



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 «ЧРЭЭ»

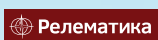


ИП «СРЗАУ»



Генеральные спонсоры

ЭКРА



Официальный спонсор

ЧЭАЗ

ЧЕБОКСАРСКИЙ ЭЛЕКТРОПАРНАТЫЙ ЗАВОД

При участии



РОССЕТИ



РусГидро

ЭМАРА



Спонсоры

iGrids



Официальные медиа-партнеры



ЦИФРОВАЯ
ПОДСТАНЦИЯ



Партнер регистрации



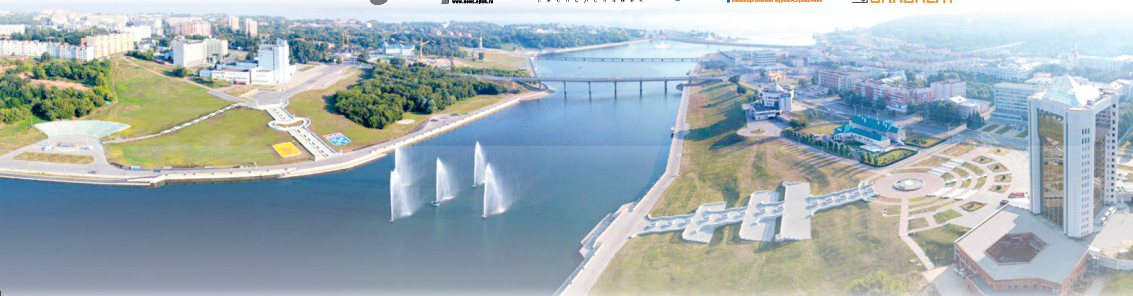
Медиа-партнеры

НОВОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ПРОМЫШЛЕННЫЙ

РЫНОК
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ТЕХНИЧЕСКИЙ
ОПОНЕНТ



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

7. *Иванов Н.Г.* Анализ алгоритмов предсказания напряжения в паузе цикла интеллектуального АПВ / Н.Г. Иванов [и др.] // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: сборник докладов III Международной научно-технической конференции. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. С. 151-159.

Авторы:

Иванов Николай Геннадьевич, сведения об авторе приведены на стр. 25.

Александрова Марина Ивановна, инженер 3 категории группы разработки интеллектуальных устройств департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы». E-mail: alexandrova_mi@ekra.ru.

Воробьев Евгений Сергеевич, инженер 3 категории группы разработки интеллектуальных устройств департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», ассистент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2019 г. окончил электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил степень бакалавра в 2017 г., защитил магистерскую диссертацию в 2019 г. по направлению «Автоматика энергосистем»: vorobev_es@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, сведения об авторе приведены на стр. 33.

Наумов Владимир Александрович, сведения об авторе приведены на стр. 34.

УЛУЧШЕННЫЙ МЕТОД АКТИВНО-АДАПТИВНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СЛАБЫХ СЛАГАЕМЫХ НА ФОНЕ ПРЕОБЛАДАЮЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ОЗС

Иванов М.О., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

Кудряшова М.Н., ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

Солдатов А.В., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

Иванов Н.Г., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

Антонов В.И., Чувашский государственный университет
им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

Наумов В.А., ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация:** В работе рассматриваются методы измерения слабых гармонических составляющих на фоне преобладающей основной гармоники в релейной защите от однофазных замыканий на землю. Исследуется новый способ повышения разрешающей способности активно-адаптивного метода распознавания, сохраняющий высокую точность в условиях отклонения параметров элементов тракта АЦП и погрешности цифровой обработки сигналов.*

***Ключевые слова:** замыкание на землю, гармоники, активно-адаптивное распознавание сигналов*

Введение

Для защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью еще в прошлом веке предлагалось применение контроля уровня высших гармоник в фазных токах защищаемого объекта [1]. Однако высшие гармоники как информационные сигналы защит от ОЗЗ [2] до настоящего времени не нашли применения, поскольку уровень высших гармоник в токе замыкания на несколько порядков уступает уровню составляющей основной гармоники. Например, уровень третьей гармоники тока ОЗЗ в турбогенераторе может составлять всего одну десятитысячную уровня основной гармоники [3]. Выделение таких слабых составляющих непосредственно из входного сигнала традиционными методами цифровой обработки сигналов практически невозможно, поскольку энергия этих составляющих оказывается ниже энергии шумов квантования аналого-цифрового преобразователя. Нужны принципиально новые методы обработки таких сигналов, способных распознать слабые составляющие сигнала на фоне остальных доминирующих слагаемых.

Изучению именно таких методов измерения слабых гармонических составляющих сигнала на фоне преобладающих составляющих сигнала, в частности, составляющей основной гармоники тока замыкания, посвящена настоящая работа.

