ISBN 978-5-6046580-6-2

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Материалы конференции

1

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

cigre Россия · РОССЕТИ · НАДЕЖНАЯ СМЕНА · КГЭУ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

АО «Системный оператор Единой энергетической системы»

Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»

Российский национальный комитет международного совета по большим электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)

Благотворительный фонд «Надежная смена»

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова

Казань
2021

УДК 620.9
ББК 31.3
Т42

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «СамГТУ» доц. А.С. Ведерников;

д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора), А.Г. Арзамасова

Т42 **Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация».** В 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – 559 с.

ISBN 978-5-6046580-6-2 (т. 1)
ISBN 978-5-6046580-3-1

Опубликованы материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области электроэнергетики и электроники по следующим научным направлениям: электроэнергетические системы и сети, надежность, диагностика; электроснабжение; промышленная электроника и светотехника, электрические и электронные аппараты; перспективные материалы и направления развития физики, химии, математики и материаловедения; электротехнические комплексы и системы; энергоэффективность и энергобезопасность производства; системная автоматика, релейная защита и противоаварийное управление в электроэнергетических системах; инженерная защита окружающей среды и безопасность труда на производстве; возобновляемые источники энергии и безопасность; контроль, автоматизация и диагностика электроустановок электрических станций и подстанций.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 620.9
ББК 31.3

ISBN 978-5-6046580-6-2 (т. 1)
ISBN 978-5-6046580-3-1

© КГЭУ, 2021
Оформление ООО ПК «Астор и Я», 2021

Секция 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

УДК 620.179.16

ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

А.Д. Арсланов[1], А.А. Потанин[2], А.А. Абдуллов[3], З.Р. Баймухаметов[4], З.А. Даутов[5]
[1,2,3,4,5]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arslanovad97@gmail.com, [2]gornego.tes@gmail.com,
[3]arturabdullov97@gmail.com, [4]zeromax7931@gmail.com, [5]DautovZA@gmail.com
Науч. рук. Д.А. Иванов

Представлена методика выявления и локализации дефектов изделий из металла или ферромагнетика. Описаны принципы работы электромагнитно-акустического метода неразрушающего контроля объектов электроэнергетики. Его преимущества и недостатки.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, электромагнитно-акустический метод, ультразвуковая диагностика, магнитострикция, электромагнитно-акустический преобразователь.

Широкий класс изделий во многих областях промышленности изготавливается методом литья с обработкой температурой, давлением и т. д. Поверхность таких изделий имеет большую шероховатость. Это препятствует использованию пьезоэлектрических преобразователей, но не снимает необходимости контроля этих изделий. Действующему оборудованию после того, как оно отработает некоторый ресурс, требуется периодический индивидуальный контроль для обеспечения безопасности эксплуатации.

В данной работе рассматриваются принципы электромагнитно-акустического метода (ЭМА) неразрушающего контроля. Использование данного метода позволяет проводить оценку напряженно-деформированного состояния металлических элементов электроэнергетического оборудования.

ЭМА метод возбуждения и приема ультразвуковых колебаний основан на трех эффектах взаимодействия электромагнитного поля с объектом контроля: эффектах магнитного и электродинамического взаимодействия, и магнитострикции [1].

Магнитострикцией называется явление, заключающееся в том, что при изменении состояния намагниченности тела его объём и линейные размеры изменяются (рис. 1).

Электродинамическое взаимодействие проявляется в возбуждении вихревых токов в исследуемом материале, взаимодействующих с постоянным магнитным полем и создающих колебания, что, в свою очередь, вызывает механические напряжения, которые в дальнейшем ведут к появлению упругих акустических колебаний.

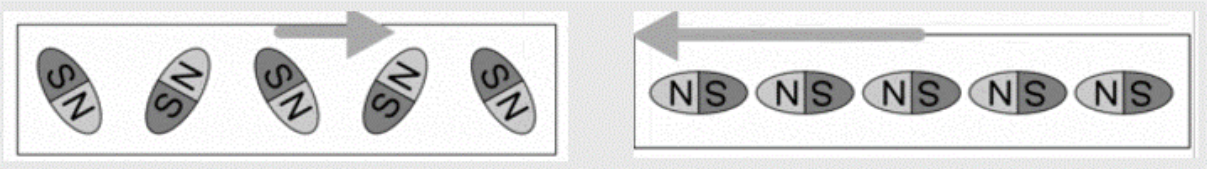

Рис. 1. Магнитострикционный эффект [2]

Электромагнитно-акустический (ЭМА) метод подразумевает собой регистрацию акустических волн после взаимодействия с контролируемым объектом из металла или ферромагнетика с помощью вихретокового преобразователя [3].

Электромагнитно-акустические преобразователи (ЭМАП) являются относительно новым направлением в ультразвуковой диагностике. Основное отличие данной технологии состоит в том, что генерация ультразвуковых колебаний происходит непосредственно в объекте исследования. Через индуктор ЭМАП протекает импульс высокочастотного тока, что создает в поверхностном слое металла вихревой ток.

Преобразователи возбуждают поперечные волны, распространяющиеся под углом к поверхности и по нормали. Электромагнитно-акустические преобразователи не нагружают поверхность объекта контроля. Данная особенность в свою очередь устраняет проблемы проявляющиеся из-за процессов реверберации. Акустический тракт ЭМА дефектоскопа весьма прост, поскольку ультразвуковые волны возбуждаются и распространяются, только в самом объекте контроля. Лишь сам объект контроля и содержащиеся в нем неоднородности, способны поменять картину волнового поля.

Поперечные волны, которые распространяются непосредственно по нормали к поверхности, более чувствительны к некоторым дефектам. Поперечные волны распространяются вдвое «медленнее» продольных. Это в свою очередь создает благоприятные условия для повышения разрешающей способности при контроле эхо-методом и толщинометрии.

Применение поперечных волн определенной поляризации дает возможность обнаруживать неудобные для отражения трещины с высокой точностью, даже в случаях, когда их плоскость параллельна направлению прозвучивания.

Электромагнитный контакт преобразователей с поверхностью объекта контроля, является гораздо более устойчивым, чем акустический контакт для пьезоэлектрических преобразователей. Колебания опорного сигнала на бездефектных участках обычно не превышают 4–6 дБ. Акустическая ось не отклоняется при изменении положения преобразователя относительно поверхности объекта контроля [4].

В результате воздействия на объект контроля электромагнитного поля формируется электромагнитно-акустический сигнал отклика. Данный сигнал содержит информацию об объекте контроля в виде изменения временных и частотных параметров (рис. 2). В качестве интегрального параметра, который отражает совокупность различных свойств металла (магнитных, электрических, акустических и механических), которые характеризуют его эксплуатационные свойства, используется его передаточная функция, получаемая с использованием электромагнитно-акустического эффекта. Изменения структуры металла, дефекты, трещины, зарождение и развитие повреждений вызывают изменение параметров его передаточной функции. Исходя из этого анализ параметров передаточной функции позволяет идентифицировать эти изменения, оценить техническое состояние и ресурс безопасной эксплуатации электрооборудования.

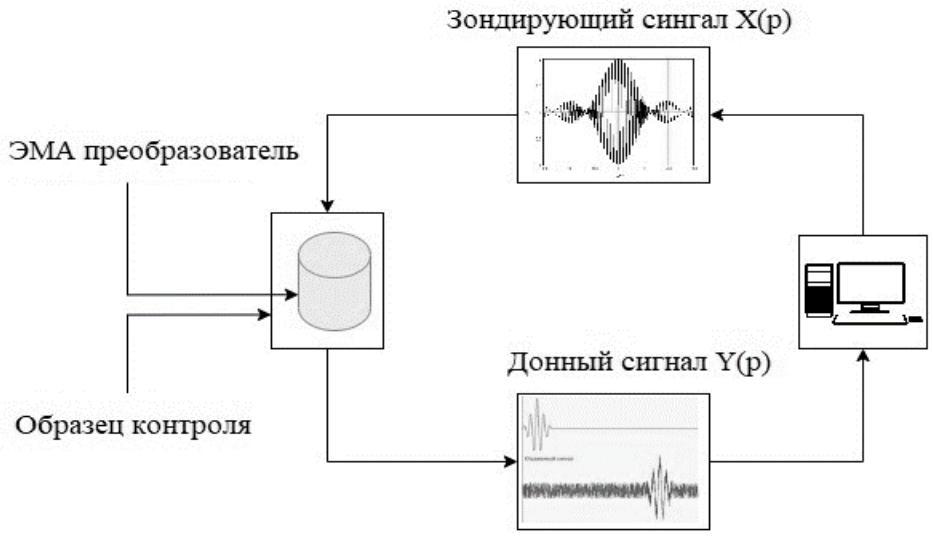

Рис. 2. Структурная схема системы «ЭМА-преобразователь – объект контроля» [5]

Слабое место традиционных методов УЗК это контактная жидкость. Необходимость применения жидкости часто вызывает конфликт с металлургическими технологиями. Соблюсти все требования по температуре, скорости перемещения и состоянию поверхности объектов контроля с каждым днем становится все сложнее. Используя ЭМАП не требуется применять контактные жидкости, а значит отсутствуют все связанные с ней недостатки.

