применение накопителей в управлении качеством электроэнергии	67
<i>Сивков Р. С., Колодина А. А.</i>	
Центры обработки данных России: точки роста	72
<i>Балашов А. А., Истомина Т. А., Еремин В. В.</i>	
Исследование отношения сигнал/шум для последовательности коэффициента тепловой активности полимера	77

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Р. А. Дадонов, В. В. Антипов, В. А. Софенин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов

Аннотация: рассматривается проблема надежности электрических систем с задачами определения и оптимизации их показателей на этапах планирования, проектирования, сооружения и эксплуатации.

Ключевые слова: повышение надежности электроэнергетических систем, качество электрической энергии.

Проблема надежности электрических систем относится к задачам определения и оптимизации 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 годах, 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-х годах. 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.

Список литературы

1. Мельников, М. А. Электроснабжение промышленных предприятий : учебное пособие / М. А. Мельников. – Томск : Изд-во ТПУ, 2000. – 144 с.
2. Пат. РФ № 2349019 С1 МПК H02M 5/27. Трехфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией / Григораш О. В., Хамула А. А., Столбчатый Д. В., Пугачев Ю. Г. – 2009; Бюл. № 7.
3. Энговатова, В. В. Стабилизаторы параметров электроэнергии автономных систем электроснабжения с улучшенными техническими характеристиками : дис. ... канд. техн. наук, 05.09.03 / В. В. Энговатова. – Краснодар : КубГТУ, 2009. – 146 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

М. М. Зебрева¹, Н. И. Шепелёв²

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ» (г. Москва),

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
(г. Тамбов)

Аннотация: даны прогнозы по развитию телекоммуникационной отрасли. Предложены различные методы повышения надежности подвижной радиосвязи.

Ключевые слова: радиосвязь, надежность, телекоммуникационные технологии.

Отрасль телекоммуникационных и информационных технологий является одним из важнейших секторов экономики, обеспечивающих функционирование других отраслей и в целом государства. В 2030 году трафик передаваемой информации увеличится в 10 000 раз благодаря все более глубокому внедрению в нашу жизнь «Интернета вещей».

Методология проектирования и внедрения является ключом к успеху в вопросах повышения надежности. Стандартизация разработки и документации проекта, а также управление конфигурацией проекта, позволяют успешно применить принципы разработки программного обеспечения к процессам жизненного цикла программного обеспечения, а, следовательно, не дают возможности упустить какую-либо деталь и в проекте, и в стадиях его внедрения, что дает желаемую надежность и качество программного обеспечения.

Понимание рельефа пространства (территории), на котором будет происходить радиосвязь, позволяет применить различные методы повышения надеж-

ности подвижной радиосвязи при сохранении заданного уровня помехоустойчивости.

1. Применяют радиосистемы с радиальным и сотовым построением.
2. «Диапазонно-частотный» метод разнесения каналов радиосвязи.
3. Метод квитиования принимаемых сообщений приемником.

Чтобы преодолеть проблемы, связанные с появлением беспроводной связи и сетей для 5G и выше, возможно использовать:

- сверхнадежную связь с малой задержкой (URLLC); массивную машинную связь (mMTC);
- новую конструкцию радиоинтерфейса для 5G (New Radio (NR)); механизмы QoS / QoE для беспроводной связи и сетей;
- беспроводные гетерогенные сети 5G: проектирование и оптимизация; технологии зондирования и приложения для 5G; беспроводную связь 5G и сети для наблюдения и управления;
- когнитивные сети 5G и «Интернет вещей»;
- интеграцию и сосуществование беспроводной связи 5G и сетевых технологий;
- энергоэффективность (сбор и сохранение) беспроводных протоколов и алгоритмов для 5G; проблемы безопасности и конфиденциальности в беспроводной связи 5G;
- NOMA, полнодуплексный, массивный MIMO;
- зеленые мультимедийные беспроводные сети 5G;
- методы искусственного интеллекта для беспроводной связи и безопасности;
- MmWave Massive MIMO;
- уменьшение отказа оборудования, влияющего на беспроводную связь.

Главная идея одного из методов состоит в новой схеме для сверхплотных сетей (UDN) миллиметрового диапазона (mmWave), где много базовых станций малых сот (SBS). Идея предложенной схемы состоит в совместной оптимизации ассоциации SBS-UE и распределения мощности для максимизации энер-

гоэффективности системы, гарантируя при этом ограничения качества обслуживания (QoS) для каждого пользователя. Для практического применения разрабатывается последовательное выпуклое приближение для его решения, где невыпуклые части преобразуются в простые выпуклые квадратичные функции на каждой итерации.

Для повышения надежности подвижной радиосвязи предлагается также использовать межуровневый адаптивный алгоритм вертикальной передачи обслуживания для уменьшения задержки передачи обслуживания и служебных сигналов. Таким образом, предложенная межуровневая схема может предоставить отправителю прогноз доступной полосы пропускания. Результаты оценки демонстрируют достигнутые улучшения, по сравнению с существующими схемами.

Предлагается использовать технологию связи «устройство–устройство» (D2D), где блок ресурсов (RB) каждого пользователя сотовой связи повторно используется несколькими устройствами IoT (IoT-D). Это позволяет оптимизировать ресурсы и решить задачу оптимизации распределения мощности, чтобы максимизировать как возможность подключения IoT-D, так и пропускную способность соты при ограничении помех. Эвристический, но эффективный алгоритм, а именно, «жадное» итеративное сопоставление (GIM), предлагается для его субоптимального решения.

Метод децентрализованной архитектуры доверительного управления, которая состоит из трех уровней, основанных на блокчейне консорциума. Предлагается совместный алгоритм Proof-of-Stake и модифицированный практический алгоритм византийской отказоустойчивости (PoS-mPBFT) для сокращения времени подтверждения, где модель прогнозирования используется для оценки стоимости доверия транспортных средств в следующий период. Численные результаты показывают, что предлагаемая архитектура и алгоритм доверительного управления могут обеспечить лучшую безопасность в SDVN и сократить время согласования.

Для увеличения эффективности передачи данных в сетях 5G рассмотрена схема передачи данных на основе положения (PBDT), которая основана на возникновении потенциальных лучших состояний с течением времени при повторяющихся действиях. В предлагаемом PBDT каждый узел сначала распознает последовательность состояний, наблюдая за изменением индикатора уровня принимаемого сигнала от соседних узлов во времени, а затем находит наилучшее положение из последовательности состояний для передачи данных и поддерживает динамический график активности / сна, чтобы уменьшить передачу с потерями от наложения сигнала и для повышения его защищенности.

Оптимизация топологии ретрансляционных сетей на базе FSO для повышения устойчивости, рассматривается с точки зрения оптического сигнала свободного пространства (FSO) в ретрансляционных сетях беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проблема формирования топологии сети рассматривается с позиции максимизации ее устойчивости. При этом используется способность сетевой топологии защищаться от сбоев канала, а задача формирования топологии сети формулируется как задача смешанной целочисленной нелинейной оптимизации. С этой целью предлагаются два метода формирования топологии с учетом устойчивости сети (NRATF) (т.е. централизованная-NRATF и распределенная-NRATF) для эффективного решения проблемы проектирования топологии.

Производительность полнодуплексной (FD) релейной системы в связи между транспортными средствами (V2V), где канал связи от источника к релейному узлу может быть смоделирован рэлеевским замиранием или двойным (каскадным), может быть повышена. Распределение рэлеевских замираний при моделировании линии от ретранслятора до пункта назначения осуществляется двойным распределением рэлеевских замираний. Характеристики системы, с точки зрения OP и SER, в случае каналов с двойными рэлеевскими замираниями значительно ниже, чем в случае каналов с рэлеевскими замираниями.

Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «КРЭМС» Юрия Трифионовича Зырянова.

Список литературы

1. Зырянов, Ю. Т. Вероятностное описание потоков однородных событий для оценки надежности систем энергосберегающего управления / Ю. Т. Зырянов, Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2018. – Т. 2. – С. 339 – 342.

2. Рязанов, И. Г. Методы прогнозирования надежности в радиоэлектронных системах / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Четвертая Всероссийская молодежная научная конференция, посвященная Дню радио. – 2019. – С. 190 – 192.

3. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ РЕКЛОУЗЕРОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧАСТКА СЕТИ

В. Н. Мананников, Е. М. Николюкина, М. А. Сысоев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов

Аннотация: рассматривается вопрос применения реклоузеров в распределительных сетях филиала ПАО МРСК Центра – Тамбовэнерго для повышения надежности электроснабжения потребителей и электроприемников и создание управляемых и автоматизированных распределительных сетей нового поколения.

Ключевые слова: реклоузер, надежность электроснабжения, повышение показателей надежности электроснабжения, распределительные сети, SAIFI – индекс средней частоты повреждений линий.

Применение реклоузеров в распределительных сетях позволяет значительно повысить надежность электроснабжения потребителей и электроприемников, автоматизировать процессы поиска и локализации повреждений на линии, уменьшить затраты на обслуживание электрической сети, оптимизировать работу диспетчерского и оперативного персонала, повысить технический уровень эксплуатации электрических сетей и, в конечном счете, создать управляемые и автоматизированные распределительные сети нового поколения.

При установке реклоузеров в целях повышения надежности электроснабжения всех потребителей (минимизация показателей надежности электроснабжения сети) основным критерием к выбору мест установки реклоузеров является деление линии на отдельные участки путем установки реклоузеров.

SAIFI – индекс средней частоты повреждений линий (откл/год). Индекс SAIFI показывает, как часто средний потребитель испытывает устойчивое прерывание (отказ) работы системы в течение года. Минимальное значение показателя SAIFI достигается при равномерном распределении реклоузеров по трассе линии. Это означает, что при выборе мест установки необходимо стремиться, чтобы выполнялось примерное равенство.

$$N_i \cdot L_i \approx \text{const},$$

где N_i – количество потребителей, подключенных к участку i ; L_i – суммарная протяженность линии с отпайками на участке i .

При выборе мест установки необходимо учитывать, что для всего фидера равенство получить не всегда возможно, так как точки подключения потребителей распределены неравномерно.

Согласно методике, к выбору мест установки реклоузеров, был проведен анализ сети ф.1 ПС «Столовая» – ф.3 ПС «Малоталинская» с расчетом показателей надежности электроснабжения и выбора мест установки реклоузеров.

При оценке показателей надежности считаем, что на реклоузерах будет установлено 2-кратное АПВ (автоматическое повторное включение). В ходе анализа оценивались показатели надежности до реконструкции сети и после.

Показатели надежности для всех вариантов (до и после реконструкции) рассчитывались в программном комплексе TELARM – разработки «Таврида Электрик». По предоставленным исходным данным прорисовывалась математическая модель сети и рассчитывались необходимые данные.

Для достижения более высоких значений показателей надежности, необходимо обеспечить двукратное АПВ на выключателях отходящих линий рассматриваемых фидеров, что реализуемо при замене на ф.1 ПС «Столовая» масляного выключателя «ВК-10-630-20» на вакуумный, электромеханических устройств РЗА на МПЗ.

Значения показателей надежности, в зависимости от варианта, сведены в табл. 1. Повышение показателей надежности сравнивается с показателями надежности в базовом варианте (до реконструкции).

1. Сравнение показателей надежности

Наименование параметра	Автоматизация сети	ф.1 ПС «Столовская»	ф.3 ПС «Малоталинская»	Объединённый фидер
Среднее число отключений в сети (SAIFI), откл/год	До	2	1,33	1,665
	после	0,68	0,65	0,665
Средняя продолжительность отключений в сети (SAIDI), часов/год	до	2,53	2,83	2,68
	после	1,18	1,38	1,28

Таким образом, применение реклоузеров для распределенной автоматизации воздушных линий на ф.1 ПС «Столовская» и на ф.2 ПС «Малоталинская» существенно сказывается на повышении показателей надежности для данного участка сети.

Список литературы

1. Таврида Электрик «Рекомендации по местам установки вакуумных реклоузеров».

ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Е. М. Николюкина, В. Ю. Провоторов, В. Н. Сорокин
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: рассматривается проблема роста потерь энергии в электрических сетях, а также основные подходы и способы к проблеме снижения потерь энергии в электрических сетях.

Ключевые слова: потери энергии в электрических сетях, оптимизация параметров, рост нагрузок электрических сетей, АСКУЭ, коммерческие потери.

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].

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 [2].



Рис. 1. Зависимость потребления энергии от времени

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 [2]:

- 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) совершенствование системы доказательств потерь энергии в электрических сетях.

Сокращение потерь энергии за счет инвестиций [2]:

- 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 наиболее важных направлений и очередности внедрения мероприятий по снижению потерь необходим доскональный анализ:

1) энергетических балансов электрических сетей в целом и их отдельных узлов (подстанций);

2) условий применения и погрешностей приборов учета электроэнергии (трансформаторов (тока и напряжения) и счетчиков), а также их технического состояния;

4) организации работы по внедрению мероприятий по снижению потерь.

Другими словами, нужно проводить доскональное энергетическое обследование электрических сетей [3].

Для снижения коммерческих потерь возникает вопрос об 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 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, для снижения коммерческих потерь необходимо проводить научные исследования по оценке эффективности использования различных систем АСКУЭ с разработкой критериев оптимизации выбора этих устройств.

