



20-23 АПРЕЛЯ 2021 ГОДА

Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары,
пр-т Тракторостроителей, д. 103 «А»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Материалы научно-технической конференции
молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021»

Организаторы



ИНЭК



ООО «ИЦ «СРЗАУ»



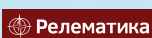
ИП «СРЗАУ»



При поддержке

Генеральные спонсоры

ЭКРА



Официальный спонсор

ЧЭАЗ

ЧЕБОКСАРСКИЙ ЭЛЕКТРОПАРАТНЫЙ ЗАВОД

При участии



РОССЕТИ



РусГидро

Спонсоры

ЭМАРА



iGrids



Ростелеком



Динамика

Официальные медиа-партнеры



ЦИФРОВАЯ
ПОДСТАНЦИЯ



Партнер регистрации



Медиа-партнеры

НОВОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
www.enr.ru

ПРОМЫШЛЕННЫЙ
www.enr.ru

РЫНОК
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
www.enr.ru

ТЕХНИЧЕСКИЙ
ОПОНЕНТ
www.enr.ru



Инновационный электротехнический кластер Чувашской Республики
Академия электротехнических наук Чувашской Республики
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
Подкомитет Б5 «Релейная защита и автоматика»
Российского национального комитета СИГРЭ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

**Материалы
научно-технической конференции
молодых специалистов форума
«РЕЛАВЭКСПО-2021»**

Чебоксары
2021

УДК621.311-52+621.316.925](063)
ББК27-051я43
С23

Редакционная коллегия:

В.И. Антонов, доктор технических наук, гл. редактор
Г.С. Нудельман, кандидат технических наук, зам. гл. редактора
В.Г. Ковалев, кандидат технических наук
А.В. Жуков, кандидат технических наук
А.В. Мокеев, доктор технических наук
В.И. Нагай, доктор технических наук
В.А. Шуин, доктор технических наук
В.А. Наумов, кандидат технических наук
В.С. Петров, кандидат технических наук

С23 **Современные** тенденции развития цифровых систем релейной защиты и автоматики: материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. – 226 с.

ISBN 978-5-7677-3248-7

Представлены доклады научно-технической конференции молодых специалистов, состоявшейся в рамках форума РЕЛАВЭКСПО-2021. В сборнике приведены результаты актуальных научных исследований в области совершенствования алгоритмов релейной защиты и автоматики энергосистем, технологий цифровой обработки сигналов, векторных измерений и методов искусственного интеллекта в релейной защите. Рассматриваются научные и практические вопросы кибербезопасности цифровых устройств релейной защиты, её работа в сетях с распределенной генерацией, моделирование электроэнергетических систем для целей релейной защиты и автоматики, надежности релейной автоматики.

Для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов энергетических специальностей вузов, инженерно-технического персонала предприятий и энергосистем.

ISBN 978-5-7677-3248-7

УДК 621.311-52+621.316.925](063)
ББК 27-051я43
© Издательство
Чувашского университета, 2021

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКЕ РОТОРА СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Иванов Н.Г., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.
E-mail: ivanov_ng@ekra.ru.

Глазырин А.В., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.
E-mail: glazyrin_av@ekra.ru.

Кудряшова М.Н., ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия. E-mail: kudryashova_mn@ekra.ru.

Степанова Д.А., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.
E-mail: stepanova_da@ekra.ru.