Бесконтактные методы возбуждения акустических волн по средствам ЭМАП позволяют проводить ультразвуковой контроль при шероховатой и загрязненной поверхности объектов, высоких и низких температурах рабочей поверхности, а также в случаях, когда по применяемой технологии контактные жидкости применять недопустимо.

К основным преимуществам технологии контроля с применением электромагнитно-акустических преобразователей по сравнению с классическим ультразвуковым контролем можно отнести:

1) ЭМАП способен возбуждать поперечные волны в широком диапазоне частот, это увеличивает измеряемый диапазон и точность измерений в сравнение со стандартным ПЭП;

2) сниженные требования к подготовке поверхности, по причине отсутствия непосредственного контакта ЭМАП с металлом, а также отсутствие необходимости в использовании контактной жидкости;

3) нет необходимости устанавливать ЭМАП очень ровно, можно устранять ошибки измерения, появляющиеся из-за преломления звука на границе «преобразователь – объект контроля»;

4) датчик может быть использован на поверхности с широким температурным диапазоном;

5) угол ввода импульса не влияет на качество контроля;

6) у бесконтактного преобразователя нет износа, поскольку он не подвержен трению;

7) приборы с ЭМАП позволяют исследовать объекты сложной формы и трубы малого диаметра.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания на выполнение НИР по теме «Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей» (номер темы 075-00063-20-02).

Источники

1. Сыдыков Ж.Б. Разработка электромагнитно акустического метода для контроля литья [Электронный ресурс]. URL: http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28268 (дата обращения: 20.02.2021).

2. Магнитострикция [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитострикция (дата обращения: 25.02.2021).

3. Место акустоэлектромагнитного метода неразрушающего контроля адгезионных соединений композиционных материалов в дефектоскопии / М.И. Баумгартэн [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1.

4. Электромагнитно-акустические преобразователи (ЭМАП) [Электронный ресурс]. URL: https://www.ntcexpert.ru/562-jelektromagnitno-akusticheskie-preobrazovateli (дата обращения: 25.02.2021).

5. Баширов М.Г., Хуснутдинова И.Г., Алтынбаев А.М. Практическое использование электромагнитно-акустического эффекта в задачах оценки технического состояния и ресурса оборудования // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 9–13.

УДК 621.316

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

В.Ю. Банникова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Vika123bannikova@rambler.ru
Науч. рук. М.Ш. Гарифуллин

Приведен расчет и правила оценки индекса технического состояния. Для оценки индекса технического состояния выбрано такое оборудование, как воздушные линии электропередач.

Ключевые слова: электрооборудование, техническое состояние, индекс технического состояния, метод, надежность.

Под надежностью электрооборудования следует понимать свойство, которое сохраняет значения параметров в установленных пределах, выполняет функции в заданных режимах и условиях технического обслуживания, ремонтов и эксплуатации.

Секция 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 621.3.084.2

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И АГРЕГИРОВАНИЯ ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ДАТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА БАЗЕ ARDUINO

А.А. Абдуллов[1] , З.Р. Баймухаметов[2], А.А. Потанин[3], А.Д. Арсланов[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arturabdullov97@gmail.com, [2]zeromax7931@gmail.com,
[3]gornego.tes@gmail.com, [4]arslanovad97@gmail.com
Науч. рук. Д.А. Иванов

Информация о наличии или отсутствии сетевого переменного напряжения 220 В зачастую бывает полезной в некоторых приложениях, например, в устройствах домашней автоматики или приборах учета и регистрации напряжений. Для такой цели желателен несложный, недорогой и достаточно миниатюрный датчик, который бы сообщал управляющему устройству требуемую информацию о состоянии сетевого напряжения. Например, датчик на платформе Arduino.

Помимо всего необходимо автоматизировать процесс получения данных, их агрегации и хранения. Для безопасного и удобного хранения можно использовать базу данных временных рядов Prometheus. Так же стоит обратить внимание, что необходим удобный и понятный интерфейс. В решении данной задачи можно воспользоваться графическим интерфейсов Grafana.

Ключевые слова: датчик сетевого напряжения, система мониторинга, агрегация данных, хранение данных, Arduino, Prometheus, Grafana.

Цель проекта – создание безопасной, отказоустойчивой, бесплатной и простой в обслуживании системы мониторинга и агрегации данных, получаемых с датчика для измерения сетевого напряжения на базе Arduino. Конечный результат должен представлять собой базу данных временных рядов Prometheus, программный код для агрегации данных, удобный и простой интерфейс для интерпретации данных в виде графиков и таблиц.

Рассмотрим входные данные. В качестве тестового стенда для реализации проекта используется программируемое устройство Arduino Nano, трансформатор 220 В, диодный мост, 2 резистора с сопротивлением в 50 кОм, конденсатор с номиналом меньшем, чем выходное напряжение трансформатора. В скетче Arduino задержка delay = 1000. Выводятся данные в документ формата *.txt – текстовый блокнот.

В первую очередь необходимо создать реляционную базу данных, например, MSSQL, для хранения получаемых с датчика значений. Достаточно создать таблицу с первичным ключом попытки измерения напряжения, а в качестве вторичных ключей использовать время записи значения в таблицу и само значение напряжения сети:

Id	Voltage	InsertTime
1	0	2021-01-01 07:00:00
2	214	2021-01-01 07:00:01
3	214	2021-01-01 07:00:02

Следующим шагом необходимо перевести данные из текстового блокнота в формат *.SQL. Для этого используется функция **BULK INSERT**. Например,

```
BULK INSERT TestData.Voltage
FROM '\\user\data\voltage.txt'
```

Данные действия необходимы, так как Prometheus работает с парами «ключ – значение». Ключ описывает, что мы измеряем, а значение хранит фактическую величину формата **int**. Ключ в данном контексте будет являться метрикой [1].

Для вывода метрик в формате Prometheus нам необходимо подключить дополнительный плагин в виде **telegraf**. **Telegraf** – клиент, написанный на языке программирования Golang и работающий в виде сервисного фонового приложения. Telegraf устанавливается, либо с помощью команд **apt get install**, либо путем копирования репозитория с первоисточника на сервисе **github**. Затем подключается дополнительный плагин exec для возможности вывода метрик из ранее созданной базы данных MSSQL [2].

Следующим этапом будет создание SQL запроса и PowerShell скрипта для запуска этого самого SQL запроса. SQL запрос должен выводить данные в формате InfluxDB – формат *.json. Запросы представлены на рис. 1 и 2 [3].

```
1  USE #tempDataBase
2  SELECT CONCAT('voltage_result, check_number=', Id, ' value=', Voltage)
3    FROM TestData.Voltage
```

Рис. 1. Запрос SQL для формирования метрики

```
1  foreach ($f in Get-ChildItem -path "K:\Tools\Monitoring\SQL\Voltage" -Filter *.sql)
2  {
3  invoke-sqlcmd -ServerInstance test.server.com -Database tempDataBase -InputFile $f.fullname | foreach { $_.Column1 }
4  }
```

Рис. 2. PowerShell скрипт для запуска SQL запроса

Для автоматизации процесса сбора и записи метрик в базу данных необходимо изменить базовую конфигурацию **telegraf** и задать таймер на выполнение запроса для формирования метрики.

```
[[inputs.exec]]
   command = "powershell K:/Tools/Monitoring/VoltageState.ps1"
   data_format = "influx"
   interval = "1s"
```

Рис. 3. Конфиг telegraf для цикличного выполнения PowerShell скрипта

При помощи графического интерфейса Grafana мы можем визуализировать все в виде графиков и настроить оповещения в случае отсутствия напряжения, недоступности устройства для измерения напряжения (Arduino Nano), отсутствия метрик (значение **NULL** либо **No Data**).