Список литературы и источников

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. <https://studfiles.net/preview/6231128/>

3. http://old.utcluj.ro/download/doctorat/Rezumat_Diodiu_Lucian.pdf

4. esco.co.ua/journal/2005_5/art44.htm

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. Б. Долгов

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Увеличивая давление на природу, люди постоянно сталкиваются с одной и той же проблемой: природный коллапс в дальнейшем наносит существенный экономический и социальный ущерб. Природа не в силах сама восстанавливаться от нарушенного экологического равновесия и воссоздавать все блага в необходимом объеме. Процесс экологической деградации становится вопросом выживания человечества. Сохранение природы – главная задача человечества. Ситуация, когда экономические показатели существуют как главные цели, становится очень опасной. В условиях современного развития производства и возросшей конкуренции, в связи с повсеместным ухудшением экологической обстановки, заказчики и деловые партнеры уделяют особое внимание вопросам экологической безопасности продукции. Предпочтение отдаётся компаниям, использующим в своей работе лучшие доступные и безопасные для человека и окружающей природной среды технологии, а также предприятиям, соблюдающим в полном объеме требования природоохранного законодательства, которые с каждым годом становятся все жестче.

Радиоэлектронная промышленность, являющаяся одной из интенсивно развивающихся отраслей современной экономики, не является в этом смысле исключением. Растущие потребности влекут за собой стремительный рост ее производства, что неотвратимо приводит к росту отрицательного воздействия на окружающую среду. Основные экологические аспекты для предприятия: создание отходов при производстве и потреблении, выплески вредных веществ

в атмосферу, водопотребление и водоотведение (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект), электромагнитное загрязнение. Существенные выделения загрязняющих веществ от работы предприятий отечественной радиоэлектроники связаны в основном с очистными сооружениями, которые не отвечают современным требованиям по качеству выбрасываемых в окружающую среду воздуха, воды, отходов. Специфическим несовершенством большинства предприятий радиоэлектронной промышленности являются также технологии с вредоносными условиями труда. Можно сказать, что все они являются потенциально опасными загрязнителями окружающей среды в эколого-экономических системах.

К главным субъектам техногенного влияния со стороны предприятий радиоэлектронной промышленности относятся [1]: литосфера (размещение отходов); воздушный бассейн (выбросы в атмосферу); водные объекты (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект); население и работники предприятия (вредные условия труда).

Возможность причинения вреда от деятельности предприятий понимается как экологический риск. Исключение экологических рисков основывается на прогнозировании и предотвращении увеличения платы за негативное воздействие на окружающую среду, уменьшении санитарно-защитной зоны предприятия. Основой управления риском является принцип оптимизации соотношений выгоды и ущерба: практическая деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее для общества в целом не превышает вызываемого ущерба.

Следует отметить, что ключевым инструментом государственной поддержки отрасли является Государственная программа Российской Федерации [2], вследствие чего актуальность внедрения системы экологического менеджмента в предприятиях, изготавливающих радиоэлектронные средства, приобретает особую значимость. Стремление к обеспечению устойчивости эколого-экономической системы предприятия и обеспечению экологической безопасности производства должно рассматриваться как неотъемлемый элемент страте-

гии развития предприятий радиоэлектронной промышленности, а вложение инвестиций в развитие экологии – как выгодный бизнес. Главный вектор деятельности должен быть направлен на непрерывное совершенствование процессов и корпоративных возможностей. Это приведет к повышению устойчивости эколого-экономической системы и в целом улучшит результаты бизнеса на предприятиях радиоэлектронной промышленности.

Экологическая политика в предприятиях радиоэлектроники представляет собой официальный документ, в котором зафиксированы стратегические цели предприятия в области экологического менеджмента и способы их достижения. Экологическая политика разрабатывается в соответствии со стратегией государства в области экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов. Она определяет цель, задачи и принципы организаций в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в долгосрочной перспективе деятельности предприятий. Цель экологической политики выражается повышением уровня экологической безопасности, ростом инвестиционной привлекательности за счёт надёжного и комплексного подхода к использованию природных ресурсов.

Таким образом, экологический менеджмент, как система управления предприятием радиоэлектроники, обеспечивает экономически рациональные для предприятия варианты осуществления эколого-социальных потребностей. Внедрение экологического менеджмента дает предприятиям радиоэлектроники средство, при помощи которого можно более результативно управлять источниками и факторами воздействия на окружающую среду, а также обеспечить свою эколого-экономическую устойчивость. Внедрение системы экологического менеджмента на предприятии открывает перед ним новые возможности, такие как экономия финансовых средств, эффективное производство, рыночный потенциал, доверительные отношения с органами власти и общественности.

Список литературы

1. Сидорова, А. Д. Загрязнение окружающей среды предприятиями-изготовителями радиоэлектронных средств (РЭС). Актуальность внедрения системы экологического менеджмента (СЭМ) / А. Д. Сидорова // Молодой ученый. – 2016. – № 3(107). – С. 208 – 213. – URL : <https://moluch.ru/archive/107/25540/>

2. Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 – 2025 годы : Государственная программа Российской Федерации ; утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2012 г. № 2396-р.

ГРЕЙДИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Н. А. Хворова, В. Н. Шамкин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Радиоэлектроника – важнейший структурообразующий компонент экономики России. Ее динамичное развитие и эффективная работа – необходимое условие достижения высоких и устойчивых темпов экономического роста, национальной безопасности и обороноспособности страны, повышения уровня жизни населения, рациональной интеграции России в мировую экономику. Радиоэлектронные технологии являются катализатором и локомотивом научно-технического прогресса страны, базисом для устойчивого развития других отраслей промышленности.

Широкое применение радиоэлектроники во всех сферах деятельности человека оказало и продолжает оказывать огромное влияние на развитие экономики и образ жизни людей.

Основные направления технологической модернизации радиоэлектронной промышленности [1]:

- 1) создание научно-производственного комплекса с достаточным набором технологий для выпуска современной радиоэлектронной продукции;
- 2) оптимизация организационного, научно-технического и производственного кооперационного взаимодействия предприятий для более широкого использования единой технологической базы;
- 3) расширенное использование инновационных радиоэлектронных технологий путем их создания, внедрения, заимствования и эволюционного развития;
- 4) ликвидация неэффективных, неиспользуемых и необоснованно дублированных производственно-технологических ресурсов;
- 5) активная разработка и выпуск инновационных высокотехнологичных изделий с приоритетом гражданского сектора;

б) повышение общей производительности труда и ускорение проектно-производственного цикла разработок;

7) сохранение и развитие кадрового потенциала.

В отрасли выработаны и реализуется комплекс мер, направленных на экономическую стабилизацию и дальнейшую технологическую модернизацию предприятий, развитие современных радиоэлектронных технологий. Он включает меры по обеспечению спроса на радиоэлектронную продукцию, общесистемные меры по стабилизации финансового состояния предприятий, а также меры, направленные на техническое перевооружение, поддержку перспективных инновационных проектов, которые смогут занять конкурентные позиции в посткризисной экономике страны.

При этом особое внимание уделяется системе грейдирования [2]. В условиях современной российской экономики управление человеческими ресурсами на промышленных предприятиях становится одним из ведущих направлений их развития. В новых условиях стиль управления персоналом должен соответствовать стратегической концепции управления предприятием [3]. Исходя из этого, на первый план в управлении персоналом выходит проблема мотивации человеческих ресурсов, одним из важнейших рычагов которой является материальное стимулирование сотрудников. Мотивация труда – это важнейший фактор результативности работы, и в этом качестве она составляет основу трудового потенциала работника, т.е. всей совокупности свойств, влияющих на производственную деятельность [4].

Трудно найти универсальный метод стимулирования труда, который учитывал бы интересы и работодателя, и сотрудника. Предприятие всегда старается платить с учетом своих целей, но ровно столько, чтобы работник не уходил, а тот, в свою очередь, стремится получать как можно больше. Именно грейдирование позволяет увязать оплату труда и логику бизнеса, а также решить комплекс проблем, связанных с мотивацией персонала. Внедрение этой системы делает предприятие конкурентоспособным на внутреннем и внешнем рынках, поскольку повышается «прозрачность» организации для инвесторов и, следовательно, увеличивается капитализация.

Грейдинг позволяет оценить вклад должности в общие результаты деятельности компании. Этот метод дает возможность разработать справедливую и прозрачную систему компенсаций, систему карьерного и профессионального роста, понятные критерии перехода из одной категории в другую.

Построение системы компенсаций зависит от того, как организация оценивает должности, какими принципами руководствуется при оценке и на каком уровне хочет видеть должность в иерархии ценности этих должностей. Для экономики в целом и для многих организаций необходимо выстраивать собственную уникальную иерархию должностей на основании их оценки, а также постоянно совершенствовать систему компенсаций, предусматривая возможность изменения уровня оплаты как за непосредственно выполненную работу, ее качество, так и за достигнутый уровень квалификации, опыта, вклада.

Грейдинг – достаточно сложная и трудоемкая процедура, для ее внедрения требуется привлечение сторонних консультантов, особенно, если это касается крупного предприятия. Грейдинг, проведенное собственными силами, часто оказывается субъективным, так как оцениваются не столько должности, сколько занимающие их люди, и руководители структурных подразделений стараются заполучить более высокие грейды для своих сотрудников. Так же внедрение этого метода в мелкие организации не имеет смысла, этот метод – для крупного бизнеса со сложными иерархическими структурами.

Принципы, лежащие в основе технологии грейдинга, открывают более широкие перспективы для развития организации. Если применять грейдинг в совокупности с другими кадровыми технологиями, такими, как оценка персонала и мониторинг результативности сотрудников, планирование и реализация горизонтальной и вертикальной карьеры, формирование кадрового резерва, обучение, материальное и нематериальное стимулирование, то можно создать современную эффективную систему мотивации персонала, управление компетенциями и карьерой. Все вышперечисленное будет являться устойчивой основой для создания эффективной системы управления человеческими ресурсами в организации.

В условиях пандемии при управлении персоналом реализовать некоторые из принципов невозможно из-за существенной неоднородности персонала

предприятия по ряду важных признаков (возраст, образование, профессия и др.) и разного реагирования этих групп на последствия вирусной инфекции [5]. Кадровой службе уже недостаточно только оформлять приказы и распоряжения, хранить кадровую информацию. Она должны превратиться в центр по разработке и реализации в условиях пандемии стратегии, цель которой – сокращение и минимизация возникающих от неё потерь, сохранение производственной, творческой отдачи и активности персонала, сохранение рабочих мест, обеспечение справедливой оплаты труда.

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 – 2025 годы», утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2012 г. № 2396-р.
2. Шалевская, Е. Ю. Внедрение системы грейдирования на предприятии / Е. Ю. Шалевская // Экономинфо. – 2016. – № 26. – С. 47 – 52.
3. Управление персоналом в России: теория, отечественная и зарубежная практика: монография / Б. М. Генкин и др. ; под ред. А. Я. Кибанова. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 283 с.
4. Энциклопедия систем мотивации и оплаты труда / под. ред. Дороти Бергер, Ланса Бергер ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 761 с.
5. Хворова, Н. А. Особенности управления персоналом на производящем радиоэлектронную продукцию предприятии в условиях пандемии / Н. А. Хворова, С. Б. Долгов, В. Н. Шамкин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-технич. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Тамбов, 11–12 ноября 2020 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 103–104.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н. И. Шепелёв¹, М. М. Зебрева²

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
(г. Тамбов),

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет»
(г. Москва)

Аннотация: рассматриваются преимущества, спектр возможностей, основные направления и этапы компьютерного схемотехнического моделирования.

Ключевые слова: схемотехническое моделирование, проектирование, математические модели.

Неоспоримым преимуществом компьютерного схемотехнического моделирования является возможность идентичного отображения процессов, происходящих в реальных устройствах.

Моделирование проводится с учетом нелинейностей характеристик элементов схемы, разброса параметров и их изменения под воздействием различных дестабилизирующих факторов. Достижимая точность компьютерного моделирования снижает затраты, связанные с дополнительной настройкой и регулировкой схемы после ее изготовления, что особенно важно при разработке интегральных схем [1].

Кроме того, компьютерное моделирование позволяет:

- рассмотреть предельные режимы, физическая реализация которых опасна из-за возможного выхода из строя устройства;

- идентифицировать параметры, которые не могут быть непосредственно измерены из-за отсутствия точек измерения;
- быстро получить статистические характеристики устройства и спрогнозировать их изменение, например, при старении компонентов.

Использование схемотехнического моделирования при проектировании электронных устройств оказало большое влияние на развитие теории моделей элементов схем, выделив три самостоятельных направления [2]:

- направление точных физических моделей элементов схемы, наиболее полно отражающих процессы в реальных элементах. Такие модели необходимы при проектировании и разработке полупроводниковых приборов, так как только с их помощью можно наиболее точно рассчитать диффузионный профиль основания, геометрические, электрофизические и другие параметры элемента;

- направление макромоделей в виде отдельных стандартных схем, параметры которых легко измеряются или вычисляются. Это направление обусловлено двумя причинами:

- большинство внутренних параметров физических моделей практически невозможно точно измерить с помощью современного измерительного оборудования.

- для получения высокой точности физическая модель должна быть построена на основе фундаментальных уравнений физики твердого тела, численное решение которых связано с большими вычислительными затратами. Высокая насыщенность современных интегральных схем транзисторами исключает возможность использования физических моделей для их расчета;

- направление, определяемое потребностями автоматизации проектирования. Оно заключается в разработке способов представления модельных уравнений с точки зрения вычислительной математики. В частности, представление уравнений реактивных элементов формулами численного дифференцирования и интегрирования, а неинерциальных нелинейных элементов – биномиальными

отрезками ряда Тейлора, значительно повысило эффективность программ схемотехнического моделирования.