***Аннотация:** Традиционные защиты ротора не обеспечивают надежную защиту генератора от межвитковых повреждений, поскольку они не чувствительны к межвитковым замыканиям без гальванической связи обмотки ротора с корпусом. В работе рассматриваются принципы обнаружения межвитковых замыканий обмотки ротора, обеспечивающие выявление всех видов повреждений, и основанные на мониторинге четных гармоник в напряжении статора и сравнении фактической ЭДС генератора с расчётной, полученной на основе измерений тока ротора.*

***Ключевые слова:** витковое замыкание на землю, межвитковое замыкание.*

Введение

Витковые замыкания в обмотке ротора синхронного генератора приводят к нарушению симметрии магнитного поля, подвергая тем самым ротор машины неравномерному нагреву и нежелательной вибрации. Наряду с этим тепловая энергия, выделяемая током замыкания в месте пробоя межвитковой изоляции, оплавляет обмотку и сталь ротора [1]. Поэтому во избежание тяжелых повреждений в режиме витковых замыканий генератор должен немедленно отключаться от электрической сети.

Различают витковые замыкания, вызванные повреждением изоляции между обмоткой и корпусом ротора в двух точках, и повреждение межвитковой изоляции без замыкания на корпус.

Традиционные защиты от межвитковых замыканий, например, КЗР-2, выявляют только замыкание обмотки ротора через корпус, что несомненно делает их функционирование в защитах генераторов неполноценным.

В настоящей работе рассматриваются принципы обнаружения всех видов витковых замыканий обмотки ротора.

Выявление межвитковых замыканий на основе контроля четных гармоник

Распределение магнитной индукции ротора турбо и гидрогенераторов в нормальном режиме имеет форму трапеции, симметричной относительно оси координат (рис. 1) [2]. Результирующий магнитный поток ротора можно представить, как сумму магнитных потоков, создаваемых токами в витках обмотки.

Межвитковое замыкание приводит к шунтированию части обмотки и по этой части обмотки перестает протекать ток.

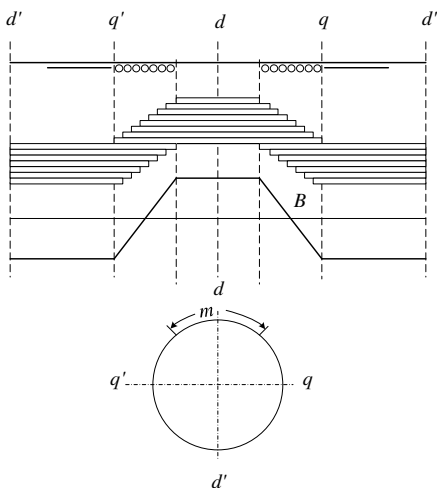


Рис.1. Магнитная индукция B двухполюсной машины, сопоставленная с развёрткой обмоток ротора

Магнитное поле ротора при витковом замыкании можно представить, как разность магнитного поля ротора в нормальном режиме и магнитного поля зашунтированной части обмотки (рис. 2). Несимметрия результирующего магнитного потока приводит к появлению в ЭДС генератора четных гармоник [2].

Амплитуды четных гармоник убывают с ростом порядка гармоники, поэтому для выявления межвитковых замыканий обычно осуществляют мониторинг второй гармоники, обладающей наибольшей амплитудой [3, 4]. Уровень четных гармоник зависит от числа замкнутых витков ротора, конструкции ротора и статора, и в случае турбогенератора - от положения замкнутых витков относительно главного зубца ротора.

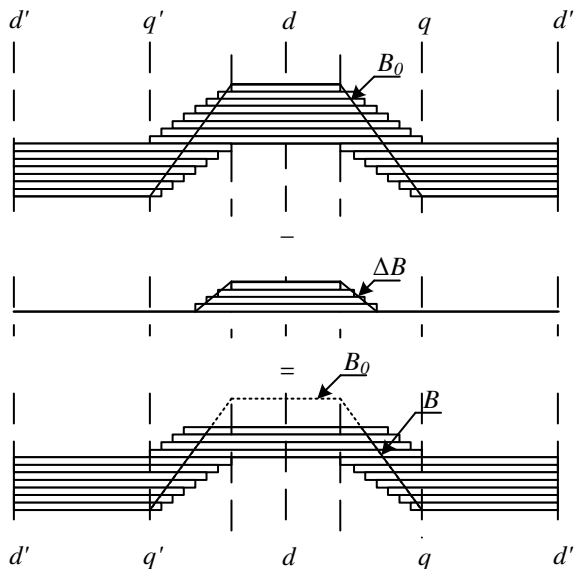


Рис.2. Магнитная индукция ротора турбогенератора: B_0 - магнитная индукция в нормальном режиме; ΔB - изменение магнитной индукции при витковом замыкании вблизи оси d' ; B - результирующая магнитная индукция ротора при витковом замыкании