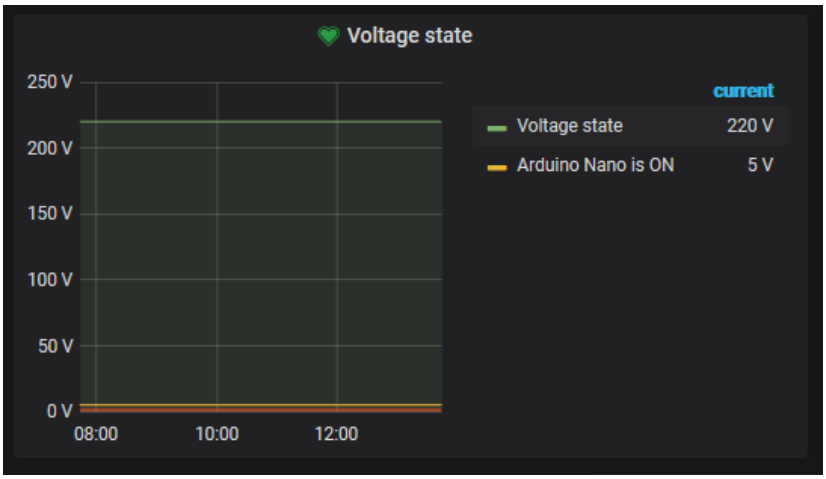

Рис. 4. Визуализация полученных данных в Grafana

Последним шагом будет автоматизировать процесс создания резервных копий базы данных с значениями, которые мы получаем с измерительного датчика, а также настройка репликации.

Для создания автоматического процесса создания резервных копий используется SQL Agent в виде задача с заранее заданным расписанием. Для отправки уведомлений в случае неуспешной попытки создания резервной копии используется встроенный плагин **DatabaseMail**.

В случае репликации настраиваются два дополнительных сервера с аналогичной базой данных для создания отказоустойчивого кластера. Посредствам голосования кворума SQL кластера выбирается мастер реплика и две вторичных реплики. В таком виде в случае отказа любого из SQL серверов данные не будут утеряны.

К преимуществам данной системы можно отнести ее отказоустойчивость, безопасность хранения данных, удобство пользования, бесплатное программное обеспечение. Также система мониторинга позволяет не терять данные в случае внештатных сбоев отдельных компонентов системы, настраивать оповещения пользователю для своевременного реагирования.

Источники

1. Абдуллин Н. Полное руководство по Prometheus в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/southbridge/blog/455290 (дата обращения: 25.01.2021).

2. Нэльсон Д. Инструкция по установке telegraf клиента [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/influxdata/telegraf/tree/release-1.10 (дата обращения: 25.01.2021).

3. Time Series, метрики и статистика: знакомство с InfluxDB [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/company/selectel/blog/245515 (дата обращения: 29.01.2021).

УДК 637.073.051

АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ МОЛОКА И МОЙКА РЕЗЕРВУАРОВ НА ЗАВОДЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

О.А. Баишева[1], М.А. Саляхутдинов[2]

[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]baisheva22@mail.ru, [2]marats13@list.ru

Науч. рук. В.В. Орехов

Рассмотрена система автоматизации участка хранения и мойки резервуаров на заводе по производству молочной продукции. Описана схема производства продуктов на данном участке, обоснована необходимость применения автоматизированной системы управления технологического процесса (АСУТП), позволяющей достичь качественного роста эффективности и производительности предприятия.

Ключевые слова: автоматизация, эффективность, молочное производство, хранение молока, мойка резервуаров.

Молочное производство сопряжено с применением множества процессов, таких как пастеризация, деаэрация, сепарация и конечно хранение. При этом процесс хранения является одним из важнейших

Источники

1. Комлацкий В.И., Тахо-Годи А.З., Подойницына Т.А. К проблеме автоматизации технологических процессов переработки молока и производства молочных продуктов // Тр. Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 69. С. 236–242.

УДК 621.3.084.2

ДАТЧИК ТОКА С БЕСПРОВОДНЫМ КАНАЛОМ СВЯЗИ НА БАЗЕ ARDUINO

З.Р. Баймухаметов[1], А.А. Абдуллов[2], А.А. Потанин[3], А.Д. Арсланов[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]zeromax7931@gmail.com, [2]arturabdullov97@gmail.com,
[3]gornego.tes@gmail.com, [4]arslanovad97@gmail.com
Науч. рук. Д.А. Иванов

Достоверное измерение токов и напряжений в энергетическом и управляющем оборудовании является важным аспектом обеспечения высокой надёжности и безопасности промышленных систем и электронных приборов. Специализированные датчики также применяются для определения разбаланса токов, мониторинга и диагностики цепей, запуска схем защиты, обнаружения отказов электрооборудования и аварийных состояний различных типов нагрузки.

Ключевые слова: Датчик тока, беспроводной модуль, АТ-команды, Arduino, Bluetooth.

При работе с электрооборудованием и электрическими сетями часто возникает необходимость в измерении силы тока и нередко бывают ситуации когда нет возможности провести измерения контактным способом. Существуют два основных методов бесконтактного измерения тока, первый, преобразование тока, протекающего в проводнике, с помощью датчика Холла, названного в честь первооткрывателя эффекта возникновения поперечного электрического поля в полупроводнике или проводнике, помещённом в магнитное поле, и второй, с использованием трансформатора тока. Основа такого датчика – трансформатор, по первичной обмотке которого протекает ток нагрузки, а во вторичной наводится напряжение, пропорциональное этому току. Основной параметр трансформатора – коэффициент трансформации тока, который показывает, во сколько раз ток во вторичной обмотке меньше, чем в первичной.

Целью исследования является получение численных значений тока бесконтактным методом с помощью микроконтроллера и датчика тока по беспроводному каналу связи.

Существует целый класс устройств под названием токоизмерительные клещи, которые позволяют измерить значение тока без разрыва цепи и без электрического контакта с ней [1]. Большинство из них достаточно дорогие и малофункциональны, заведомо уступают по цене и по гибкости настройки связки, скажем, датчика тока, микроконтроллера и беспроводного модуля. В качестве датчика можно взять недорогой TA12-100, в качестве головного устройства, например, Arduino Uno, а для передачи полученных данных по беспроводной сети будем использовать модуль HC06.

Принцип работы датчика TA12-100 заключается в следующем. Модуль измеряет напряжение, падающее на транзисторе в 200 Ом, который находится на выходе трансформатора. Датчик TA12-100 преобразует напряжение на резисторе в аналоговый сигнал, применяя закон Ома. Коэффициент трансформатора составляет 1 000:1 и, чтобы получить значение тока, следует полученные данные умножить на 1 000. Данный датчик используется только для измерения переменного тока и является аналоговым. Для подключения к плате потребуется два провода – один провод подключается к заземлению, а второй к аналоговому входу. Провод, где необходимо измерить силу тока, должен проходить через катушку модуля (рис. 1).

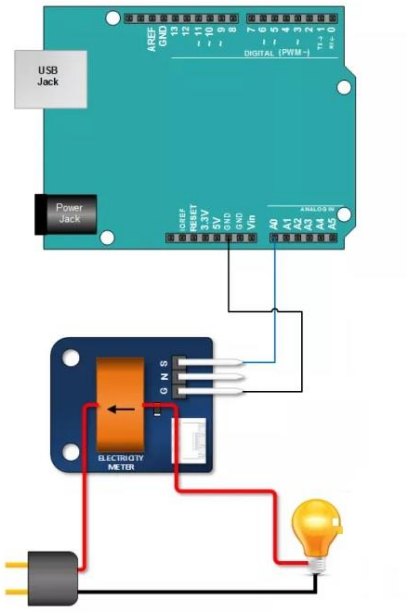

Рис. 1. Подключение датчика тока TA12-100 к Arduino Uno

Для передачи полученных данных от датчика тока используется модуль HC-06, он представляет собой плату с Bluetooth-модемом с дополнительной обвязкой (рис. 2). HC-06 выступает в роли последовательного порта [2], через который можно передавать и принимать данные. Для этой цели можно использовать компьютер или смартфон.