Для разработчика электронного оборудования важно иметь представление о принципе работы и функциональности программы. Процесс схемотехнического моделирования можно представить в виде совокупности отдельных этапов [2]:

1) описание задачи моделирования исходной схемы. В современных программах возможны два описания: в виде текстового файла или схемы моделируемого устройства. Задача вводится в память компьютера и хранится в соответствующих массивах;

2) обработка описания схемы переводчиками входного языка. На этом этапе проверяется правильность описания и выводятся сообщения об ошибках, а данные схемы перекомпозируются из исходного представления в новое, удобное для программы. Эта новая форма называется внутренним форматом данных;

3) создание математической модели схемы (ММК) на основе внутреннего формата и представление ее в память с соответствующими массивами числовых данных. Модель задается в виде векторов и матриц, входящих в состав исходных уравнений. Модель формируется на основе и описания элементов схемы, а также воздействующих сигналов. Процесс создания ИСМ состоит из последовательного доступа к подпрограммам моделирования элементов схемы и определения вклада каждого элемента в общую модель схемы;

4) расчет модели схемы на основе численного алгоритма, реализованного в программе. При расчете учитываются директивы, указанные пользователем в задании. Результаты расчета хранятся в соответствующих массивах, а затем обрабатываются для расчета выходных параметров;

5) обработка и представление результатов расчетов. На этом этапе полученные результаты обрабатываются с помощью специальной программы и отображаются в удобном для пользователя текстовом и графическом виде.

В последнее время широко используются компьютерные методы моделирования процессов внутренних цепей с использованием программ LTspice, MicroCap, Electronics WorkBench и др. Они не очень сложны в использовании, но в то же время часто позволяют обойтись без дорогостоящей живой верстки. Для схемотехнического моделирования сегодня нет препятствий в виде набора неучтенных паразитных параметров.

Список литературы

1. Антипенский, Р. В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р. В. Антипенский, А. Г. Фадин. – М. : Техносфера, 2007. – 128 с.
2. Новожилов, О. П. Электротехника (теория электрических цепей). учебник для среднего профессионального образования : в 2 ч. Ч. 2 / О. П. Новожилов. – М : Изд-во «Юрайт», 2020. – 247 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А. Н. Щепкин, В. Н. Сорокин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

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 др. [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 строительные-монтажные, пуско-наладочные, проектно-конструкторские работы.

Зависимость, позволяющая оценивать объем капиталовложений в исследуемые объекты, представляется в виде выражения

$$K = N_{\text{уд}} K_{\text{уд.уст}} + K_{\text{тр}}(m, s) + \Pi [\text{тыс. руб.}],$$

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 строительные-монтажные, пуско-наладочные, проектно-конструкторские работы).

Эксплуатационные затраты $Z(N_{\text{ГГ}}) \cdot 10^3$, руб./год, при эксплуатации одного агрегата газогенератора можно определить из выражения

$$Z(N_{\text{ГГ}}) = \alpha K + F(N_{\text{ГГ}}) + Z_{\text{топ}},$$

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; $Z_{топ}$ – затраты на топливо.

Для газодизельного варианта исполнения электростанции

$$Z_{д.топ} = V_{биом} \cdot C_{м.биом} + V_{диз} \cdot C_{ГСМ},$$

где $V_{диз}$, $V_{биом}$ – расход топлива на выработку электроэнергии; $C_{м.биом}$ – преysкурантная цена биомассы, руб./кг; $C_{ГСМ}$ – стоимость ГСМ (дизельного топлива и масла) для конкретных децентрализованных потребителей.

Для газогенераторной электростанции:

$$Z_{д.топ} = V_{биом} \cdot C_{м.биом},$$

где $V_{биом}$ – расход топлива на выработку электроэнергии; $C_{м.биом}$ – преysкурантная цена биомассы, руб./кг

$$V_{биом} = W_{год} b_{э}^{биом},$$

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.:

$$ОЭЭ = V_{диз} \cdot C_{ГСМ} - Z(N_{ГГ}),$$

где $V_{диз}$ – объем сэкономленного топлива, обусловленного применением газогенератора, т; $C_{ГСМ}$ – стоимость ГСМ (дизельного топлива и масла) для конкретных децентрализованных потребителей, тыс. руб./т; $Z(N_{ГГ})$ – годовые затраты на эксплуатацию газогенераторной электростанции, руб.

Так как Тамбовская область обладает большим потенциалом использования биомассы, то проведение исследований по оценке эффективности использования газогенераторных электростанций имеет практическое значение.

Список литературы

1. Максимов, Б. К. Расчет экономической эффективности работы электростанций на рынке электроэнергии / Б. К. Максимов, В. В. Молодюк. – М. : Издательство 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.

ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ С СПЭ-ИЗОЛЯЦИЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

С. А. Афонасьев, В. В. Дронов, М. А. Сысоев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов

Аннотация: рассматриваются преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (российское обозначение – СПЭ, английское – XLPE, немецкое – VPE, шведское – PEХ) и кабелей с бумажной пропитанной или маслonaполненной изоляцией.

Ключевые слова: кабельные линии, линии электропередач, кабель с СПЭ-изоляцией.

Для электроснабжения крупных городов и мегаполисов сейчас характерен ряд особенностей: значительный рост потребления электроэнергии и необходимость увеличения передаваемой мощности по отдельным линиям электропередач, высокая стоимость земли и, как следствие, необходимость размещения питающих ЛЭП на максимально меньших земельных участках, повышенные требования к надежности, экономичности, к удобству и безопасности эксплуатации, к качеству электроэнергии, а также более жесткие экологические требования.

Решением размещения питающих ЛЭП является прокладка кабельных линий высокого напряжения вместо воздушных линий 6...35, 110...220 кВ. Например, при строительстве воздушной ЛЭП 110кВ протяженностью 1 км и охранной зоне 20 м по обе стороны линии, необходимый участок земли составляет 4 га. Тогда как при прокладке кабельной линии – 0,35 га.

Кабели должны служить долгие годы, постоянно обеспечивая потребителя достаточной электрической мощностью. В отличие от кабелей с бумажной

пропитанной или маслонаполненной изоляцией, применение которых ограничивается с каждым годом, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (российское обозначение – СПЭ, английское – XLPE, немецкое – VPE, шведское – PEХ) в полной мере отвечают этому требованию. Благодаря своей конструкции, современной технологии изготовления и совершенным материалам кабели среднего и высокого напряжения с СПЭ изоляцией обладают наилучшими электрическими и механическими свойствами и самым длительным сроком службы среди других типов кабеля, выпускаемых серийно.

1. Характеристики кабелей с СПЭ-изоляцией и бумажной изоляцией

Характеристики	Кабель с СПЭ-изоляцией 6...35 кВ	Кабель с бумажной изоляцией	
		10 кВ	20...35 кВ
Длительно допустимая температура, °С	90	70	65
Допустимый нагрев в аварийном режиме, °С	130	90	65
Предельно допустимая температура при протекании тока КЗ, °С	250	200	130
Температура при прокладке без предварительного подогрева, не ниже, °С	-20	0	0
Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ при °С	2,4	4,0	4,0
Коэффициент диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ при °С	0,001	0,008	0,006
Разница уровней на трассе прокладки, м	Не ограничено	15	15

Основными преимуществами кабеля с СПЭ-изоляцией являются:

- большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры жилы (допустимые токи нагрузки в зависимости от условий прокладки на 15...30% больше, чем у кабеля с бумажной изоляцией);

- высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании, что особенно важно, когда сечение кабеля выбрано только на основании номинального тока короткого замыкания;
- низкий вес, меньший диаметр и радиус изгиба, что обеспечивает легкость прокладки кабеля, как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах;
- возможность вести прокладку кабеля при температуре до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ без предварительного подогрева благодаря использованию полимерных материалов для изоляции и оболочки;
- низкая удельная повреждаемость (практика применения кабеля с СПЭ-изоляцией показывает, что она как минимум на 1–2 порядка ниже, чем у кабеля с бумажно-пропитанной изоляцией);
- отсутствие каких-либо жидких компонентов (масел), благодаря которому уменьшается время и снижается стоимость прокладки и монтажа;
- однофазная конструкция, позволяющая изготавливать кабель с жилой, сечением до 1000 мм^2 , оптимальным для передачи большой мощности;
- большие строительные длины – до 2000...4000 м.

Список литературы

1. Ларина, Э. Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии : учебник для вузов / Э. Т. Ларина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1996. – 464 с.
2. Дмитриев, М. В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей высокого напряжения / М. В. Дмитриев, Г. А. Евдокунин // Перенапряжения и надежность эксплуатации электрооборудования. – СПб., 2008.
3. Проспекты и инструкции фирмы «Nexans»: кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 5-35 кВ. – 2009.
4. Брошюра АББ Технологии для электроэнергетики. Высоковольтные кабели П.Я. 546, SE-371 23. – Карлскрона, Швеция.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЭП 6...35 кВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С. А. Афонасьев, В. В. Дронов, В. Н. Мананников

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов

Аннотация: рассматривается вопрос использования универсальных самонесущих кабелей для исполнения сетей 6...35 кВ, предназначенных для прокладки по опорам ВЛ.

Ключевые слова: кабельные линии, линии электропередач, самонесущий изолированный провод.

Распределительные электрические сети характеризуются двумя вариантами исполнения линий электропередач (ЛЭП): воздушные линии электропередач (ВЛ), где в качестве проводника используется провод, прикрепленный при помощи траверс (кронштейнов), **изоляторов** и **арматуры к опорам**, и кабельные линии электропередач (КЛ), уложенные непосредственно в землю, кабельные каналы, трубы, или на кабельные конструкции ВЛ занимают доминирующее положение в сельской местности, а в городах в основном применяются КЛ. В силу определенных обстоятельств используются смешанные линии электропередач, где используются оба варианта исполнения, называемые кабельно-воздушными линиями электропередач (КВЛ). Обстоятельствами применения КВЛ могут служить пересечения ЛЭП водоемов, автомагистралей, лесопарковых или промышленных зон и др.

Относительно новым решением для исполнения сетей 6...35 кВ являются универсальные самонесущие кабели, предназначенные для прокладки как по опорам ВЛ, так и в земле, и позволяющие строить ЛЭП при пересечениях лесных массивов, по горным или болотистым местностям, в районах повышенной

гололедной или ветровой нагрузки, в стесненных по габаритам условиях, где невозможно использовать классические технические условия или предъявляются повышенные требования к надежности.

Преимущества самонесущих кабелей, по сравнению с защищенным проводом типа SAХ или СИП-3:



Защищенный провод (СИП-3/SAХ)	Самонесущий кабель с тросом (АПВАП/Multi-Wiski™)	Самонесущий кабель (EXCEL/AXCES™)
–	Изоляция	Изоляция
–	Ленточный алюмополимерный экран	Общий сетчатый экран
Защитная оболочка	Оболочка	Общая оболочка
Смертельно опасны при прикосновении	Безопасны при прикосновении	Безопасны при прикосновении
Монтаж на изоляторах	Изоляторы не требуются	Изоляторы не требуются
Требуется грозозащита	Грозозащита не требуется	Грозозащита не требуется
Сильное внешнее электрическое поле	Небольшое внешнее электрическое поле	Нет внешнего электрического поля
Возможна прокладка в горной местности	Не применим при больших перепадах высот	Возможна прокладка в горной местности

С учетом данных преимуществ обосновано применение кабеля в следующих случаях:

- прокладка в стесненных условиях, когда ширина коридора недостаточна для строительства обычной ВЛ 6...35 кВ, например, в плотной жилой застройке;
- совместная подвеска двух и более цепей 6...35 кВ на общих опорах, а также на общих опорах с линиями 0,4 кВ и линиями связи;

- возможно строительство КВЛ 6...10 кВ в габаритах ВЛ 0,4 кВ или даже строительство КВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ;
- кабель обеспечивает возможность перехода воздушной кабельной линии в подземную или в подводную без монтажа сложных узлов перехода;
- в районах с повышенной гололедной и ветровой нагрузкой;
- в районах с повышенным загрязнением от промышленных предприятий или у морских побережий, где загрязнение изоляторов на ВЛ приводит к их частым перекрытиям и увеличению затрат на эксплуатацию;
- в лесных массивах, где вырубка широких просек невозможна на основании каких-либо условий (сохранение естественного пейзажа, лавиноопасность в горной местности и т.д.);
- в районах со скальным грунтом, где обустройство кабельных траншей требует больших капиталовложений;
- для временного электроснабжения.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск : Сиб. универ. изд-во, 2007.
2. Проспекты и инструкции фирмы «Ensto»: Решения для кабельно-воздушных линий напряжением 10 – 35 кВ, 2018.
3. Валявский, Ю. П. Рекомендации по применению воздушных линий электропередачи напряжением 6-10-15-20 кВ с кабелем воздушным самонесущим (КВС) в распределительных электрических сетях / Ю. П. Валявский // Энергобезопасность в документах и фактах. – 2006. – № 2(8).

ВИДЫ И ОСОБЕННОСТИ ГЕЛИОСИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

С. С. Ващенко

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
(г. Тамбов)

Аннотация: рассматриваются разновидности гелиосистем для солнечного отопления и горячего водоснабжения. Рассматриваются различные способы преобразования солнечной энергии, составляющие комплекса гелиосистемы, а также данные, необходимые для проведения анализа и расчетов для проектирования требуемой системы.

Ключевые слова: солнечная энергия, гелиосистема, проектирование, база данных.

В настоящее время вопрос альтернативных источников энергии для человечества занимает лидирующее место по актуальности.

Одним из таких источников является солнце. Солнце является неисчерпаемым источником экологически чистой энергии, т.е. не производящей никаких вредных отходов и не наносящей вред окружающей среде, жизнедеятельности человека и населяющей фауне.

Солнечную энергию можно преобразовать в электрическую или тепловую. Для этого используются различные разновидности гелиосистем. Их можно разделить на жидкостные и воздушные системы [1].