Пример зависимости уровня второй гармоники от числа замкнутых витков для турбогенератора типа ТВ2-30-2 (10,5кВ) приведен на рис. 3. Как видно из рисунка, при увеличении доли замкнутых витков γ от 0 до 100% уровень второй гармоники в ЭДС возрастает практически линейно. При этом замыкание вблизи оси q создает несколько больший уровень второй гармоники, чем замыкание вблизи оси d (около главного зубца). Из зависимости следует, что мониторинг уровня четных гармоник в напряжении генератора позволяет не только выявлять межвитковые повреждения, но и оценивать долю поврежденных витков.

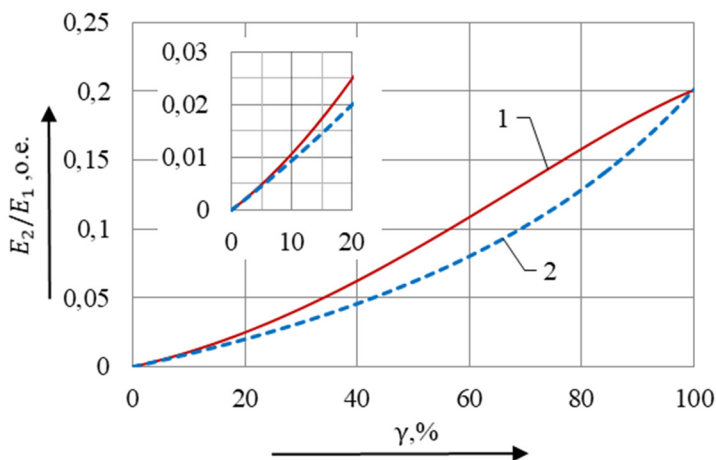


Рис. 3. Зависимость относительного значения ЭДС второй гармоники от количества замкнутых витков: 1 – замыкание вблизи к оси q ; 2 – замыкание вблизи главного зубца

Главным преимуществом метода является то, что четные гармоники практически отсутствуют в нормальном режиме (из-за симметрии магнитной системы ротора) и их появление однозначно свидетельствует о межвитковом замыкании.

Недостатком метода является его неселективность при работе генератора на сборные шины или в укрупненном блоке. В таких схемах межвитковые повреждения одного из генераторов

приводят к появлению четных гармоник в напряжениях на выводах всех параллельно работающих генераторов.

Еще одним недостатком метода является изменение чувствительности защиты при изменениях в конфигурации и режимах электрической сети.

Выявление межвитковых замыканий на основе мониторинга основной гармоники ЭДС

В результате витковых замыканий происходит снижение амплитуды магнитного потока (рис. 2), что приводит к снижению ЭДС основной гармоники генератора. Этот факт может использоваться для выявления витковых замыканий.

Одним из вариантов метода является сравнение значений ЭДС генератора, рассчитанного на основе измерений комплексных амплитуд тока \underline{I}_s и напряжения \underline{U}_s статора, и ЭДС генератора по диаграмме Потье, рассчитанного на основе измерений тока ротора. Согласно методу, сначала из измерений тока и напряжения рассчитывают падение напряжения на обмотках статора как показано на рис. 4, затем рассчитывают ЭДС:

$$\underline{E}_d = \underline{U}_s + r\underline{I}_s + jx_d\underline{I}_s,$$

где r , x_d – активное и реактивное сопротивление схемы замещения генератора (рис. 4).