Тракт АЦП с аналоговым фильтром

Классическим подходом при выделении слабых гармоник является использование в измерительном тракте АЦП селективного аналогового фильтра [4], предназначенного для ослабления основной гармоники и усиления распознаваемых составляющих входного сигнала защиты – высших гармоник (рис. 1).

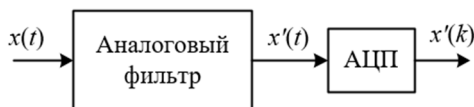


Рис. 1. Структурная схема тракта АЦП с аналоговым фильтром: $x(t)$ – входной сигнал, $x'(t)$ – преобразованный сигнал и $x'(k)$ – его цифровой образ

В рассматриваемой схеме аналоговый фильтр должен обеспечивать ослабление основной гармоники в сотни или даже тысячи раз, повышая вес высших гармоник в преобразованном сигнале $x'(t)$. Такие уникальные характеристики тракта АЦП достигаются путем выполнения аналогового фильтра в виде высокодобротного режекторного фильтра.

Однако исключительность характеристик тракта АЦП является и его главным недостатком, поскольку отклонение частоты режекции в силу чисто технических причин или отклонения частоты сети приводят к резкому и существенному снижению коэффициента подавления основной гармоники, ухудшая чувствительность и устойчивость функционирования защиты.

Тракт АЦП с активно-адаптивным распознаванием

Совсем недавно был разработан новый метод распознавания слабых высших гармоник, свободный от недостатков классического подхода, – метод активно-адаптивного распознавания (рис. 2) [5, 6].



Рис. 2. Структурная схема тракта АЦП с активно-адаптивным распознаванием: $x(t)$ – входной сигнал и его цифровой образ $x(k)$, $x_s(t)$ – сигнал после ЦАП, $x_{res}(t)$ – остаточный сигнал, содержащий ослабленную основную гармонику и высшие гармоники, и его цифровой образ $x_{res}(k)$

Суть метода заключается в подавлении преобладающей основной гармоники во сигнале до его аналого-цифрового преобразования. Для этого входной сигнал преобразуется в цифровой сигнал при помощи АЦП1 (рис. 2). Методами цифровой обработки сигнала формируется цифровая модель составляющей основной гармоники во входном сигнале, и затем при помощи ЦАП формируется электрический сигнал основной гармоники, амплитуда и фаза которого совпадает с амплитудой и фазой основной гармоники во входном сигнале. Далее формируется сигнал высших гармоник путем вычитания сигнала основной гармоники из входного сигнала. Сигнал высших гармоник, свободный от основной гармоники, оцифровывается при помощи АЦП2. Диапазон измерений АЦП2 выбирается из расчета на максимальную амплитуду сигнала высших гармоник, которая существенно ниже амплитуды входного сигнала. Благодаря этому удастся существенно снизить уровень шумов квантования при измерении высших гармоник.

В отличие от тракта измерения с аналоговым фильтром, новый тракт позволяет реализовать адаптивные частотные характеристики, подстраивая частоту заграждения под актуальную частоту сети.

Исследования показали, что коэффициент подавления основной гармоники реальной схемы активно-адаптивного распознавания составляет около 100 [5]. Дальнейшее повышение коэффициента подавления ограничено влиянием отклонения параметров элементов тракта АЦП и погрешностями цифровой обработки сигналов.

Повышение разрешающей способности

С целью повышения коэффициента подавления основной гармоники было предложено дополнить тракт активно-адаптивного распознавания специальным каналом, обеспечивающим подстройку схемы за счет контроля отношения сигнал/шум остаточного сигнала в условиях погрешности обработки цифрового входного сигнала.

Для подтверждения характеристик тракта был изготовлен и исследован опытный образец измерительного тракта АЦП с улучшенным активно-адаптивным распознаванием (рис. 3).

На рисунке 4 приведены результаты одного из испытаний тракта при распознавании сигнала третьей гармоники на фоне преобладающей основной гармоники. Отношение сигнал/шум при испытании составляло 10^{-3} . Как видно из рисунка 4, классический тракт активно-адаптивного распознавания обеспечивает подавление основной гармоники примерно в 100 раз (рис. 4, б). Добавление специального канала позволило компенсировать уход параметров схемы и обеспечить подавление основной гармоники более чем в 10^6 раз (кривая сигнала на рисунке 4, в практически не содержит основной гармоники).