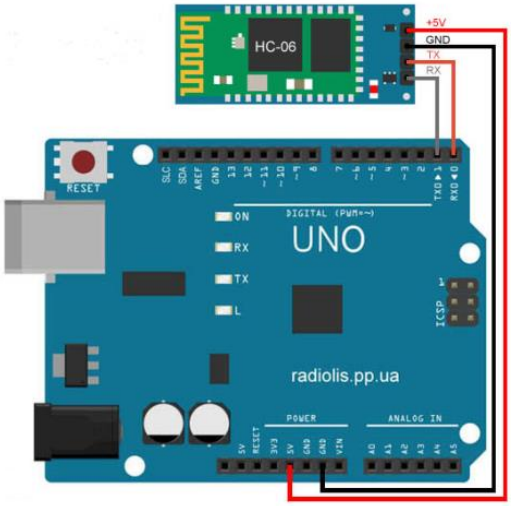

Рис. 2. Подключение модуля HC-06 к Arduino Uno

Управлять работой прототипа будет микроконтроллер Arduino Uno из-за его гибкости и быстрой калибровки кода. Расширяют его возможности различные шилды. Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика [3]. С помощью этого загрузчика пользователь загружает свою программу в микроконтроллер без использования отдельных аппаратных программаторов, что делает загрузку кода очень быстрой. На выходе для получения численных значений тока на компьютере и в смартфоне, использующих технологию Bluetooth и программное обеспечение Terminal, применяя простейшие АТ-команды, есть возможность немедленно отображать параметры максимального тока, среднего тока, эффективности и т. д.

Устройство было протестировано, результаты показывают, что система может выполнять все функции, требуемые проектом, в условиях внутреннего и наружного тестирования. Измерения дают относительно точные результаты с погрешностью менее 1 %. Управляющие АТ-команды работают быстро, стабильно и точно. Основными достоинствами данного устройства являются энергоэффективность, помехоустойчивостью, надежность, простота, что позволяет использовать его при проектировании автоматизированных систем.

Источники

1. Григорьев М., Вавилова Г. Исследование методов измерения токов с повышенной точностью. М., 2015. 354 с.

2. Блум Д. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 336 с.

3. Описание микроконтроллера Arduino Uno [Электронный ресурс]. URL: http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno (дата обращения: 27.02.2021).

УДК 621-314.211

СУХИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ. ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ NOMEX В СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

М.Н. Булин[1], Д.Д. Тарасевич[2], Д.О. Лосенков[3]
[1,2,3]БНТУ, г. Минск
[1]bulin.maks@mail.ru, [2]tarasevichd03@gmail.com, [3]mr.granddd@gmail.com
Науч. рук. Н.Е. Шевчик

Приведен обзор современных систем охлаждения трансформаторов. Особое внимание уделяется наиболее на сегодняшний день перспективным технологиям: NOMEX и литой изоляции. Выполнен их сравнительный анализ, рассмотрены структурные особенности.

Ключевые слова: трансформатор, изоляция, NOMEX, литая изоляция, материал, обмотка.

Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, имеющее как минимум две или более индуктивно связанные между собой обмотки, которые благодаря закону электромагнитной индукции преобразуют первичную систему переменного тока во вторичную. Конструкция современного трансформатора включает в себя магнитопровод, обмотки, вводы и выводы фаз, бак и некоторые другие элементы.

Длительная и безаварийная работа трансформаторов достигается при соблюдении допустимых пределов некоторых параметров.

Одним из наиболее значимых является температурный режим. Соблюдение установленных пределов температуры для трансформатора обеспечивается специально разработанными системами охлаждения. Как правило, выделяют следующие системы охлаждения [1]: М – естественная циркуляция масла; С – охлаждаемый естественной циркуляцией воздушного потока, масло в данной системе отсутствует.

2. Сравнение обмоток ELTIZ с другими технологиями изготовления [Электронный ресурс]. URL: https://eltiz.ua/blog/sravnenie-obmotok-eltiz-s-drugimi-tehnologiyami-izgotovleniya/ (дата обращения: 06.03.2021).

3. Setting the Standard for Electrical Insulation [Электронный ресурс]. URL: https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/safety/public/documents/en/NA_ES_K17461-1_Setting_the_Standard.pdf (дата обращения: 11.11.2020).

УДК 621.3.048

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ

Т.Г. Галиева[1], А.Д. Арсланов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galieva.kgeu@gmail.com
Науч. рук. Д.А. Иванов

Предлагается метод диагностики высоковольтных изоляторов (ВИ), основанный на измерении электромагнитного и акустического излучений частичных разрядов. Метод заключается в периодическом измерении набора диагностических параметров с помощью электромагнитных и ультразвуковых датчиков. Для проведения исследований в ФГБОУ ВО «КГЭУ» был разработан лабораторный стенд.

Ключевые слова: диагностика изоляционных элементов, электрофизические процессы, твердые диэлектрики, частичные разряды, компьютерная обработка сигналов, надежность, дистанционный контроль, система мониторинга.

Наличие частичных разрядов (ЧР) является одним из наиболее ярких показателей дефектов и протекающего процесса деградации систем электроизоляции. Поскольку процесс ЧР запускается до серьезных повреждений, можно выдавать необходимые предупреждения путем измерения и анализа ЧР [1–3]. Следует не только тщательно выбирать измерительные инструменты и детекторы, но и обратить особое внимание на две важные процедуры: обнаружение сигналов ЧР и определение местоположения источника сигналов ЧР. Обнаружение сигналов ЧР включает в себя идентификацию и классификацию сигналов ЧР, которая фокусируется на распознавании различных типов ЧР, таких как корона, поверхностный разряд, внешний разряд и шум [4]. Отслеживание местоположения источника ЧР-сигналов включает в себя выделение признаков методом определения разницы

во времени прихода сигнала. Разработан метод диагностики высоковольтных изоляторов (ВИ), основанный на измерении электромагнитного и акустического излучений ЧР. Метод заключается в периодическом измерении набора диагностических параметров с помощью электромагнитных и ультразвуковых датчиков, необходимых для достоверной оценки рабочего состояния высоковольтных изоляторов и сравнения их с эталонными значениями.

Для апробирования разработанного метода диагностики ВИ в ФГБОУ ВО «КГЭУ» был разработан лабораторный стенд, схема которого представлена на рис.1.

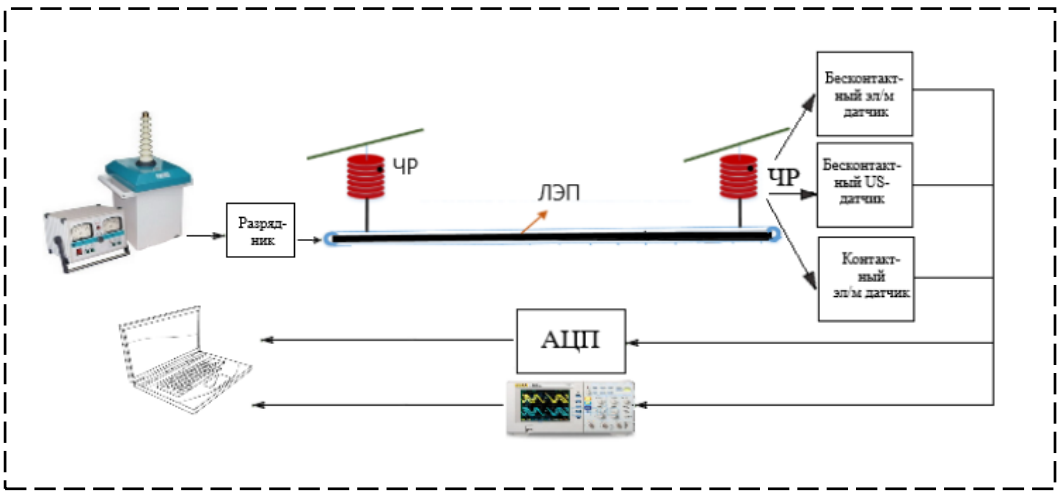

Рис. 1. Схема лабораторного стенда, предназначенного для диагностики ВИ

На лабораторном стенде расположены:

– источник высокого постоянного (70 кВ) и переменного (50 кВ) напряжения с максимальным выходным переменным током до 50 мА и постоянным током до 10 мА и частотой 50 ГЦ (модель АИД-70);

– разрядник;

– высоковольтные изоляторы различных типов и моделей;

– провод ЛЭП;

– электромагнитный датчик, измеряющий излучение от ЧР бесконтактно;

– ультразвуковой датчик, измеряющий излучение от ЧР бесконтактно;

– контактный электромагнитный датчик;

– устройство защитного отключения;

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП);

– персональный компьютер (ПК) с установленным для обработки данных специализированным программным обеспечением (ПО);

– осциллограф.