На рисунке 1 показана простая схема системы для обеспечения горячего водоснабжения и отопления, в которую входит: солнечный коллектор, насосная станция, бойлер, расширительный бак, датчики и трубопроводы. Холодная вода из бака накопителя по трубопроводу через насосную станцию, оснащенную контроллером для регулировки работы комплекса в автоматическом режиме,

поступает в коллектор, который под действием солнечных лучей преобразует их в тепловую энергию для нагрева воды. На выходе коллектора по другому трубопроводу горячая вода через насосную станцию возвращается в бак-накопитель. Расширительный бак используется для обеспечения нормального режима работы системы. В гелиосистеме используются датчики давления и температуры для получения точной информации о температуре и давлении воды в коллекторе и накопителе на данный момент времени [1, 2].



Рис. 1. Схема жидкостной системы солнечного теплоснабжения

На рисунке 2 показана обычная схема системы солнечного теплоснабжения. В плоском коллекторе воздух нагревается и подается галечный аккумулятор. Энергия аккумулируется в слоевой насадке, которая нагревается циркуляционным горячим воздухом. При недостатке солнечной энергии воздушный проходит через гальку в аккумуляторе и затем в помещение.

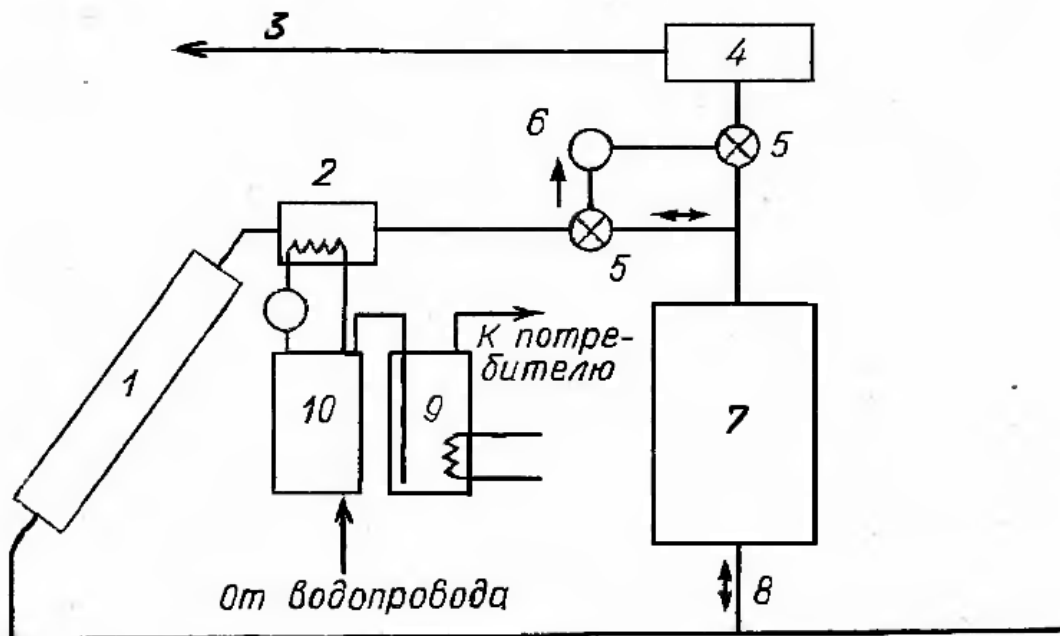


Рис. 2. Схема воздушной системы солнечного теплоснабжения:

- 1 – коллектор; 2 – теплообменник; 3 – поток теплого воздуха в здание;
 4 – источник дополнительной энергии; 5 – заслонка; 6 – вентилятор;
 7 – галечный аккумулятор; 8 – подача рециркуляционного воздуха из здания;
 9 – водонагреватель; 10 – бак предварительного нагрева воды

В случае истощения запаса энергии, воздух подогревается в котле. Энергия подводится путем теплообмена между нагретым воздухом в коллекторе и водой из бака предварительного подогрева [1, 2].

При проектировании гелиосистемы, чтобы определиться с количеством и комплектацией оборудования, необходимо определить потребность в энергии для рассматриваемого дома определенной площади. И определиться, будет ли эта система автономной или выступать в роли дополнения к другой системе отопления. Необходимо знать общую площадь дома и назначение жилых комнат, параметры теплоносителя, который будет использоваться в системе, а также количество солнечной активности на данной территории в течение года. Такие данные можно получить с помощью специальной литературы или ресурсов. К примеру, справочники содержат информацию по часовым, месячным и годовым значениям прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации, продолжительности солнечного сияния [3]. Или необходимо воспользо-

ваться специальными ресурсами, которые позволят получить данные солнечной активности. К примеру, всемирная база данных NASA POWER (NASA Prediction of Worldwide Energy Resources), которая содержит метеорологические и связанные с солнечной энергией параметры, позволяет получать доступ к ежедневным усредненным данным [4].

Список литературы и источников

1. Тюрин, И. В. Идентификация модели интенсивности солнечной радиации для проектирования гелиосистем горячего водоснабжения комбинированным методом / И. В. Тюрин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 10. – С. 55 – 57.
2. Бекман, У. Расчет системы солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи ; пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1. Вып. 13. Солнечная радиация и солнечное сияние. – Л. : Гидрометеиздат, 1990.
4. Официальный сайт NASA «POWER Data Access Viewer» [Электронный ресурс]. – URL : <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата обращения: 26.03.2021).

ОБЩИЕ СВОЙСТВА РЕБРИСТО-СТЕРЖНЕВЫХ АНТЕНН БЕГУЩИХ ВОЛН

П. А. Ворогушин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: описываются свойства ребристо-стержневых антенн бегущих волн.

Ключевые слова: антенны бегущей волны, ребристо-стержневая антенна.

Антенны бегущей волны (АБВ) – это линейные или плоские антенны, формирующие осевую или коническую (тороидальную) диаграмму направленности (ДН). Антенна бегущей волны (рис. 1) состоит из двух элементов – возбуждателя и направителя.

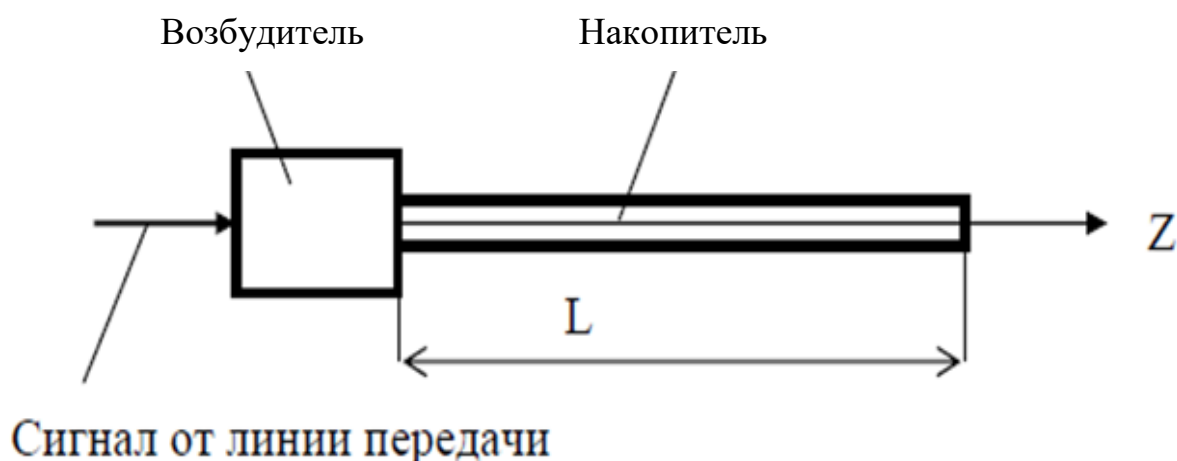


Рис. 1. Антенна бегущей волны

Возбудитель представляет собой открытый конец линии передачи – прямоугольного, круглого, коаксиального волноводов с фланцем или без фланца или с небольшим рупором.

Направитель – отрезок открытой линии передачи с замедленной волной.
 Длина направителя – L .

Рибристо-стержневая АБВ – в ней возбуждатель – небольшой конический рупор, возбуждаемый круглым волноводом; направитель – отрезок открытого волновода в виде металлического стержня с периодически расположенными металлическими шайбами.

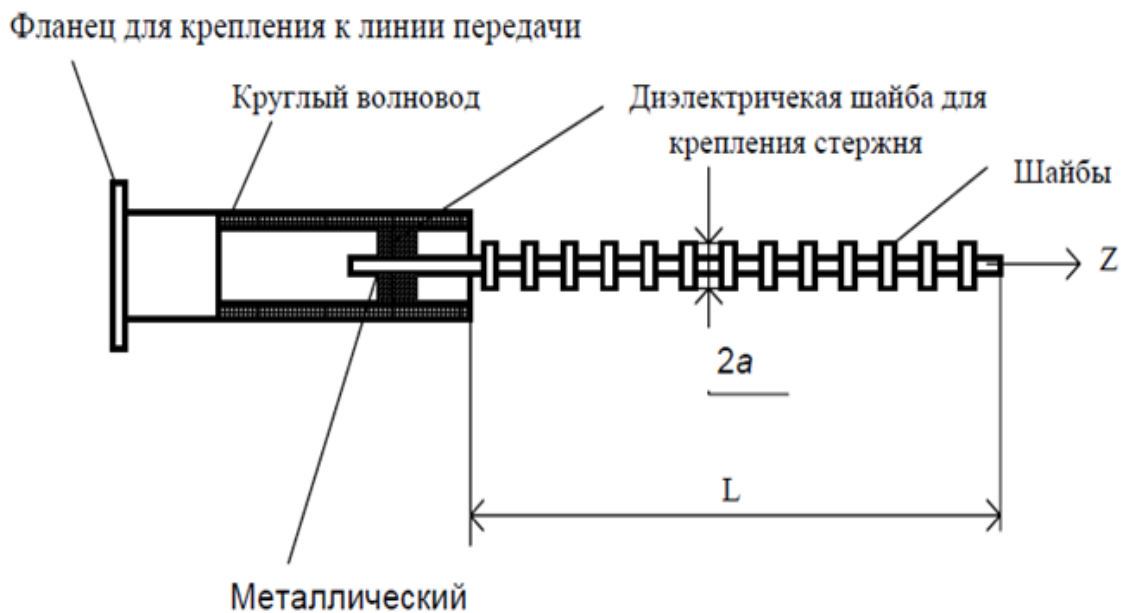


Рис. 2. Рибристо-стержневая антенна бегущей волны

Фрагмент направителя в его регулярной части – на рис. 2. На конечных участках направителя диаметры шайб плавно уменьшаются к концам для согласования направителя с возбуждателем и со свободным пространством. Коэффициент замедления направителя зависит от диаметра шайб – $2a$, диаметра металлического стержня – $2r$, толщины шайб – b и периода их расположения (периода замедляющей структуры) – S . В антеннах бегущей волны в качестве направителя используются так называемые однородные ребристо-стержневые замедляющие системы, в которых выполняются условия:

$$\frac{S}{\lambda} \ll 1, \quad h = a - r < 0,25\lambda.$$

При этих условиях коэффициент замедления определяется следующим приближенным выражением:

$$K_3 \approx \sqrt{1 + \left(\frac{S-b}{S}\right) \operatorname{tg}\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)}.$$

Ось поляризации проходит через центр круга и центр коннектора. Таким образом, если мы разместим антенну так, что коннектор будет находиться на вертикальной оси, проходящей через центр антенны (вверху или внизу – без разницы), то антенна будет иметь вертикальную поляризацию. Если повернуть антенну вокруг оси на 90° так, что коннектор окажется сбоку от центра (справа/слева – без разницы), то поляризация антенны станет горизонтальной.

Ребристо-стержневые антенны находят применение на сантиметровых, дециметровых и метровых волнах. В последнем случае для уменьшения веса и парусности диски можно изготавливать из сетки или перфорированного листового материала.

Список литературы

1. Юрцев, О. А. Антенны бегущей волны, антенные решетки, антенны коротких, средних и длинных волн / О. А. Юрцев. – Минск, 2001. – С. 4 – 17.
2. Юрцев, О. А. Резонансные и апертурные антенны / О. А. Юрцев. – Минск, 2000. – С. 89.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ШИНАХ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Р. А. Дадонов, В. В. Антипов, А. Н. Щепкин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,

г. Тамбов

Аннотация: рассматривается вопрос о наилучшем соотношении качества электрической энергии и надежности энергосистемы для защиты дорогостоящего оборудования сельских потребителей, а также эффективное применение стабилизаторов питания и использование в работе силовых трансформаторов с возможностью регулировки под нагрузкой.

Ключевые слова: приборы защиты от скачков напряжения, качество электрической энергии.

Современный человек ежедневно встречается с использованием электрической энергии как в быту, так и в различных отраслях народного хозяйства. Электроэнергия применяется в промышленной, транспортной, строительной сферах, в агропромышленном комплексе.

В наши дни сельское хозяйство является развивающейся сферой. На модернизацию сельского хозяйства выделяются огромные денежные средства, на которые закупается новейшее оборудование, призванное минимизировать труд человека и ускорить процесс производства. Новое дорогостоящее оборудование, питающееся от электрической энергии, нуждается в качественной и бесперебойной подаче электроэнергии. Современное оборудование питается от электрической сети и скачки напряжения могут нанести ущерб не только самим агрегатам, но и готовой продукции.

Довольно проблематично найти животноводческую ферму без использования электроэнергии. Примером могут послужить машины для уборки навоза, машины-кормораздатчики, современные модели которых оснащены электродвигателем. Принцип работы машин-кормораздатчиков основан на действии привода транспортера за счет электродвигателя. Транспортер начинает движение, скребок захватывает порцию корма и перемещает его по ограждению. Процесс считается завершенным, как только скребок совершит полный оборот по кольцу, после чего привод отключается [1].

Не прекращается процесс модернизации доильных аппаратов, которые имеют большой спрос на молочных фермах. До недавнего времени двухтактные доильные аппараты не имели аналогов, но сейчас налажено производство трехтактных устройств. Трехтактные доильные аппараты достаточно дорогостоящие, так как лучше приспособлены к естественному доению. Перебои в электросети могут пагубно сказаться на работе не только отдельного аппарата, но и всей доильной системы [2].