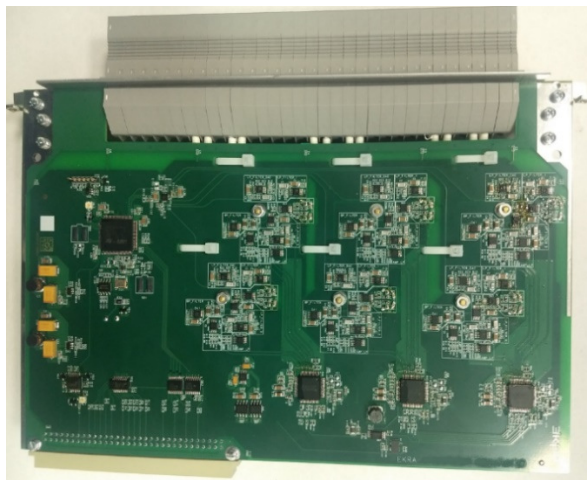


Рис. 3. Опытный образец датчика тока, реализующего улучшенный метод с активно-адаптивного распознавания высших гармоник

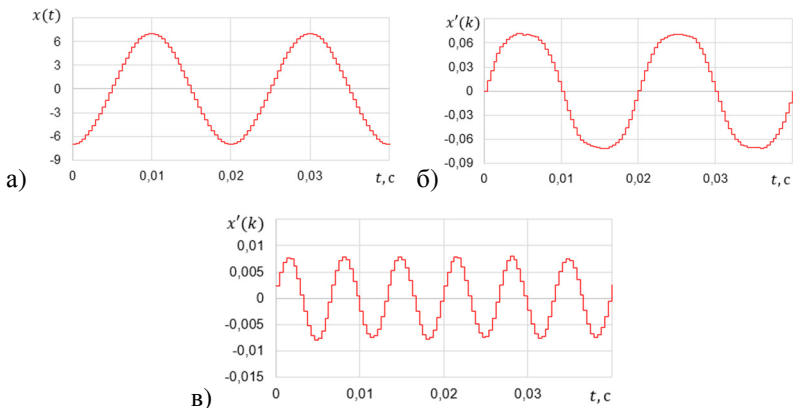


Рис. 4. Осциллограммы сигналов, полученные при испытании нового датчика тока: а) входной сигнал; б) сигнал высших гармоник после классического активно-адаптивного распознавания; в) сигнал высших гармоник после улучшенного активно-адаптивного распознавания. При испытании подводился ток $x(t) = 5\sqrt{2} \sin(2\pi 50t) + 0,005\sqrt{2} \sin(2\pi 150t)$

Заключение

1. В реальном устройстве, реализующем классический метод активно-адаптивного распознавания, коэффициент подавления основной гармоники ограничивается значением 100. Это не позволяет обеспечить точное измерение очень слабых слагаемых сигнала на фоне преобладающей основной гармоники тока ОЗЗ.

2. Предложена и исследована улучшенная схема активно-адаптивного распознавания со специальным каналом, обеспечивающим подстройку схемы за счет контроля отношения сигнал/шум остаточного сигнала, что позволяет повысить коэффициент подавления основной гармоники до нескольких миллионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кискачи В.М.* Использование гармоник э.д.с. генераторов энергоблоков при выполнении защиты от замыканий на землю/ В.М. Кискачи // *Электричество*. – 1974. – №2. – С. 24-29.

2. *Солдатов А.В.* Информационный базис защиты генератора от однофазных замыканий статора на землю с контролем высших

гармоники дифференциального тока/ А.В. Солдатов [и др.] // Релейная защита и автоматизация. – 2016. – №3 (24). – С. 12-20.

3. *Кудряшова, М.Н.* Оценка уровня токов высших гармоник в турбогенераторах для целей релейной защиты. / М.Н. Кудряшова, М.О. Иванов, А.В. Солдатов, В.И. Антонов // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы IV Междунар. научн.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. - 84.

4. *Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Егоров Н.В.* Оценка гармоники электрической величины на фоне преобладающего гармонического спектра шума. // Электричество. 2014. №5. С.29-33.

5. *Антонов, В.И.* Распознавание слабых гармонических составляющих сигналов в защите генератора от однофазного замыкания на землю / В.И. Антонов [и др.] // Электрические станции. – 2018. – №1. – С.52-55.

6. *Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г.* Способ выделения слагаемой электрической величины // Патент России № 2564536. 2015. Бюл. №28.

Авторы:

Иванов Михаил Олегович, 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: ivanov_mo@ekra.ru.

Кудряшова Мария Николаевна, сведения об авторе приведены на стр. 25.

Солдатов Александр Вячеславович, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА», старший преподаватель кафедры ЭИЭС имени А.А. Федорова ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил диплом инженера на электроэнергетическом факультете ЧГУ им. И.Н. Ульянова в 2006 г. E-mail: soldatov_av@ekra.ru.

Иванов Николай Геннадьевич, сведения об авторе приведены на стр. 25.

Антонов Владислав Иванович, сведения об авторе приведены на стр. 33.

Наумов Владимир Александрович, сведения об авторе приведены на стр. 34.

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