Все элементы и устройства, входящие в состав лабораторного стенда окружены металлической решеткой для отсечения внешних помех.

С помощью источника создается необходимое высокое напряжение в линии. Бесконтактный электромагнитный датчик, способный регистрировать высокочастотные разряды, реализуется на безе RTL-SDR модуля с интерфейсом UART. Для измерения высокочастотных импульсов ЧР анализируются частоты в диапазоне от 100 до 2 000 МГц.

После цифровой обработки сигналов в АЦП полученные с датчиков данные обрабатываются в микроконтроллере и передаются на ПК. В эксперименте используется 2 образца одного вида изоляторов: дефектный и бездефектный. В первую очередь устанавливается бездефектный ВИ для снятия с помощью датчиков эталонных значений диагностических параметров соответствующих данной модели. Далее на дефектном изоляторе проводят периодические измерения набора параметров (количество ЧР, их амплитуда и локализация, температура и влажность окружающей среды), которые после обработки на компьютере позволят оценить рабочее состояние ВИ в данный момент эксплуатации.

Задача разработанного комплекса заключается в приеме сигналов, излучаемых ЧР, построении их амплитудно-фазовых характеристик (рис. 2.), сопоставлении полученных значений с параметрами окружающей среды и подготовке данных для анализа диагностических параметров, которые позволят сформировать заключение о степени работоспособности ВИ и его остаточном ресурсе.

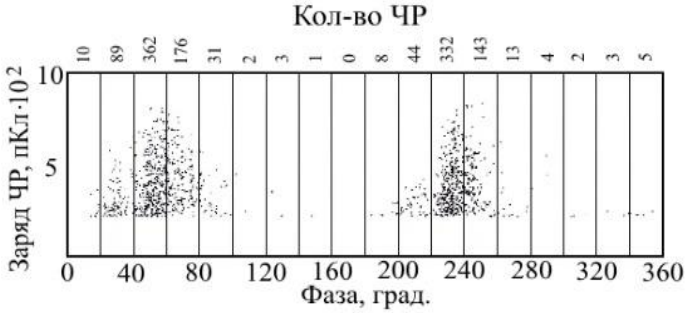

Рис. 2. Построение амплитудно-фазовых характеристик

Заключение. На разработанном лабораторном стенде был успешно апробирован метод диагностики ВИ, основанный на измерении электромагнитного и акустического излучений частичных разрядов. Метод позволяет контролировать техническое состояние ВИ, не прекращая технологического процесса передачи электроэнергии.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания на выполнение НИР по теме «Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей» (номер темы 075-00063-20-02).

Источники

1. Method for the diagnosis of high-voltage dielectric elements during operation based on dynamic registration of electromagnetic radiation [Электронный ресурс] / D. Ivanov [et al.]. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601061 // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 216.

2. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 117–127.

3. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 123–133.

4. Quantification of the performance of iterative and non-iterative computational methods of locating partial discharges using RF measurement techniques / O.E. Mountassir [et al.] // Electric Power Systems Research. 2017. Vol. 143. Pp. 110–120.

УДК 621.396

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ ТАЙМЕРОВ/СЧЕТЧИКОВ

Н.Р. Галимуллин[1], Л.В. Ахметвалеева[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]niaz-galimullin@mail.ru, [2]alvkgeu@mail.ru

Каждый микроконтроллер включает в себя такие аппаратные модули как таймеры/счетчики, основной отличительной особенностью которых является беспрерывная работа без вмешательства центрального процессора. Функционирование таймеров можно подразделить на счет командных циклов или же счет фронтов внешних импульсов. Для каждого из способов функционирования существуют свои режимы работы.

Ключевые слова: процессор событий, входной захват, выходное сравнение, ШИМ-генератор.

5. Николаева Л.А., Айкенова Н.Е. изучение механизма абсорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий от фенолов (на примере ТОО «Актобе нефтепереработка») // Журнал Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2020. № 4 (78). С. 28–37.

УДК 620.97

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ БАТАРЕЕК

А.Д. Арсланов[1], А.А. Потанин[2], З.А. Даутов[3], И.Н. Хамидуллин[4]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arslanovad97@gmail.com, [2]gornego.tes@gmail.com, [3]DautovZA@gmail.com,
[4]xam-ildar2001@yandex.ru.
Науч. рук. М.Ф. Садыков

Описана проблема нерационального использования энергетических ресурсов при утилизации батареек типа АА. Привлекается внимание к вопросам экологии и энергоресурсоэффективности. Представлена установка, которая позволяет заряжать аккумуляторные блоки с помощью батареек вышедших из эксплуатации, и имеет возможность демонстрации процессов передачи полезной энергии, запасенной в них.

Ключевые слова: батарейки, энергоресурсоэффективность, экология, энергия, рациональные способы утилизации.

В России ежегодно выбрасывают около 20 тыс. т батареек [1], это примерно миллиард штук в год, а во многих современных электронных устройствах все еще в качестве элементов питания используются 1,5 В батарейки типа АА. По мере использования они начинают разряжаться и когда значение напряжения опускается ниже 0,8–0,9 В, этого становится недостаточно для питания значительной части электроприборов. Как правило батарейки после этого утилизируются, однако из графика (рис. 1) можно заметить, что в них ещё остается потенциально полезная электроэнергия.

Решением возникшей проблемы является создание устройства, позволяющего извлекать остаточный ресурс батареек для последующего использования. Стенд наглядно демонстрирует, какое количество полезной энергии остается в элементах питания, отработавших свой срок нормальной эксплуатации, при их нерациональной утилизации. Основной задачей разработки является привлечение внимания общественности к идеям экологии и энергоресурсосбережения.

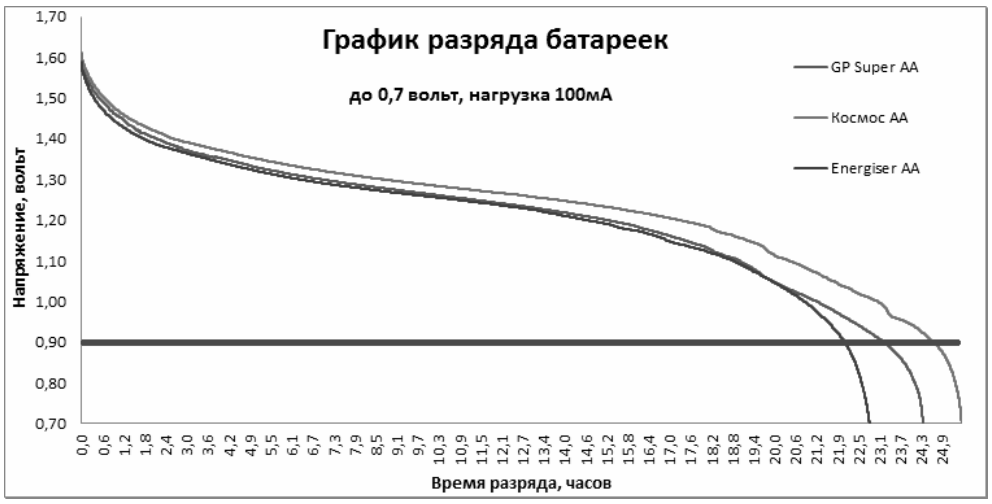

Рис. 1. График разряда АА батареек до 0,7 вольт при нагрузке 100 мА [2]

Устройство представляет собой терминал (рис. 2), имеющий несколько рядов с отсеками для полуразрядившихся батареек. Находящиеся в устройстве батарейки заряжают аккумуляторные блоки и автоматически выталкиваются из своих ячеек в момент полного разряда. Предполагается возможность вывода данных о состоянии уровня заряда питающих элементов на дисплей в виде графиков, анимации разряда батарей и заряда аккумуляторов. Оснащение стенда использованными батарейками возможно в ручном режиме, когда они помещаются в отсеки человеком или в полуавтоматическом, когда происходит складывание батарей в магазины, а замена содержимого отсеков производится механизмом.