На основании вышеперечисленных примеров, можно сделать вывод, что на сегодняшний день вопрос о наилучшем соотношении качества электрической энергии и надежности энергосистемы является весьма актуальным в связи с большими вливаниями ресурсов в сельское хозяйство. Для защиты дорогостоящего оборудования следует использовать приборы защиты от скачков напряжения, работающие по принципу рэле.

Если входная величина превышает установленный предел, то происходит размыкание цепи. Так же эффективно применение стабилизаторов питания, которые поддерживают входную величину в установленных границах. Демонстрируется качественная электроэнергия при отклонениях величины на 30...40% (рис 1). Введение в работу силовых трансформаторов с возможностью регулировки под нагрузкой позволит регулировать уровень напряжения в сети при увеличении нагрузки или высоком уровне напряжения [3].



Рис 1. Приборы защиты от скачков напряжения

Таким образом, подъем уровня производства в сельском хозяйстве нуждается в надежном электроснабжении. Проведение мероприятий по повышению качества электроэнергии позволит уменьшить число аварийных ситуаций в энергетической сфере сельского хозяйства и, соответственно, повышение надежности электроснабжения.

Список источников

1. Электронный ресурс. – URL : <http://www.bibliotekar.ru/enc-Tehnika-2/29.htm>
2. Электронный ресурс. – URL : <http://fb.ru/article/300133/doilnyiy-apparat-dlya-korovyi-byitovyie-doilnyie-apparatyi-dlya-korov-otzyivyi-tsenyi>
3. Электронный ресурс. – URL : <http://fb.ru/article/292985/kachestvo-elektroenergii-trebovaniya-k-kachestvu-elektroenergii>

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Климова Ю. Н.

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: рассмотрены режимы работы тепловых насосов, указаны достоинства и недостатки каждого из них, а также типы тепловых насосов, для которых наиболее актуален каждый режим.

Ключевые слова: возобновляемые источники, тепловые насосы, энерго-сбережение, экология.

Для работы тепловых насосов можно выделить два основных режима: моновалентный и бивалентный. Иногда выделяют моноэнергетический.

Моновалентный режим работы – это режим, когда необходимая тепловая нагрузка обеспечивается только тепловым насосом. Такой режим рекомендуется при использовании источника тепла с относительно постоянной температурой, т.е. для тепловых насосов, использующих тепло грунта или воды. В случае с тепловыми насосами, использующими тепло окружающего воздуха, моновалентный режим нерентабелен, его эффективность резко снижается с понижением температуры воздуха, и потому для покрытия максимальных нагрузок потребуются неоправданно большие капитальные вложения на этапе строительства [1].

Бивалентный режим работы – более сложный режим, который имеет несколько видов: альтернативный, вспомогательный и комбинированный. Все эти режимы схожи тем, что в теплоснабжении участвуют два источника тепла. Работу бивалентного режима определяет точка бивалентности. Точкой бивалентности называют такое значение температуры наружного воздуха, при которой включается второй источник.

При бивалентном альтернативном режиме тепловой насос полностью покрывает тепловую нагрузку до момента достижения точки бивалентности, после чего он отключается, и начинает работать дополнительный источник, покрывающий 100% пиковую тепловую нагрузку. Принцип функционирования данного режима работы показан на рис. 1.

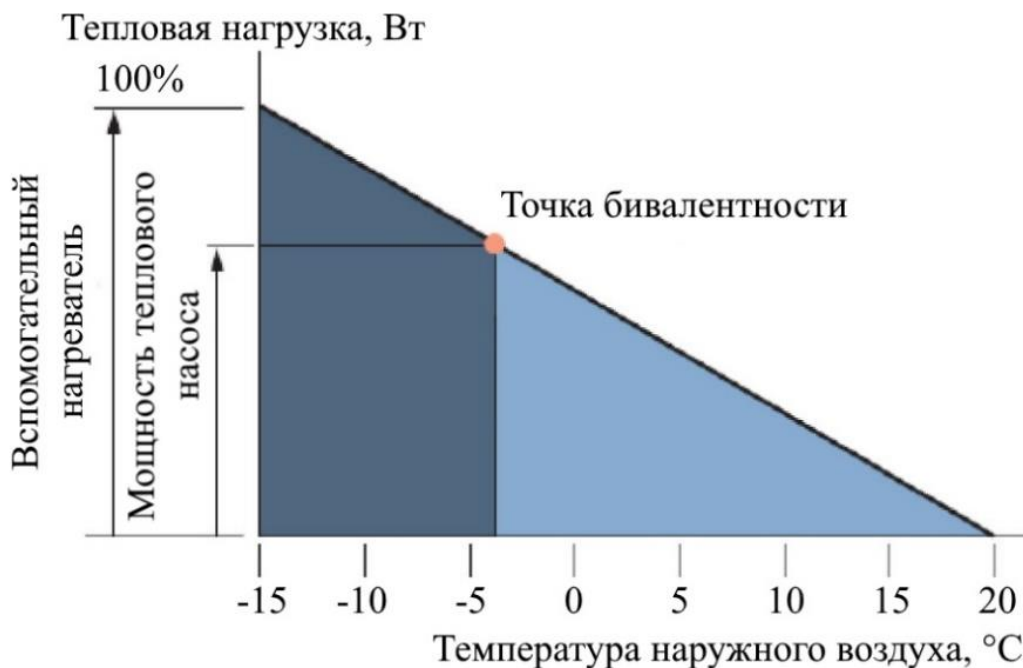


Рис. 1. Бивалентный альтернативный режим работы теплового насоса

В силу того, что точка бивалентности может смещаться в зависимости от мощности тепловых насосов и режимов их работы (например, температуры воды на подаче в систему отопления), данный режим работы является универсальным, но преимущественно для тепловых насосов типа «воздух–вода», поскольку только у этого источника тепла существует значение температуры наружного воздуха, при которой тепловой насос перестает работать. Для других тепловых насосов, так как их работа не зависит от температуры окружающего воздуха, будут актуальны режимы, описанные ниже. Основным недостатком бивалентного альтернативного режима энергообеспечения является требование ко второму источнику тепла, который должен полностью покрывать требуемую максимальную мощность потребителей тепла.

Бивалентный вспомогательный режим работы отличается от альтернативного только тем, что при достижении определенной точки бивалентности тепловой насос не отключается, а продолжает работать дальше, покрывая часть требуемой тепловой нагрузки. Такой режим работы возможен для тепловых насосов, использующих тепло грунта и воды, так как их функционирование не зависит от температуры окружающей среды, и они вырабатывают в течение отопительного периода относительно одинаковое количество тепла. Это позволяет подбирать дополнительный источник тепла мощностью, значительно меньше пиковой.

Комбинированный бивалентный режим – это режим, совмещающий в себе характеристики двух предыдущих. В точке бивалентности тепловой насос продолжает работать, но при этом подключается дополнительный источник. Тепловой насос отключается только при достижении некоторой минимальной температуры наружного воздуха. Данный режим является актуальным для тепловых насосов типа «воздух–вода», функционирование которых зависит от температуры наружного воздуха. Достоинством такого режима (перед альтернативным) является то, что выходные параметры воды можно регулировать и менять вне зависимости от возможностей теплового насоса. Режим комбинированной работы представлен на рис. 2.

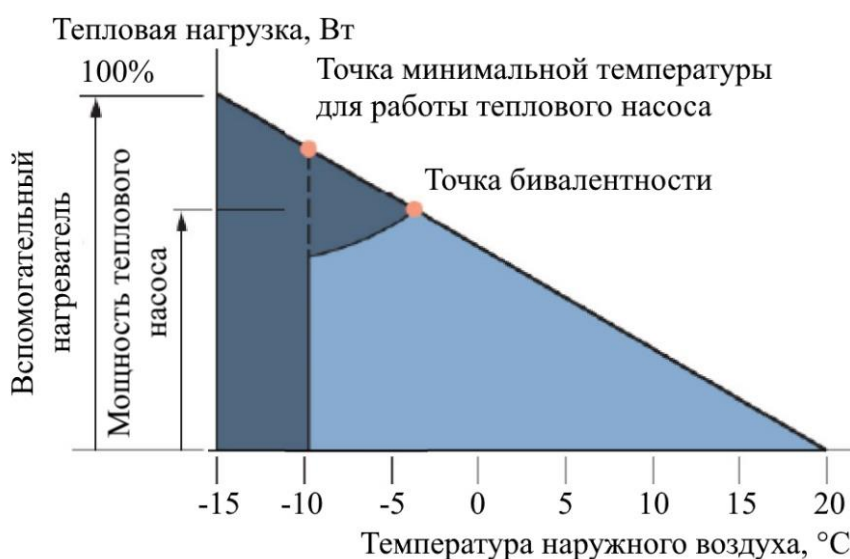


Рис. 2. Комбинированный бивалентный режим работы теплового насоса

Работа выполнена под руководством доцента И. В. Рогова.

Список используемых источников

1. Тепловые насосы Nibe: проектная документация [Электронный ресурс]. – 2015. – 53 с. – URL : <http://www.nibe-rus.ru/assortiment-produktsii/poisk-dokumentov/dokumenty-na-russkom>. – Загл. с экрана.

2. Воздушно-водяные тепловые насосы, исполнение в виде сплит-системы от 4,5 до 15,7 кВт. Инструкция по проектированию [Электронный ресурс]. – М. : Viessmann, 2017. – 144 с. – URL : https://viessmann.academy/disk/content/vitocal_100-S.html. – Загл. с экрана.

3. Режимы работы и мощность теплового насоса / solarsoul.net. Энергосбережение, возобновляемая энергетика, геосистемы, солнечная энергетика, фотоэлектрика [Электронный ресурс]. – URL : <https://solarsoul.net/rezhimy-raboty-i-moshhnost-teplovogo-nasosa>. – Загл. с экрана.

АНАЛИЗ БЕСКОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Оркин А. С.

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: проведен анализ приборов, позволяющих проводить бесконтактное измерение температуры.

Ключевые слова: датчик, измерение, температура.

В данной статье проведен анализ бесконтактных датчиков измерения температуры, рассмотрены их достоинства и осуществлен выбор оптимального варианта датчика как элемента прибора.

При определении толщины слоя биметаллической ленты информативным параметром является температура. Измерение температуры возможно при применении контактных и бесконтактных методов.

При определении температуры контактными методами возникают некоторые специфические трудности, возрастающие по мере повышения температуры. Эти трудности связаны с выбором материала для чувствительного элемента, которые обеспечивали бы стабильность показаний и минимальное воздействие на объект измерений, с выбором изоляционных материалов. При этом значительные погрешности измерений связаны с несовершенством теплового равновесия между термометром и объектом, плохим тепловым контактом и посторонними тепловыми влияниями.

Эти сложности можно уменьшить при использовании бесконтактного метода измерения, так как при нем отсутствует непосредственное воздействие температуры на материалы измерительного прибора.

Для снятия температуры с объекта измерения проводится выбор бесконтактного датчика на основе наиболее подходящих характеристик, таких как температурный диапазон, точность измерений, быстродействие и диапазон рабочей температуры датчика.

Пироэлектрический датчик фирмы Banner Engineering серии M18, общий вид которого показан на рис. 1 и технические характеристики приведены в табл. 1.



Рис. 1. Общий вид и габариты датчика Banner Engineering M18TUP14Q

1. Характеристики датчика Banner Engineering M18TUP14Q

Диапазон температур, °C	0...300
Погрешность, %	±1
Время отклика, мс	75
Рабочая температура, °C	-20...70

Высокое быстродействие, низкая погрешность измерений и широкий диапазон частот являются главным достоинством данного датчика.

На рисунке 2 представлен бесконтактный инфракрасный датчик температуры TW2002 для контроля больших значений температуры.

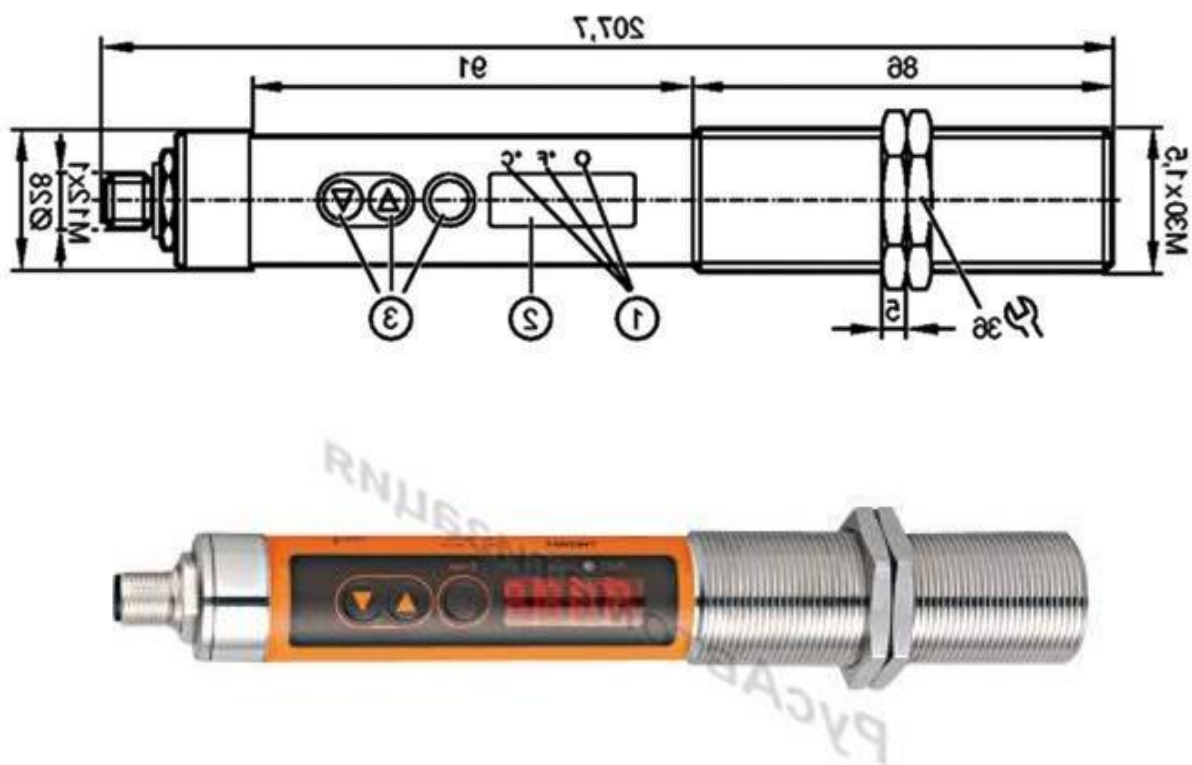


Рис. 2. Габариты и общий вид инфракрасного датчика температуры TW2002

Характеристики данного датчика представлены в табл. 2.