Далее на основе измерений тока ротора с помощью диаграммы Потье рассчитывается значение ЭДС. Различия между рассчитанными ЭДС свидетельствуют о наличии виткового повреждения в роторе генератора.

Величина различия расчетных ЭДС так же, как и в случае четных гармоник, зависит от числа замкнутых витков ротора, конструкции ротора и статора, и от положения замкнутых витков относительно главного зубца ротора. Пример изменения уровня ЭДС основной гармоники при витковых замыканиях для турбогенератора типа ТВ2-30-2 (10,5кВ) приведен на рис. 5.

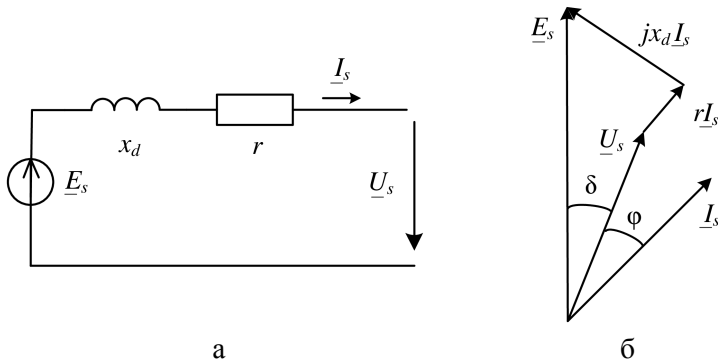


Рис. 4. Схема замещения неявнополюсного генератора (а) и векторная диаграмма (б), используемая для определения ЭДС по измерениям тока и напряжения статора при индуктивной нагрузке, где δ – угол между ЭДС и напряжением генератора; φ – угол между напряжением и током генератора

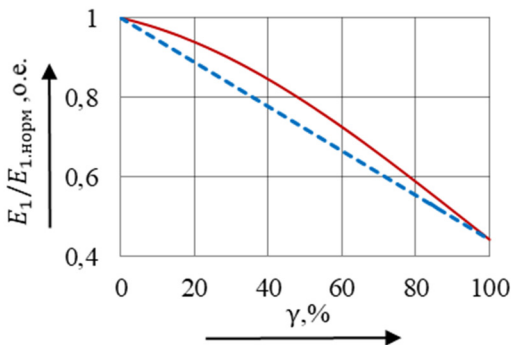


Рис.5. Зависимость уровня ЭДС первой гармоники от доли замкнутых витков обмотки ротора

Преимуществом рассматриваемого метода является его селективность при работе генератора на сборные шины или в укрупненном блоке.

Недостатком является необходимость отстройки защиты от небалансов, вызванных неточным заданием параметров модели

генератора. Из-за этого становится невозможным выявлять витковые замыкания с малым числом замкнутых витков, сопровождающиеся небольшим изменением ЭДС.

Заключение

1. Традиционные защиты не позволяют обеспечить надежную защиту генератора от межвитковых повреждений, поскольку они не чувствительны к межвитковым замыканиям без гальванической связи обмотки ротора с корпусом.

2. Появление четных гармоник в напряжении генератора является явным признаком межвитковых повреждений в роторе. Однако реализация защиты генератора, работающего на сборные шины или в укрупненном блоке, на этом принципе требует использования дополнительных информационных признаков для обеспечения ее селективности.

3. Выявление межвитковых замыканий в обмотке ротора может осуществляться на основе сравнения фактического уровня ЭДС основной гармоники со значением, рассчитанным по измерениям тока ротора. Такой метод обладает ограниченной чувствительностью, поскольку при малом числе поврежденных витков изменение амплитуды основной гармоники ЭДС не превышает уровня небаланса, вызванного неточностью задания параметров генератора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEEE Guide for Online Monitoring of Large Synchronous Generators (10 MVA and Above) // IEEE Power and Energy Society. IEEE Std 1129. – 2014.