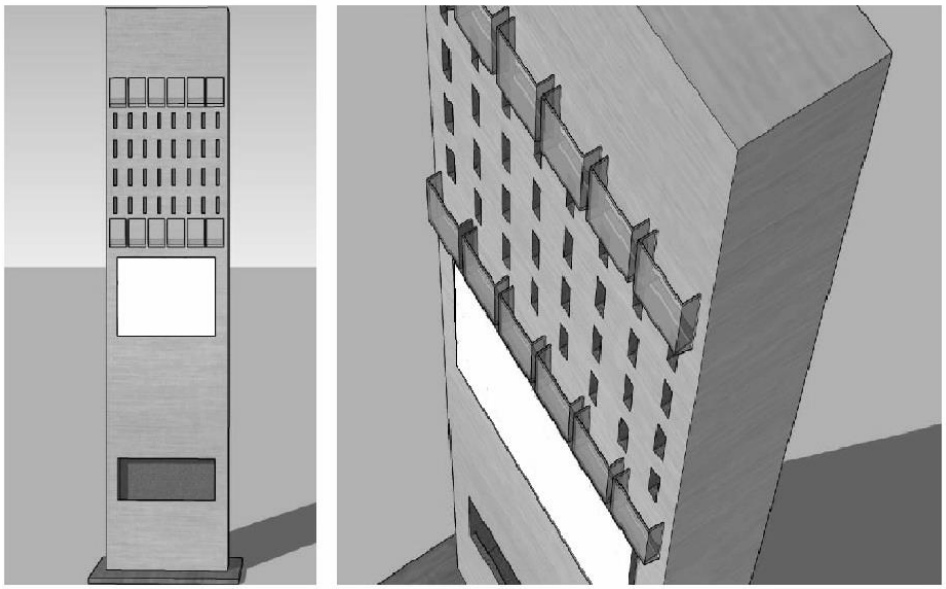

Рис. 2. Общий вид установки

Предлагаемое устройство предоставляет возможность сохранить оставшуюся энергию и заряжать старыми батарейками, уже непригодными в бытовых устройствах, аккумуляторные блоки 4,2 В.

Источники

1. «Как в России утилизируют батарейки» [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2019/11/18/reg-cfo/kak-v-rossii-utiliziruiut-batarejki.html (дата обращения: 20.02.2021).

2. «Тест батарей типа AA» [Электронный ресурс]. URL: http://www.cleon.ru/ test-AA-batteries.php (дата обращения: 25.02.2021).

УДК 628.16.067.1

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОБРАТНООСМАТИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА НА ТЭС

Н.П. Ильин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilyinkolya.01@mail.ru
Науч. рук. Л.А. Николаева

Современное развитие мировой энергетики, требует применение большого количества ресурсов, в том числе и водных. Вода на ТЭС используется как теплоноситель. Все производства или технологии требуют получения воды определенного качества. Развитие теплоэнергетики требует совершенствования технологий по подготовке воды. Также требования к водоотведению с каждым годом только возрастают. Поэтому, с целью получения оптимальных схем, задачу водоподготовки нужно осуществлять в комплексе с вопросом очистки и утилизации образующихся загрязненных сточных вод. Решение поставленной задачи возможно осуществить путем применения безреагентных методов очистки.

Обратный осмос – это процесс мембранного разделения жидких смесей путем преимущественного проникновения через полупроницаемую мембрану растворителя под действием приложенного к раствору давления, превышающего его осмотическое давление. В последнее время произошло много различных изменений в оптимизации технологии работы и режимов эксплуатации установок обратного осмоса.

Ключевые слова: обратный осмос, утилизация, адсорбционная технология.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

Арсланов А.Д., Потанин А.А., Абдуллов А.А., Баймухаметов З.Р., Даутов З.А. Электромагнитно-акустический метод неразрушающего контроля 3
Банникова В.Ю. Оценка надежности электрооборудования с помощью индекса технического состояния 7
Бекмансурова Р.Н., Валиуллина Д.М. Борьба с обледенением проводов воздушных линий электропередачи 9
Бикзинуров А.Р., Слободина Ю.Н., Гарифуллин М.Ш. Исследование влияния исходной концентрации ингибитора окисления 2,6-ди-трет-бутилфенола на интенсивность термоокислительной деструкции минерального масла 12
Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Влияние твердых частиц, дисперсно-коллоидных структур и других неоднородностей на цвет трансформаторного масла..... 17
Гарифуллина А.Р. Анализ состояния и причин производственного электротравматизма на предприятиях электроэнергетики. Предупредительные меры по сокращению несчастных случаев на производстве..... 22
Лыу Куок Кыонг, Тамсир Анн, Маклецов А.М. Проблемы компенсации реактивной мощности 26
Минаев И.А. Переходные процессы в *RC*-цепях в программе PSCad 30
Минегалиев И.М. Контроль влагосодержания трансформаторных масел 33
Норов Д.Ш., Кульков В.Г. Диагностика усталостного повреждения провода линии электропередачи путем измерения высокочастотного сопротивления 36
Огурцов М.Г., Галиев И.Ф. Анализ эффективности газотурбинных установок мини-ТЭЦ 39
Огурцов М.Г., Галиев И.Ф. Факторы, влияющие на эффективность работы газотурбинных установок мини-ТЭЦ 42
Павлов Н.Т. Концепция компенсации реактивной мощности..... 45
Петропавловский В.Е. Цифровая подстанция..... 47
Сафиуллин Б.М., Фатхелисламов Н.В., Валиуллина Д.М. Методы контроля воздушных линий электропередачи 50
Селезнева Е.А. Замена трансформаторного масла альтернативными диэлектрическими жидкостями с целью повышения пожарной безопасности 52

Смирнов Д.А. Частота свободных колебаний СПП как источник об удаленности места их возникновения 55
Файрушин И.Ф. Современные системы определения качества прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора 61
Файрушин И.Ф. Корреляционный анализ результата мониторинга частичных разрядов силового трансформатора 64
Хилажев Т.И., Валиуллина Д.М., Хайретдинов Р.М. Системы контроля качества электрической энергии 67
Ялальдинов Р.Р., Валеев И.М. Совершенствование измерительных каналов в автоматизированной системе коммерческого учета электроэнергии 69
Яхин Ш.Р. Контроль линий электропередачи 72

Секция 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Агзамов М.Ф., Симонова М.Н., Хакимзянов Э.Ф., Гибадуллин Р.Р., Галиев Р.А. Моделирование систем электроснабжения для улучшения качества электроэнергии отдельной территории 77
Басенко В.Р., Низамиев М.Ф. Лазерный контрольно-измерительный комплекс для определения уровня опрессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора 82
Богачевский Н.Н., Гущина А.К. Компенсации реактивной мощности в программе MatLab на примере системы электроснабжения металлургического завода 87
Галеева Р.У., Беляков К.Ю. Влияние влажности грунта на параметры многопроводных линий электропередачи 91
Галеева Р.У., Муллагалиев А.И., Давлитова Г.Д. Диапазоны вариации тока однофазного замыкания на землю в воздушной сети 10 кВ с различными схемами расположения цепей 94
Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф., Усманов И.К. Разработка системы мониторинга технического состояния основного оборудования трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ 97
Гущина А.К., Богачевский Н.Н. Утилизация попутного нефтяного газа 101
Ерашова Ю.Н., Вассунова А.И., Ившин И.И., Тюрин А.Н. Генератор электрической дуги для диагностики аппаратов защиты от дугового пробоя 104
Калайджян А.Х., Цветков А.Н. Обзор современных SCADA-систем 108
Кашафутдинова Р.И. Алгоритм моделирования и оценки функциональных параметров низковольтных аппаратов 111