2. Характеристики инфракрасного датчика температуры TW2002

Диапазон температур, °C	0...500
Погрешность, %	±0,3
Время отклика, мс	150
Рабочая температура, °C	0...65

Датчик TW2002 способен работать с различными видами материалов: металлами и сплавами, стеклом, графитом и др.

Инфракрасный температурный датчик Calex PUA8-301, общий вид и габариты датчика представлены на рис. 3, а технические характеристики представлены в табл. 3.

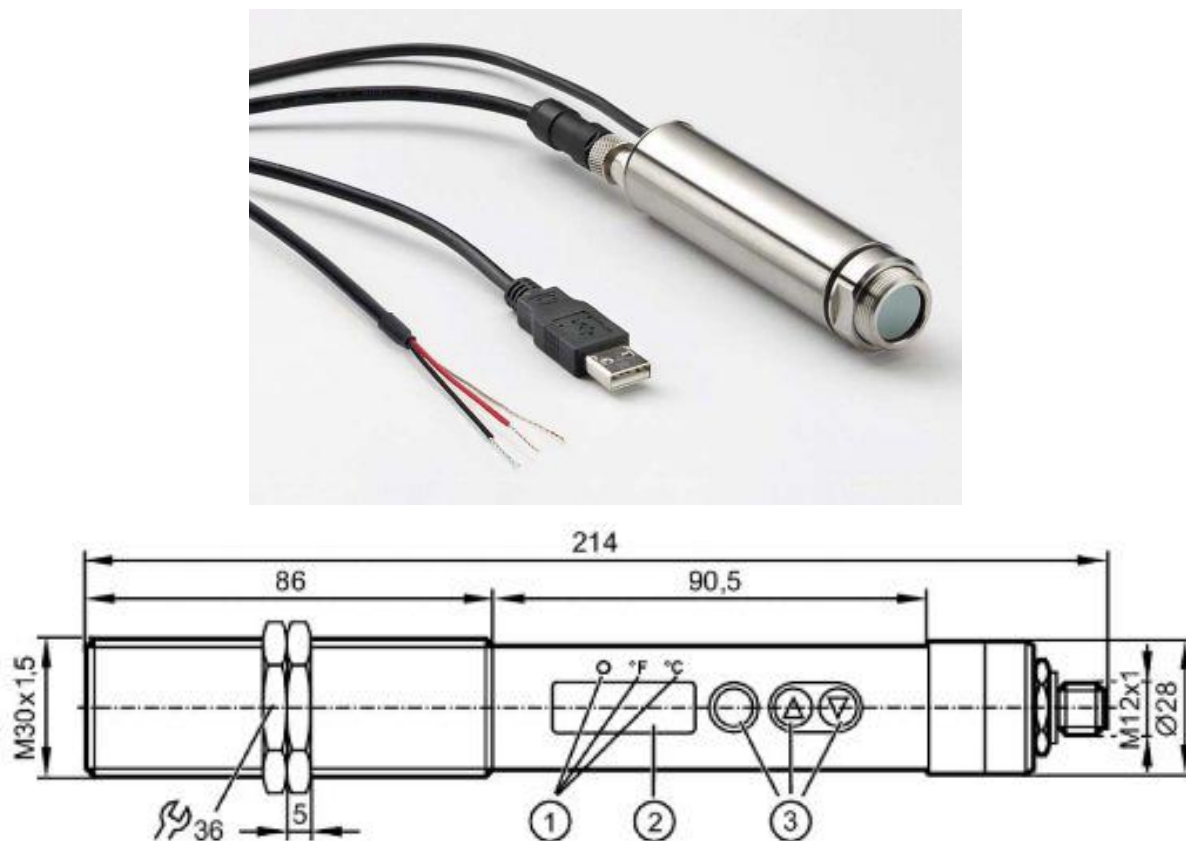


Рис. 3. Общий вид и габариты датчика Calex PUA8-301

3. Технические характеристики датчика Calex PUA8-301

Диапазон температур, °С	-40...1000
Погрешность, %	±1
Время отклика, мс	240
Рабочая температура, °С	0...65

Широкий спектр и высокая точность измерения являются главными достоинствами данного датчика

Проведенный анализ представленных датчиков для бесконтактного контроля толщины биметаллической ленты позволяет сделать вывод, что оптимальным выбором будет датчик Banner Engineering M18TUP14Q.

Список источников

1. Инфракрасные датчики температуры M18T [Электронный ресурс]. – URL : <https://sensor365.ru/datchiki-temperature-promyshlennye/beskontaktnye-datchiki-temperature-pirometry/m18tup14q-piometr-stacionarnyj/>
2. Инфракрасный датчик температуры TW2002 [Электронный ресурс]. – URL : <https://rusautomation.ru/harakteristiki-tw2002>
3. Инфракрасные датчикCalex PUA8-301[Электронный ресурс]. – URL : <https://www.chipdip.ru/product/pua8-301>

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ БЕСКОНТАКТНЫХ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ

Оркин А. С.

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: проведено исследование методической погрешности бесконтактных тепловых методов.

Ключевые слова: погрешность, измерение, температура.

Измерение температуры с помощью оптико-электронных систем является косвенным методом определения указанного параметра. На параметры потока излучения, кроме температуры объекта, оказывают влияние следующие факторы:

- излучательная способность объекта, зависящая от оптических свойств, вида механической обработки, степени шероховатости и т.д.;
- поглощение излучения промежуточной средой;
- отраженные объектом излучения сторонние источники.

Погрешность, обусловленная отраженным объектом излучения сторонних источников, может быть значительной при измерении температуры объекта, обладающего высоким значением коэффициента отражения, главным образом, зеркального. Расчет величины этого вида погрешности обычно затруднен, так как кроме величины коэффициента отражения объекта в данном направлении, необходимо знать степень освещенности объекта от постороннего источника излучения.

Погрешность, обусловленная поглощением излучения промежуточной средой вследствие наличия в объеме между термодатчиком и объектом взвешенных частиц, также может быть значительной. Оценка этой погрешности затруднена. Для этого нужно знать суммарный коэффициент ослабления слоя

воздуха для данной длины волны, что в производственных условиях определить трудно.

В работе [1] приводится спектральный коэффициент поглощения для такой среды, равный

$$k(\lambda) = \frac{\mu_k}{\zeta} k(r_0), \quad (1)$$

где μ_k – концентрация поглощающих частиц; ζ – плотность частиц; $k(r_0)$ – функция, определяемая оптическими размерами частиц, значения которых составляют от единиц до десятков микрометров.

При бóльших значениях r_0 величина $k(\lambda_{\text{изл}})$ стабилизируется и перестает зависеть от оптического диаметра частиц. Оптический радиус определяется как геометрическими размерами частицы, так и длиной волны излучения, и физическими свойствами частиц (его комплексным показателем преломления).

По мере увеличения размеров частиц или уменьшения длины волны падающего излучения дифракционные явления на частицах ослабевают и при $2r/(\lambda_{\text{изл}}) \rightarrow 0$ частицы по своим оптическим свойствам становятся эквивалентны системе больших непрозрачных экранов, подчиняющихся законам геометрической оптики.

В работе [2] получено аналитическое выражение, связывающее оптико-теплофизические свойства вещества с измеряемыми в эксперименте величинами. Для случая $R = 0$ это выражение имеет вид

$$\Delta T = \frac{qL}{\lambda \left\{ 1 + \frac{8n^2 \sigma_0 T_0^3}{k\lambda} [E_4(0) - E_4(kL)] \right\}}, \quad (2)$$

где R – коэффициент отражения; n – средний показатель преломления вещества; k – средний коэффициент поглощения; σ_0 – постоянная Стефана–Больцмана; T_0 – температура; $E_4(x)$ – интегроэкспоненциальная функция 4-го порядка; L – толщина лучепрозрачной среды.

Если $R \neq 0$, то вместо выражения в квадратных скобках в знаменателе формулы (2) следует вычислять [3] другое выражение

$$\sum_{n=0}^{\infty} R^{zn} [E_4(0) - E_4(kH + nkH)]. \quad (3)$$

При $k \rightarrow 0$, что соответствует полной лучепрозрачности среды, учитывая

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{E_4(0) - E_4(kL)}{k} = \lim_{k \rightarrow 0} LE_3(kL) = \frac{L}{2}, \quad (4)$$

из формулы (2) находим следующее выражение для полного потока энергии:

$$q = \lambda_{\text{изл}} \frac{\Delta T}{L} + 4n^2 \sigma_0 T_0^3 \Delta T. \quad (5)$$

где первое слагаемое определяет поток энергии вследствие теплопроводности, а второе – лучистый поток между двумя абсолютно черными поверхностями, разделенными непоглощающей средой с показателем преломления n .

При $k = \text{const}$, $E_4(0) = 1/3$ и $E_4(kL) \rightarrow 0$ из выражения (1) получаем:

$$\Delta T = \frac{qL}{\lambda + \frac{8n^2 \sigma_0 T_0^3}{3k}}. \quad (6)$$

Расчеты по (5) и (6) показали, что при длине волн от 8 до 14 микрометров для инфракрасного датчика BannerEngineering M18TUP14Q, погрешность не превышает 1,2%.

Список литературы

1. Поскачей, А. А. Оптико-электронные системы измерения температуры / А. А. Поскачей, Е. П. Чубарев. – 2-е изд., перераб и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 248 с.
2. Сергеев, О. А. Метрологические основы теплофизических измерений / О. А. Сергеев. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 154 с.
3. Мень, А. А. Лучисто-кондуктивный теплообмен в плоском слое / А. А. Мень, А. А. Поскачей, Е. П. Чубарев // Исследование в области тепловых измерений. – М.–Л. : Изд-во стандартов, 1969.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ

А. С. Оркин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: рассмотрено устройство для проведения неразрушающего контроля толщины биметаллической ленты с использованием термоэлектрического метода. Описано его устройство и принцип работы.

Ключевые слова: биметаллическая лента, метод неразрушающего контроля, измерение толщины.

Повышение уровня надежности и увеличение ресурса машин и других объектов техники возможно только при условии выпуска продукции высокого качества во всех отраслях машиностроения. Это требует непрерывного совершенствования технологии производства и методов контроля качества. В настоящее время все более широкое распространение получает неразрушающий контроль продукции на отдельных этапах производства.

Контроль качества продукции заключается в проверке соответствия показателей ее качества установленным требованиям. Важными критериями высокого качества деталей машин являются физические, геометрические и функциональные показатели, в данном случае, контроль толщины.

Использование его в эксплуатации позволяет обеспечить высокую надежность и долговечность машин.

В данной статье рассмотрено устройство для неразрушающего контроля толщины биметаллической ленты с использованием термоэлектрического метода.

На рисунке 1 изображена схема термоэлектрического устройства.

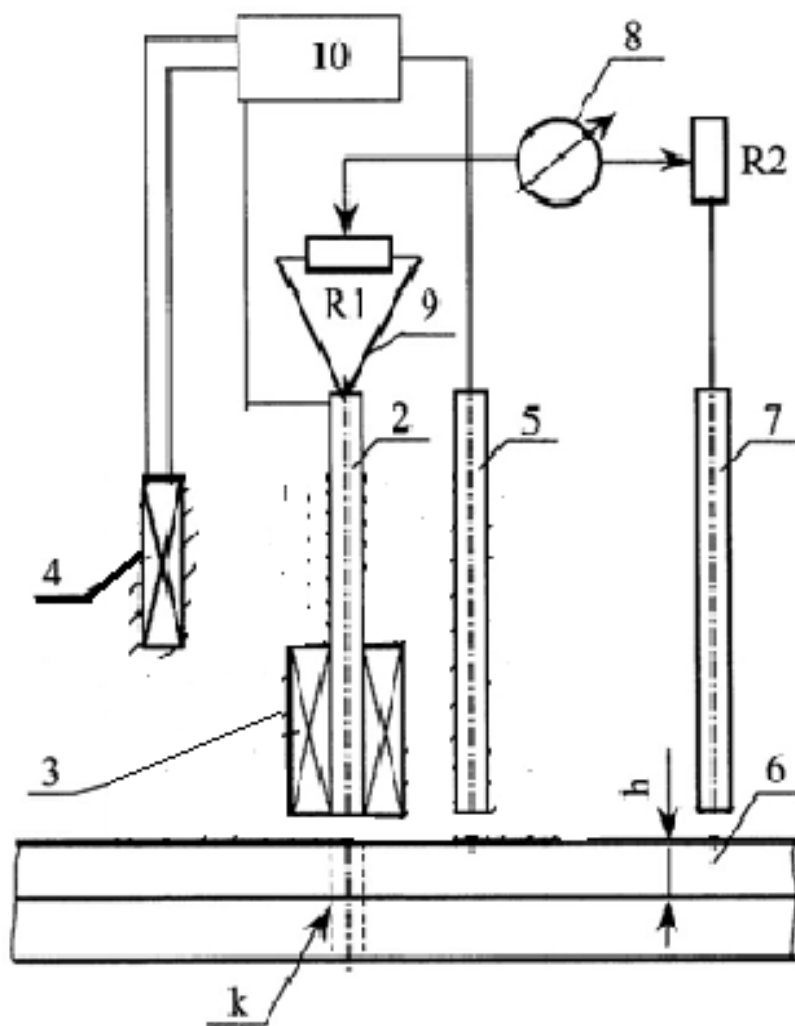


Рис. 1. Схема термоэлектрического устройства

Устройство содержит измерительный датчик 2, контролируемую поверхность 6, измерительный холодный термоцуп 7, который фиксируется с помощью гальванометра 8. Датчики 2 и 5 вместе с контролируемой поверхностью создают дифференциальную термопару, концы которой соединены с блоком управления 10, регулирующим ток в цепи питания дополнительного нагревателя 4.