2. В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, Н.Г. Иванов, О.П. Николаева. Цифровая защита ротора турбогенератора от замыканий на землю в двух точках // Труды академии электротехнических наук ЧР. Чебоксары, 2017, №1, с. 98–101.

3. В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, Н.Г. Иванов, О.П. Николаева. Фильтры симметричных составляющих с широким рабочим диапазоном частот для цифровой релейной защиты// Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы 12 Всерос. Науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2017. С.388–391

4. Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Николаева О.П. Точность оценки симметричных составляющих электрических величин в системах релейной защиты и автоматики // Материалы 10-й Всерос. Науч.-техн. конф. «Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике». Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. С.229–232.

Авторы:

Иванов Николай Геннадьевич, руководитель группы разработки ИЭУ департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил степень магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика и электротехника» на кафедре ТОЭ и РЗА электроэнергетического факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова в 2013 году. E-mail: ivanov_ng@ekra.ru.

Глазырин Анатолий Вячеславович, инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», магистрант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Автоматика энергосистем». Окончил в 2020 г. факультет энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень бакалавра по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». E-mail: glazyrin_av@ekra.ru.

Кудряшова Мария Николаевна, инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». Окончила в 2020 г. факультет энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получила степень магистра по направлению «Автоматика энергосистем». E-mail: kudryashova_mn@ekra.ru.

Степанова Дарья Александровна, техник департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», бакалавр ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». E-mail: stepanova_da@ekra.ru.

ПРОВЕРКА ТЕРМИНАЛОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И РЕКЛОУЗЕРОВ С НИЗКОВОЛЬТНЫМИ ВХОДАМИ

Александрова Т.В., НПП «Динамика», Чебоксары, Россия.
E-mail: alexandrova-tv@retom.ru

Аннотация: В данном докладе представлены особенности проверки терминалов релейной защиты и реклоузеров с датчиками Роговского и делителями напряжения. Исследование выполнено с

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 4 |
| СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ, НАДЕЖНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ | 5 |
| Лямец Ю.Я., Никонов И.Ю. (ООО «Релематика») <i>Распознавание поврежденного ответвления при одностороннем наблюдении линии электропередачи</i> | 5 |
| Петров В.В. (ООО «НИЦ ЧЭАЗ») <i>Анализ функционирования дистанционной защиты в тяговой сети железной дороги</i> | 10 |
| Кочетов И. Д., Лямец Ю. Я., Макашкин Ф. А., Петряшин И.Е. (ООО «Релематика») <i>Применение локальных составляющих в алгоритмах противоаварийной автоматики для устранения кратковременных нарушений электроснабжения в питающих сетях</i> | 13 |
| Иванов Н.Г., Глазырин А.В., Кудряшова М.Н., Степанова Д.А. (Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА») <i>Методы обнаружения витковых замыканий в обмотке ротора синхронного генератора</i> | 18 |
| Александрова Т.В. (НПП «Динамика») <i>Проверка терминалов релейной защиты и реклоузеров с низковольтными входами</i> | 25 |
| Никитина А.Н., Петров В.С., Антонов В.И., Наумов В.А. (Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА») <i>Прецизионное определение электрического центра качания в электрической сети</i> | 30 |
| Кочетов И. Д., Лямец Ю. Я., Макашкин Ф. А. (ООО «Релематика») <i>Теоретические и прикладные аспекты выделения локальной составляющей наблюдаемого процесса</i> | 34 |
| Касторова Д.А. (ООО «НПП «Динамика») <i>Разработка специального программного обеспечения для диагностики электротехнического оборудования</i> | 39 |