Крошечкина Д.Ю. Разработка автоматизированной системы коммерческого учета электро-энергии на промышленном предприятии 114
Крылов М.А., Денисова Н.В. Технологии для создания интеллектуальных систем освещения и их проектирование с помощью DIALux EVO 120
Крылова Д.А. Применение арамидного материала в изоляции силового трансформатора..... 122
Лямзина Д.Ю. Анализ эффективности экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения 125
Майоров А.А. Экономия электроэнергии и повышение надежности в системе промышленного электроснабжения..... 129
Муханова П.П. Исследование технических характеристик автоматических выключателей 131
Паймухина С.Р. Алгоритмы определения развивающихся дефектов высоковольтных трансформаторов на основании анализа показателей растворенных в масле газов 135
Рамазанова Р.И. Комплекс мероприятий по эффективной диагностике линий электропередачи..... 138
Туйтанова Н.Н., Галеева Р.У., Турдукулов А.Н. Моделирование переходного процесса обрыва фазы в программной среде MATLAB Simulink 141
Хабибуллина В.Н., Денисова Н.В. Промышленные осветительные установки с высокими требованиями по качественным характеристикам..... 143
Хисматуллина Э.М., Копылов А.М. Перспективы применения интеллектуальных систем управления освещением..... 146
Цветкова А.А. Применение регуляторов DANFOSS ECL Comfort в системе подогрева воды..... 149
Цветкова А.А. Автоматический нагрев воды бассейна с помощью узлов регулирования 152
Шишов А.А., Ваштиев В.К., Радикова А.В. Реконструкция комплектного распределительного устройства КРУН-6(10) кВ собственных нужд 155

Секция 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Абдуллов А.А., Баймухаметов З.Р., Потанин А.А., Арсланов А.Д. Система мониторинга и агрегирования данных, получаемых с датчика, для измерения сетевого напряжения на базе Arduino 158

Баишева О.А., Саляхутдинов М.А. Автоматизация хранения молока и мойки резервуаров на заводе по производству молочной продукции ... 161
Баймухаметов З.Р., Абдуллов А.А., Потанин А.А., Арсланов А.Д. Датчик тока с беспроводным каналом связи на базе Arduino 164
Булин М.Н., Тарасевич Д.Д., Лосенков Д.О. Сухие трансформаторы. Применение изоляции Nomex в сухих трансформаторах 167
Галиева Т.Г., Арсланов А.Д. Разработка лабораторного стенда диагностики высоковольтных изоляторов на основе регистрации электромагнитного и акустического излучений 170
Галимуллин Н.Р., Ахметвалеева Л.В. Особенности режимов работы микроконтроллерных таймеров/счетчиков..... 173
Иванов Д.А., Голенищев-Кутузов А.В., Галиева Т.Г., Семенников А.В. Использование роботизированных комплексов и беспилотных летательных аппаратов в качестве платформы для мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи 176
Нгуен Ван Ву, Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Галиева Т.Г. Разработка лабораторного стенда для определения стрелы провеса провода по его собственным колебаниям 184
Нгуен Ван Ву, Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Галиева Т.Г. Усовершенствованная система автоматизированного мониторинга состояния воздушных линий электропередачи 188
Новиков В.О., Сизый А.Д. Создание автоматизированной системы учёта электроэнергии в посёлке с использованием счётчиков с дистанционным снятием показаний 190
Нурлатов Н.В. Инвертирующий повышающий преобразователь постоянного напряжения на основе резонансных структур с переключаемыми конденсаторами 193
Саляхутдинов М.А., Баишева О.А. Автоматизация управления пожарными насосами системы пожаротушения..... 197
Сизый А.Д., Новиков В.О. Разработка автоматизированной системы учета электроэнергии машиностроительного предприятия 200

Секция 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Екимовская А.А. Вращение тросовых систем как новый вид энергетического обеспечения космических аппаратов 204
Зиганшина Д.Е., Помысова А.Ю., Попов Г.С. Использование смартфона в качестве приставки к геологическому спектроскопу..... 208

Иванов В.В., Яникаева К.Ю., Абдуллин Т.Р. Оптические спектры растворов крови 210
Китанин Д.С., Фролов А.С., Галиахметов В.Д. Анализ топологии распределения электронной плотности методом функции локализации электронов (ELF) в аурипигменте. Кристаллическая и аморфная фазы ... 213
Платонов Н.Д., Сулейманов Н.М., Базаров В.В. Наноструктурированный пористый германий в качестве электродов электрохимических конденсаторов 215
Разакова Р.И., Гибадуллина Х.В. Водородные технологии в современной металлургии 219
Севастьянов И.Г., Гавриленко А.Н., Орлинский С.Б., Матухин В.Л., Шмидт Е.В., Гарькавый С.О. Исследование легированных соединений халькопирита $Cu_{1-x}Pd_xFeS_2$ методами ядерного магнитного резонанса $^{63,65}Cu$ и электронного парамагнитного резонанаса 222
Хушея Т.А.Н., Зайнуллин Р.Р. Алгоритм анализа данных контроля методом электронного парамагнитного резонанса материалов с многоядерными парамагнитными комплексами 226
Хушея Т.А.Н., Зайнуллин Р.Р. Неоднородное распределение примеси никеля в термоэлектрическом кристалле галенита 229
Хушея Т.А.Н., Зайнуллин Р.Р. Эффекты двойного допирования термоэлектрического кристалла PbS_{1-z} примесями меди и марганца 232

Секция 5. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Агзамов М.Ф., Симонова М.Н., Хакимзянов Э.Ф., Логинов П.С., Галиев Р.А. Исследование заряда Li-ion батареи электромобиля в условиях пониженных температур 235
Алешин С.А., Якунин А.Н. Сравнительный анализ станций управления для установки штангового глубинного насоса 240
Альзаккар А., Местников Н.П., Алхадж Хассан Ф. Особенности влияния основных параметров синхронных генераторов на динамическую устойчивость энергосистемы Сирии 243
Гатиятуллин Т.А., Головин К.А. Исследование погрешностей моделирования замкнутого одноконтурного электропривода постоянного тока 247
Закирова Н.Ж., Снежинская Е.С., Абдуллина А.Р., Павлов П.П. Отказоустойчивость аппаратуры технических систем 250
Истопленников М.А., Закирова Н.Ж., Снежинская Е.С. Комбинаторная диагностическая модель цифровых устройств 253

Рашитова Р.А., Тухбатуллина Д.И., Сафиуллин Б.И., Ахсаниев Г.Р. К вопросу о выборе контроллеров для зарядных станций электромобилей 256
Росляков А.В., Оморов М.Б. Исследование зависимости ошибок скоростного следящего электропривода от вида стандартной настройки 258
Сафиуллин Б.И., Ле К.Т., Ахсаниев Г.Р. Применение трехфазных активных выпрямителей в зарядных станциях постоянного тока для электромобилей 261
Тухбатуллина Д.И., Рашитова Р.А., Ле К.Т., Сафиуллин Б.И. Стартовые наборы для комплектации зарядных станций электромобилей..... 263
Фахертдинов Д.Ш. Заббарова К.Р. Исследование надежности электрооборудования 266
Филиппов А.Н., Зайнуллин И.И. Исследование зависимости ошибок позиционного следящего электропривода от порядка астатизма 268
Хамзин А.А. Многодвигательный электропривод с рекуперацией энергии..... 272
Яшагина А.В. Возможность эксплуатации линейных асинхронных двигателей на железной дороге 275

Секция 6. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ

Борисовский В.В. Управление режимами локальной системы электроснабжения с использованием нечеткой логики 278
Высковеркина Я.С., Соколова Н.С. О возможностях управления энергетическими системами..... 282
Исаева О.В. Разработка энергоэффективной и безопасной системы автоматического регулирования светового потока 286
Киселев И.Н. Исследование автономной фотоэлектрической системы с помощью имитационной модели в среде MATLAB/Simulink..... 289
Киселев И.Н. Разработка и исследование макета двухосевого солнечного трекера на базе платы Arduino UNO R3 292
Корнева П.А. Повышение энергоэффективности жилых зданий 295
Рокина Е.Г., Рокина А.Г. Регулирование неравномерности энергопотребления промышленного предприятия 298
Семенова О.Д., Тукшаитов Р.Х. К характеристике соотношения между коэффициентами нелинейных и гармонических искажений и устранению их разночтения 301
Сигель А.С., Попова М.В. Модернизация систем охлаждения силовых трансформаторов крупных подстанций и использование вторичного тепла для теплоснабжения 305
Яппаров Р.Р. Энергосбережение с помощью системы «Умный дом» 309