Устройство работает следующим образом. С помощью нагревателей 3 и 4 нагревают до одинаковой заданной температуры. Температура в точке контакта холодного измерительного датчика 7 с контролируемой поверхностью 6 равна температуре окружающей среды. По величине термоЭДС, возникающей в цепи (горячий измерительный термоцуп 2 – контролируемая поверхность 6 – холодный измерительный термоцуп 7) судят о толщине измеряемого слоя.

Предлагаемое устройство уменьшает погрешность измерения толщины слоев проводящих двухслойных материалов за счет тепловой защиты измерительного канала, которая исключает передачу тепла в зоне измерения от образца в окружающую среду, обеспечивая при этом плоское тепловое поле, т.е. постоянство температуры вдоль границы раздела слоев и отсутствие влияния шунтирующих токов в области измерительного канала k , что расширяет диапазон измерения.

Для бесконтактного контроля толщины биметаллической ленты в данном устройстве проведена замена контактного термошупа на бесконтактный датчик измерения температуры и бесконтактный нагрев ленты с помощью ИК-нагрева.

В качестве измерителя температуры может использоваться пироэлектрический датчик фирмы Banner Engineering серии M18, общий вид которого показан на рис. 2 и технические характеристики приведены в табл. 1.



Рис. 2. Общий вид датчика Banner Engineering M18TUP14Q

Технические характеристики

1. Технические характеристики

Диапазон измеряемых температур, °C	0...300
Погрешность, %	±1
Время отклика, мс	75
Рабочая температура, °C	-20...70

Высокое быстродействие, низкая погрешность измерений и широкий диапазон частот являются главным достоинством данного датчика [2].

Использование данного устройства, с применением данных модификаций, позволит проводить бесконтактный неразрушающий контроль толщины слоев биметалла при прокате лены.

Список литературы

1. Пудовкин, А. П. Неразрушающий контроль качества и изделий из них / А. П. Пудовкин, В. Н. Чернышев. – М. : Машиностроение, 2003. – 156 с.
2. Инфракрасные датчики температуры M18T [Электронный ресурс]. – URL : <https://sensor365.ru/datchiki-temperature-promyshlennye/beskontaktnye-datchiki-temperature-pirometry/m18stup14q-pirometr-stacionarnyj/>

ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В. Ю. Провоторов, В. А. Софенин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: рассматриваются возможности применения накопителей в управлении качеством электрической энергии.

Ключевые слова: накопитель, распределенная электроэнергетика, качество электрической энергии, электромобили.

Распределенная энергетика – катализатор и ключевой элемент «энергетического перехода» от традиционной организации энергосистем XX века к новым технологиям и практикам XXI века. «Энергетический переход» осуществляется на базе децентрализации, цифровизации, интеллектуализации систем энергоснабжения с активным вовлечением самих потребителей и всех видов энергетических ресурсов и характеризуется повышением энергетической эффективности и снижением выбросов парниковых газов (прежде всего, за счет возобновляемых источников энергии) [1].

Российская Федерация находится на первом месте по площади зонде централизованного электроснабжения. В различных литературных источниках показано, что около 70% территории России не подключено к центральным электрическим сетям. В связи с развитием арктических территорий актуальность внедрения автономных источников электрической энергии возрастает.

Переход к распределенной генерации невозможен без активного внедрения альтернативных источников энергии, сдерживающими факторами этого являются:

- пропускная способность линий ограничена, что сдерживает использование альтернативных источников в часы максимума нагрузок;
- энергетические компании сдерживают подключение дополнительной генерации к единой системе из-за плохой управляемости совместной работы большой генерации и малых источников энергии;
- влияние на альтернативные источники погодных факторов: солнечной активности, скорости ветра и пр., что снижает надежность их работы в единой системе;
- реверсивные перетоки, создаваемые распределенными источниками генерации, требуют пересмотра требований к средствам регулирования напряжения и релейной защиты, спроектированным для случая однонаправленного перетока мощности.

Важными элементами распределенной электрической сети являются накопители электрической энергии, позволяющие накапливать электрическую энергию в часы минимума электрической нагрузки, а в часы максимума электрической нагрузки поддерживать необходимый уровень напряжения, обеспечивая надежность и качество электрической энергии у потребителей (рис. 1).

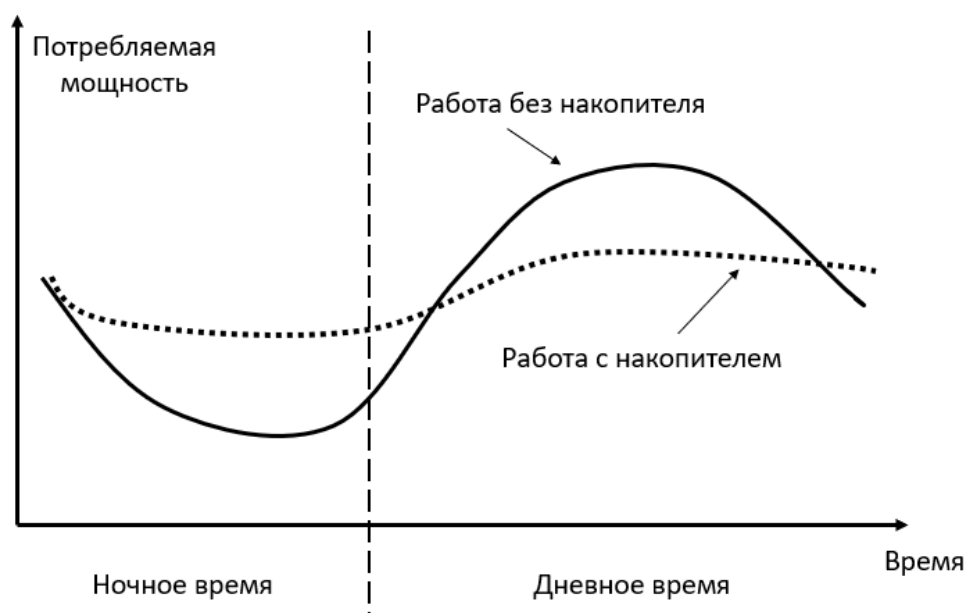


Рис. 1. Выравнивание электрической нагрузки с помощью накопителей

В часы пиковой нагрузки аккумуляторная батарея подключается через инвертор параллельно с сетью, снижая, таким образом, мощность потребления энергии из сети в установленные оператором плановые часы пиковой нагрузки в рабочий день. Подключение может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режимах (рис. 2) [2].

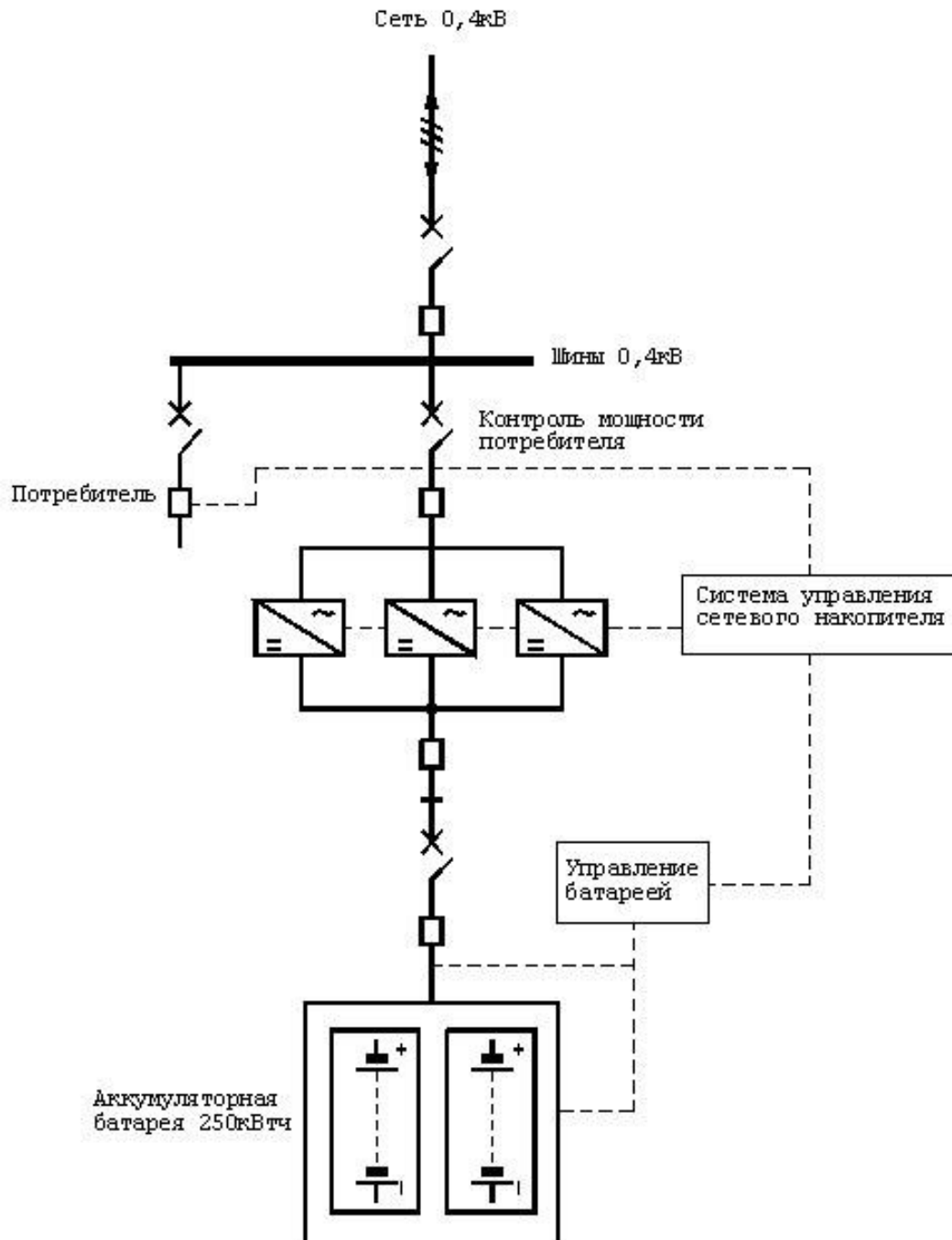


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления накопителями электрической энергии

Наиболее популярные накопители электрической энергии, используемые в электроэнергетике:

1. Гидроаккумулирующие электростанции, (Pumped Storage Hydropower).
2. Электрохимические аккумуляторы (Electrochemical Batteries).
3. Проточные электрохимические аккумуляторы (Flow Batteries).
4. Емкостные накопители (Supercapacitors, SCAPS).
5. Накопители на сжатом воздухе (Compressed Air Energy Storage, CAES).
6. Роторные накопители энергии (Flywheel Energy Storage).

В настоящее время во всем мире наблюдается рост рынка электромобилей, так, в 2019 году по итогам года, продажи поднимутся на 23...48% и достигнут 2,4 млн. штук [3]. В России пока наблюдается незначительный рост, однако тенденции в изменении структуры автомобильного рынка наблюдаются. В этой связи необходим анализ существующих городских систем электроснабжения на предмет обеспечения электрической энергией заправочных станций.

К примеру, зарядка TeslaS85 с помощью зарядочной станции «суперзарядки» потребляет 90 кВт мощности и потребляемого тока до 240 А при напряжении 380 В. Это достаточно приличные цифры для зарядки одного автомобиля, при этом, увеличение подобных автомобилей и их зарядка в вечерний период максимальной бытовой нагрузки может вызвать серьезные проблемы в обеспечении электрической энергией.

Применение накопителей в управлении качеством электрической энергии в городских системах электроснабжения при заряде электромобилей может снизить уровень коммунальной нагрузки. При этом необходимым условием является интеграция работы зарядок с интеллектуальными системами управления, позволяющими распределить нагрузку между станциями в зависимости от уровня заряда подключенных электромобилей в пиковый период, а также сместить основной период заряда с пикового периода на время с низкой нагрузкой на сеть.

Список источников

1. Распределенная энергетика в России: потенциал развития [Электронный ресурс] // Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО. – М., Январь, 2018. – URL : https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER3.0_2018.02.01.pdf
2. Сетевые накопители энергии (СНЭ) с использованием литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) [Электронный ресурс]. – URL : http://www.tensy.ru/sne_lia.html
3. Электромобили (мировой рынок) [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.tadviser.ru/index.php>

ЦЕНТРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РОССИИ: ТОЧКИ РОСТА

Р. С. Сивков, А. А. Колодина

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: рассмотрены направления развития рынка ЦОД в России.

Ключевые слова: Центр обработки данных (ЦОД), облачные услуги.