| | |
|---|----|
| Митрюхин Е. Л. (ООО «НПП «Динамика») <i>Особенности синхронизации испытательных комплексов с помощью блока GPS синхронизации для проверки устройств релейной защиты</i> | 42 |
| Плеханов А.В., Александров Н.М. (ООО «НПП «Динамика») <i>Проверка трансформаторов тока с использованием современного проверочного оборудования серии РЕТОМ</i> | 46 |
| Воронов П.Л. (Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова) <i>Уточнение спрямленных характеристик генераторов с АРВ и расчетов токов КЗ для произвольного момента времени</i> | 49 |
| Семенов К.Г. (ООО НПП «Динамика») <i>Анализ информационного трафика на цифровой подстанции</i> | 53 |
| Убасева М.В., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА») <i>Двустороннее определение места повреждения ЛЭП без учета модели короткого замыкания</i> | 57 |
| Кутумов Ю.Д., Кузьмина Н.В., Шадрикова Т.Ю., Шуин В.А. (Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина) <i>Исследование частотных характеристик воздушных ЛЭП напряжением 6–10 кВ</i> | 61 |
| Исаков Р.Г., Метелев И. С., Ференец А. А, Юдина К. П. (КНИТУ-КАИ) <i>Анализ влияния параметров сети с источником распределённой генерации на параметры срабатывания релейной защиты</i> | 65 |
| Христофоров В.А., Фёдоров Александр О., Петров В.С. (Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА») <i>Локализация повреждений на кабельно-воздушных линиях электропередачи двухсторонним волновым методом</i> | 75 |
| Егоров В.А, Фёдоров Алексей О., Петров В.С., Антонов В.И., Наумов В.А. (ООО НПП «ЭКРА», Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова) <i>Локализация фронта волны в сигнале</i> | 78 |
| ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ | 83 |
| Фёдоров Алексей О., Петров В.С., Алексеев В. С. (ООО НПП «ЭКРА») <i>Модальные преобразования в устройстве волнового определения места повреждения</i> | 83 |

| | |
|--|-----|
| Алексеев В. С., Фёдоров Алексей О., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА») <i>Сигналы волнового дискриминатора поврежденных фаз</i> | 88 |
| Рослова К.С., Наровлянский В.Г. (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», ОАО «ВНИИР») <i>Адаптивный фильтр ортогональных составляющих для релейной защиты в условиях изменяющейся частоты электроэнергетической системы</i> | 91 |
| Лямец Ю. Я., Никонов И.Ю., Петряшин И.Е. (ООО «Релематика») <i>Восстановление тока, искаженного вследствие насыщения трансформатора тока, по малому числу отсчетов</i> | 95 |
| Иванов Н.Г., Александрова М.И., Воробьев Е.С., Антонов В.И., Наумов В.А. (ООО НПП «ЭКРА», Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова) <i>Цифровая обработка сигналов в устройствах интеллектуального АПВ ЛЭП с шунтирующими реакторами</i> | 99 |
| Иванов М.О., Кудряшова М.Н., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Антонов В.И., Наумов В.А. (ООО НПП «ЭКРА», Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова) <i>Улучшенный метод активно-адаптивного распознавания слабых слагаемых на фоне преобладающей составляющей тока ОЗЗ</i> | 107 |
| Воробьев Е.С., Антонов В.И., Иванов Н.Г., Наумов В.А., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА») <i>Многоканальный адаптивный структурный анализ</i> | 114 |
| ТЕХНОЛОГИИ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ | 121 |
| Родионов А.В., Бутин К.П., Данилов М.А., Попов А.И. (ООО «Инженерный центр «Энергосервис», Северный (Арктический) федеральный университет) <i>Поиск источников низкочастотных колебаний на основе технологии синхронизированных векторных измерений</i> | 121 |
| Пискунов С.А., Хромцов Е.И., Мокеев А.В. (ООО «Инженерный центр «Энергосервис», Северный (Арктический) федеральный университет) <i>Применение технологии СВЧ для совершенствования систем управления, защиты и мониторинга</i> | 126 |

| | |
|---|-----|
| Горячевский И.А., Петров К.В., Андреев П.И., Ульянов Д.Н. (ООО «Инженерный центр «Энергосервис») <i>Применение ПТК «Цифровой РЭС» в распределительных кабельных сетях 6-10 кВ</i> | 130 |
| МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ | 134 |
| Степанова Д.А., Антонов В.И., Наумов В.А. (Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА») <i>Основы интеллектуального дискриминатора режимов земляных коротких замыканий в электрической системе</i> | 134 |
| Дементий Ю.А., Петряшин А.Е., Петряшин И.Е. (ООО «Релематика») <i>Анализ применимости классических алгоритмов ML в практических задачах энергетики</i> | 142 |
| Дементий Ю.А., Маслов А.Н., Николаев К.П. (ООО «Релематика») <i>Нейросетевая классификация режимов работы объекта</i> | 147 |
| Дементий Ю. А., Шорников Е.В. (ООО «Релематика») <i>Машинное обучение для интервальной оценки параметров объекта</i> | 153 |
| Дементий Ю.А. (ООО «Релематика») <i>Активное обучение классификатора режимов работы объекта с использованием имитационной модели</i> | 157 |
| Дементий Ю. А., Петряшин А. Е., Петряшин И. Е. (ООО «Релематика») <i>Анализ эффективности активного обучения в задаче разграничения режимов работы энергообъекта</i> | 162 |
| Дементий Ю.А., Николаев К.П. (ООО «Релематика») <i>Детерминированный метод построения образа имитационной модели объекта</i> | 168 |
| Кондрашов М.А., Максимов Р.С., Чжоу Хаочэнь, Лай Денцзюнь, Колобродов Е.Н. (НИУ «МЭИ») <i>Фиксация наличия частичных разрядов по синусоиде напряжений с применением методов машинного обучения</i> | 172 |
| КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ | 186 |

| | |
|--|-----|
| Карпенко В.И., Карантаев В.Г. (НИУ МЭИ, Центр НТИ МЭИ) <i>Разработка экспертной системы для оценки влияния деструктивных воздействий компьютерных атак на подстанции с высшим классом напряжения 500 кВ с децентрализованной архитектурой вторичных подсистем</i> | 186 |
| Кокшев П.А. (ООО «НИЦ ЧЭАЗ») <i>Применение нейросетевых алгоритмов обнаружения вторжений для сетевого анализатора данных цифровой подстанции</i> | 199 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ | 204 |
| Шамис М.А., Иванов Ф.А., Васильев С.П., Zakonjsek J. (Законьшек Я.) (ЗАО "ЭнЛАБ") <i>Новые возможности по детальному моделированию переходных процессов в больших энергосистемах</i> | 204 |
| Иванова Т.В., Никандров М.В., Белебенцев Д.Э. (ООО «Интеллектуальные Сети», Чебоксарский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет») <i>Комплекс обучения персонала электроэнергетического объекта в виртуальной реальности</i> | 208 |
| Лебедев В.Д., Петров А.Е., Иванов Ф.А., Jennifer(Xinru) Liu, Gregory Jackson (ФГБОУ ВО «ИГЭУ им. Ленина», ЗАО «ЭнЛАБ», PONOVO Power Co. LTD, RTDS Technologies Inc) <i>Цифровой полигон ИГЭУ</i> | 213 |
| Смирнов С.Ю., Наумов И.А., Седова М.С., Шивиров А.В. (ОАО «ВНИИР», Чувашский государственный университет) <i>Моделирование трансформаторов тока для релейной защиты с учётом современных требований</i> | 217 |

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

Материалы научно-технической конференции молодых
специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021»

Публикуется в авторской редакции

Отв. за выпуск М.И. Александрова

Согласно Закону № 436-ФЗ от 29 декабря 2010 года
данная продукция не подлежит маркировке

Подписано в печать 08.04.2021. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,13.
Тираж 300 экз. Заказ № 382.

Отпечатано в соответствии с представленным оригиналом-макетом в
типографии Чувашского университета
428015 Чебоксары, Московский просп., 15