Секция 7. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

Агзамов М.Ф., Кинзебаева Р.В., Хакимзянов Э.Ф., Симонова М.Н. Расчёт селективности устройств релейной защиты в программном комплекс PSS SINCAL 313
Ворошилов А.А. Автоматика нормального режима для снижения потерь холостого хода трансформаторов 320
Гиниятов С.А., Мустафин Р.Г. Применение протокола Sampled Values в системах релейной защиты и автоматики цифровой подстанции 324
Давлетшина А.М. Организация релейной защиты и автоматики линий электропередачи с кабельным участком в начале линии 328
Зудкин П.А. Преимущества использования оптических измерительных трансформа-торов на цифровой подстанции 331
Каримов Н.М. Зарубежный и отечественный опыт использования резисторов, предназначенных для заземления нейтрали сетей 6–35 кВ ... 334
Китанин Д.С., Плотникова Ю.Д. Использование токовой отсечки в рамках проекта «Умный РЭС» 337
Мальцева И.С., Гавриленко А.Н. Особенности использования протокола Goose в цифровых системах релейной защиты и автоматики 340
Мальцева И.С., Гавриленко А.Н. Особенности использования высокочастотных каналов связи в системах релейной защиты и автоматики 343
Петров А.Е. Разработка программы испытаний алгоритмов определения места повреждения на линиях электропередачи 347
Сахабутдинов А.А. Подход к тестированию систем автоматизации подстанций на основе файлов SCD 351
Семенов М.Н. Основные недостатки стандарта МЭК 61850 357
Фролов А.С., Сиразутдинов Ф.Р. Увеличение чувствительности защит ближнего и дальнего резервирования 361

Секция 8. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОХРАНА ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Аджигитова А.А. Изучение механизма процесса очистки сточных вод гальванических цехов от катионов меди золой отходов потребления 365
Алали Ш., Алхадж Хассан Ф., Альзаккар А. Типы масок, используемых в технических вузах Казани 371
Барова М.А. Мероприятия по нормализации параметров световой среды 374
Басыров И.Р. Техническое решение по усовершенствованию технологии очистки сточных вод автомоечного комплекса 376

Батырова А.Л., Семенова А.Н., Шарымов П.А. Техническое решение по усовершенствованию системы очистки сточных вод на предприятии ЖКХ 380
Волкова Д.Д. Анализ методов определения экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды 383
Ганин А.И. Исследование низкочастотной вибрации насосов и способы её снижения 386
Герасюнин М.А. Водоподготовка на ТЭЦ: назначение и основные этапы 390
Голякова У.А. Исследование влияния сетей нового поколения 5G на население 392
Дыганова Р.Я., Фахреев Н.Н., Минлибулатова Н.В. Сравнительный анализ альтернативных решений по утилизации индустриальных и моторных масел 397
Железнова А.Н. Воздействие сточных вод систем золошлакоудаления энергетических предприятий на окружающую среду 399
Карманов М.Р. Обезвреживание и утилизация промышленных отходов в устройствах с неустойчивым режимом горения: экологические аспекты 402
Кутяшова О.А., Фахреев Н.Н. Построение блок-схемы поиска наилучших инженерных решений на предприятиях пищевой промышленности 406
Михалева А.Д. Радиационная защита атомных электростанций путем введения минеральных добавок в бетон 408
Проскунина Г.И., Чернобаева Л.А. Основные направления инженерной защиты окружающей среды 412
Тришина А.В. Улавливание легких фракций углеводородов при нефтедобыче и нефтепереработке 414
Фахреев Н.Н. Утилизация отходов птицеводства в энергетических установках 418
Хамраева Р.З. Совершенствование электрофильтров с использованием скрещенных электромагнитных полей 420
Чеботарева А.А. Экологичная одежда 423

Секция 9. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Алхадж Хассан Ф., Мазаров И.Ю., Альзаккар А., Альмохаммед О.М., Тимербаев Н.Ф. Компьютерный анализ скорости ветра в Буинском районе Республики Татарстан (по состоянию на октябрь 2020 г.) 427
Бакиртзис Андреас Иоаннис Перспективы использования алюминия в воздушно-алюминиевых аккумуляторах при развитии солнечной энергетики в Греции 429

Богданова А.Н., Гребёнкина М.А. Обзор существующих технологий переработки твердых коммунальных отходов с получением электрической энергии 434
Гаирбекова А.Р. Особенности эксплуатации ветроэнергетических установок..... 440
Иванов А.Ф., Егоров Ф.С. Яковлев В.Г. Влияние расхода кислорода при магнетронном напылении тонких пленок оксида индия-олова на выходные параметры солнечного элемента 442
Камалиева Р.Ф. Подбор способов получения водорода в соответствии с типом топливного элемента 445
Латыпова А.А. Автономные системы электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии..... 448
Лесниченко И.Н. Возобновляемые источники энергии в Краснодарском крае 453
Малькова Я.Ю. Оптимизация процесса проведения оценки оптимальности места установки объектов возобновляемой генерации.... 456
Местников Н.П., Альзаккар А.М-Н. Исследование влияния холодного климата Якутии на функционирование монокристаллической солнечной системы генерации электроэнергии 460
Рахматуллин С.С. Мировой рынок возобновляемой энергетики после коронавирусного кризиса 464
Тимершин А.Р. Особенности применения ветрогенераторов в Республике Татарстан..... 470
Шалухо А.В., Веселов Л.Е. Критерии оптимизации установленной мощности твердооксидных топливных элементов для применения в системе электроснабжения животноводческого предприятия 473
Шалухо А.В., Эрдили Н.И., Власов А.С. Мультиагентный метод управления виртуальной электростанцией с источниками распределенной генерации 477

Секция 10. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Ахмадеев А.А. Реконструкция подстанции «Магистральная» 220 кВ с применением комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией..... 482
Ахметьянов Р.Р. Влияние цикла жизни электрооборудования на надежность электроснабжения 486
Буренина И.А. Реконструкция ячейки трансформатора Т2 на ЗАО «Авиастар-ОПЭ» 488
Жылдызбекова С.Ж. Особенности интерпретации результатов измерения частичных разрядов в кабельных линиях 491

Купцов И.О. Концепция функционирования агрегаторов управления спросом на электроэнергию 494
Прытков А.В. Обеспечение качества электроэнергии..... 499
Соловьёва А.А. Исследование работы Smart Grid сетей на подстанции 10 кВ 502
Сопина Ю.В. Внедрение системы мониторинга, управления и диагностики электрооборудования на распределительные устройства собственных нужд электростанций 504
Трофимов А.П., Хизбуллина Л.Р. Сравнительный анализ характеристик вакуумных и элегазовых выключателей 110 кВ 506
Хабиров И.А. Мониторинг состояния силовых трансформаторов 510

Секция 11. ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

Айкенова Н.Е. Очистка промышленных сточных вод от фенолов модифицированным карбонатным шламом 513
Арсланов А.Д., Потанин А.А., Даутов З.А., Хамидуллин И.Н. Рациональное использование энергетических ресурсов при утилизации батареек 516
Ильин Н.П. Методы утилизации обратноосматического концентрата на ТЭС 518
Ламскова М.И., Филимонов М.И., Черикова К.В. Модернизация систем оборотного водоснабжения фильтрующими гидроциклонами 523
Лесюкова В.В. Характеристика водорода как топлива и накопителя энергии..... 528
Мансуров Д.Р. Сорбционная очистка сточных вод от анионных синтетических поверхностно-активных веществ карбонатным шламом 531
Сафина Г.Г., Клочкова В.А. Повышение выхода биогаза при сбраживании конского навоза 534
Сафина Г.Г., Габдрахимов Р.Р., Арзамасова А.Г. Повышение эффектив-ности биологической очистки сточных вод..... 539
Хафизов А.И., Алексеев К.А., Лаптев А.Г. Получение фракции вакуумного газойля для производства высоко-качественных базовых масел 542
Хуснутдинова Э.М. Регенерация сорбционного материала адсорбционной очистки газовых выбросов от диоксида серы..... 545

Научное издание

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 1

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Компьютерная верстка О.В. Цветковой
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшиной

Подписано в печать 26.05.2021.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 32,49. Уч.-изд. л. 23,04.
Тираж 30. экз. Заказ № 5229.

Центр публикационной активности КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «45»
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36