Действующая в России государственная программа «Цифровая экономика РФ» предписывает увеличить долю страны на мировом рынке услуг хранения и обработки данных с 1 до 5% до 2024 года [1].

Стратегическая цель по вхождению России в число мировых лидеров по количеству центров обработки данных (ЦОД) была поставлена в 2018 году Президентом Российской Федерации. Для ее достижения необходимо увеличить долю услуг центров обработки и хранения данных как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Внутри страны должны быть созданы благоприятные экономические и правовые условия [2].

ЦОД – сложный капиталоемкий инфраструктурный объект, который выполняет функции обработки, хранения и распространения информации, как правило, в интересах корпоративных клиентов. Консолидация вычислительных ресурсов и средств хранения данных в ЦОД позволяет компаниям сократить совокупную стоимость владения информационной инфраструктурой за счет возможности эффективного использования технических средств, например, перераспределения нагрузок, а также сокращения расходов на администриро-

вание. Поэтому к дата-центру предъявляются высокие требования по бесперебойности, безопасности и надежности работы [3].

В России ЦОД востребованы в первую очередь в интересах собственных нужд государственных и корпоративных клиентов, а за рубежом – в интересах массового сегмента. ЦОД являются также основой предоставления облачных услуг [2].

В июле 2019 года введен в промышленную эксплуатацию ЦОД «Удомля», расположенный вблизи Калининской АЭС в Тверской области – самый крупный ЦОД в России и один из крупнейших в Европе (рис. 1).



Рис. 1. ЦОД «Удомля»

Ключевые характеристики:

- проектная мощность – 40 мВт, 4 800 стоек;
- площадь – 32 тыс. м²;
- отказоустойчивость – уровень TIER III;

- экологичность – LEED Silver, атомный источник электроэнергии;
- круглосуточная система охранного телевидения с контролем территории, зданий и внутренних помещений [2].

Рынки ЦОД и облачных сервисов динамично развиваются и ежегодно растут на 10 и 25% соответственно. На конец 2019 года общее количество коммерческих стойко-мест в России достигло 44 тыс. единиц [4].

На рисунке 2 представлен рейтинг крупнейших поставщиков услуг ЦОД в России. Более половины российского рынка занимают «Ростелеком», IXcellerate, DataPro, МТС (ЦОД «Авантаж»), Selectel и Linxdatacenter. При этом IXcellerate и DataPro оказывают услуги исключительно colocation.

№ 2020	№ 2018	Название компании	Количество стоек*	Площадь машинных залов, кв м**	Мощность, МВт***	Количество ЦОД****
1	1	Ростелеком (1)	11 497	26 225	149	27
2	4	IXcellerate	3 315	5 500	26	2
3	7	DataPro(2)	2 400	3243	13,3	2
4	-	МТС ("Авантаж") (3)	2 240	6400	20	1
5	3	Linxdatacenter	2 020	4 431	17	2
6	5	Selectel	1 889	8550	30	6

Рис. 2. Крупнейшие поставщики ЦОД в России 2020

В портфеле Selectel более 80% составляют облачные сервисы. Остальные игроки предоставляют комплексные услуги [4].

Однако доля России на глобальном рынке услуг обработки и хранения данных составляет всего около 0,9% в стоимостном выражении и 1,1% в количестве коммерческих стойко-мест. Сравнение российского рынка ЦОД с ведущими странами представлено на рис. 3.

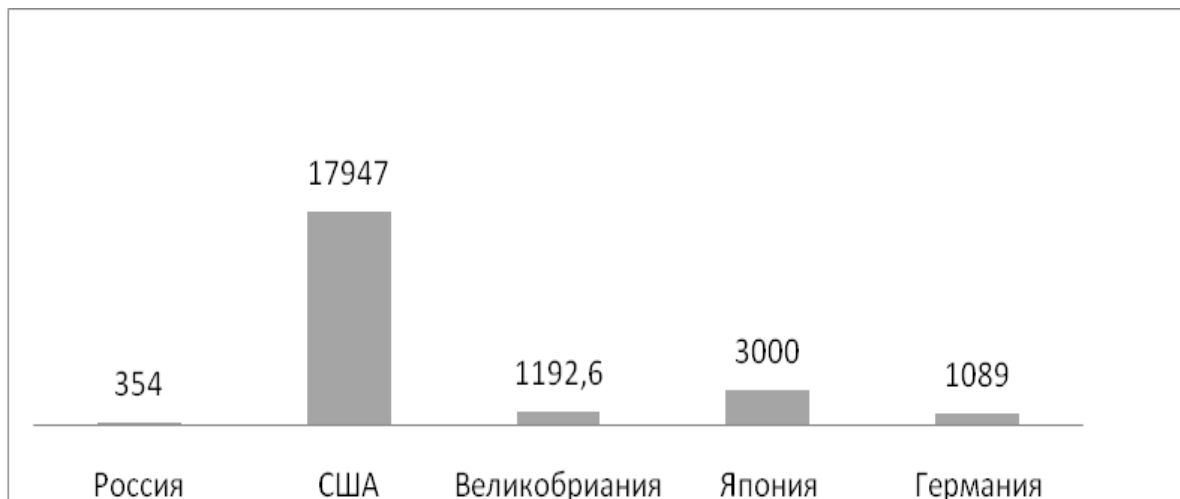


Рис. 3. Объем российского рынка ЦОД в сравнении с ведущими странами, млн. долл.

Отмечаются негативные факторы, сдерживающие рост отечественного рынка ЦОД:

- невысокий спрос государства на услуги ЦОД и облачных сервисов, а также ограниченная мотивация частного бизнеса переходить на потребление инфраструктуры ЦОД по сервисной модели;
- низкий уровень интереса со стороны инвесторов к финансированию проектов строительства дата-центров;
- низкая концентрация рынка и отсутствие в России крупных компаний индустрии ЦОД и облачного провайдинга международного уровня;
- ввод мощностей только при наличии подтвержденного спроса [2].

Основные проблемы российского рынка ЦОД – это обременительное налоговое законодательство, высокая стоимость электроэнергии и сложность процесса получения необходимых электрических мощностей в точке строительства объектов.

Для их решения требуется принять комплекс мер государственной поддержки. Это сделает российский рынок ЦОД более эффективным и привлекательным для инвесторов, конкурентным при экспорте услуг, а также создаст положительный мультипликативный эффект для всей экономики.

Список литературы и источников

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: постановление Правительства Рос. Федерации от 28.07.2017 № 1632-р // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 2017.
2. Публичное акционерное общество Ростелеком [Электронный ресурс]. URL : <http://www.rt.ru/> (дата обращения: 02.04.2021). – Загл. с экрана.
3. Андрей Москаленко. Стойко-место (рус.) // Бизнес-журнал. – М., 2015. – № 10(234). – С. 56 – 58.
4. Услуги ЦОД (дата-центров). – URL : http://marketing.rbc.ru/reviews/it-business/chapter_6_1.shtml.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРА

А. А. Балашов, Т. А. Истомина, В. В. Еремин

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Аннотация: целью работы является исследование отношения сигнал/шум для выделения структурного перехода в полимерном материале на графической зависимости коэффициента тепловой активности материала с ростом температуры.

Ключевые слова: коэффициент тепловой активности, неразрушающий контроль, полимеры, сигнал, шум.

Полимерные материалы (ПМ) находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, что обусловлено разнообразием их свойств, которые можно изменять при применении новых технологий. Информация о структурных превращениях (фазовых, релаксационных) в ПМ необходима для назначения технологических режимов их переработки в изделия. Традиционно применяемые методы термического анализа температурных характеристик структурных переходов в полимерах, как правило, требуют изготовления специальных образцов, длительного времени испытания, дорогостоящего стационарного оборудования.

В последнее время разработано множество информационно-измерительных систем, реализующих контактные методы неразрушающего контроля структурных превращений в ПМ по изменениям их теплофизических свойств (ТФС) с ростом температуры. ТФС определяют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом воздействии от круглого источника тепла постоянной мощности, по моделям плоского и сферического полу-

пространств. 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.

В связи с этим, разработка программного обеспечения для информационно-измерительной системы, реализующая, метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах с использованием статистических зависимостей востребована и является актуальной.

Разработаны алгоритмическое и программное обеспечения, реализующие метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах с учетом моделирования различных шумов и наложении их на графические зависимости ТФС материалов.

Исходные данные моделируемого шума – математическое ожидание, равное нулю, среднеквадратичное отклонение $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

График термограммы и моделируемого шума представлен на рис. 1.

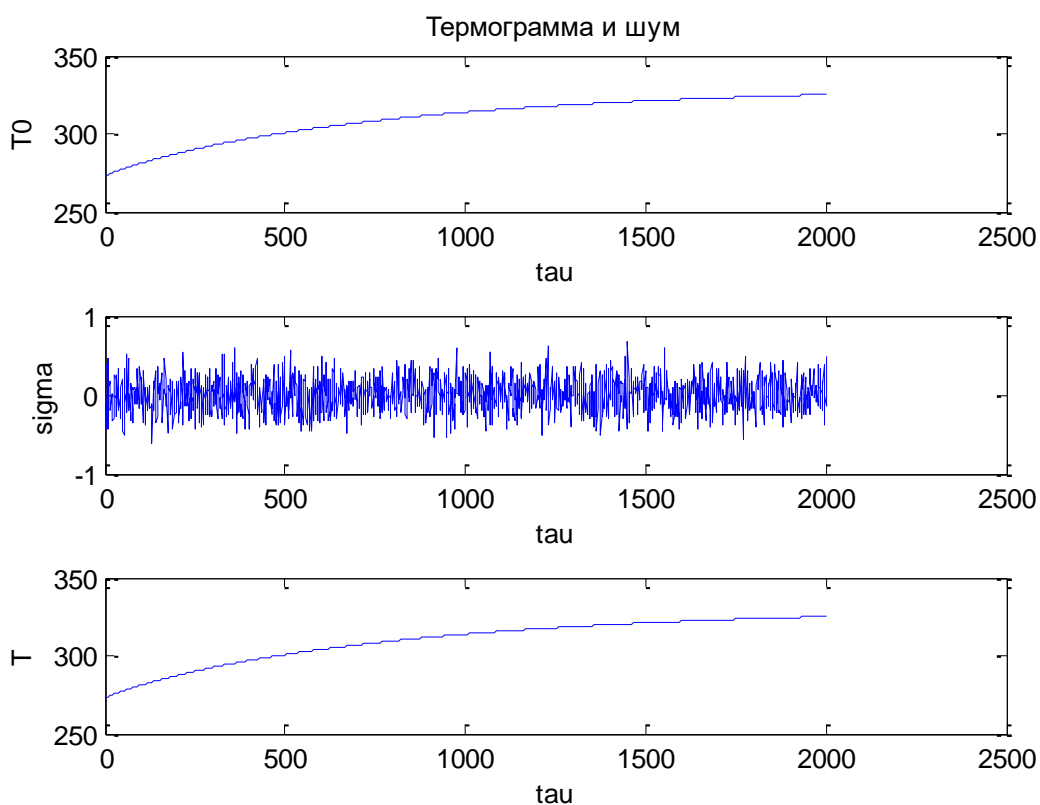


Рис. 1. Термограмма и шум

Графическая зависимость коэффициента тепловой активности материала представлена на рис. 2.

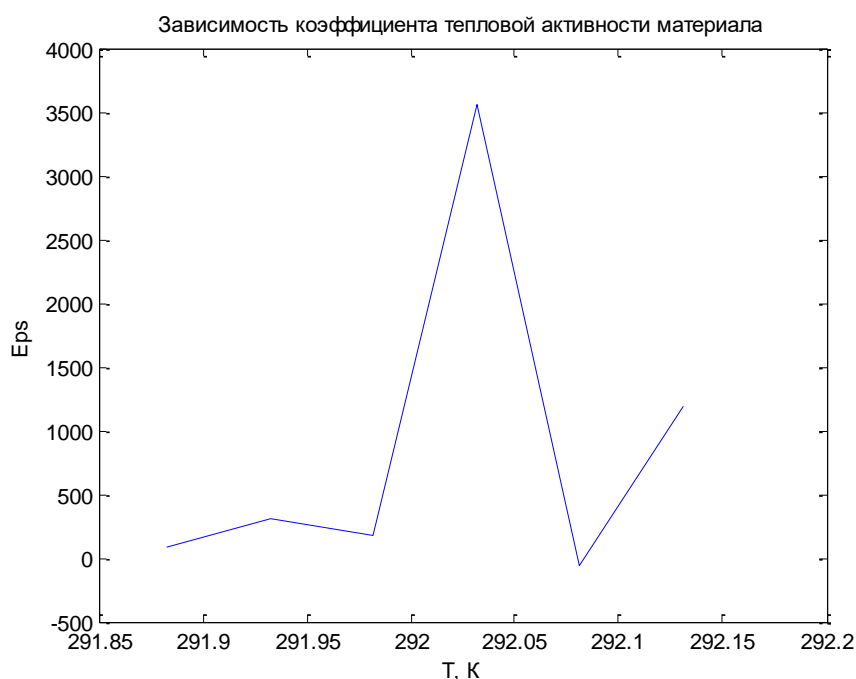


Рис. 2. Зависимость коэффициента тепловой активности материала

Таким образом, разработанное программное и алгоритмическое обеспечение позволяет исследовать отношение сигнал/шум для последовательности коэффициента тепловой активности полимера, а также выделить структурный переход в полимерном материале с использованием статистических критериев.

Список литературы

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков и др. – Тамбов. – 2012. – С. 112.

Научное электронное издание

ЭНЕРГЕТИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Сборник научных статей магистрантов

Выпуск 2

Редактор И. В. Калистратова

Инженер по компьютерному макетированию Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2355-1



Подписано к использованию 08.06.2021.

Тираж 100 шт. Заказ № 78

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел. 8(4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru