



23-26 АПРЕЛЯ 2019 ГОДА

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

СБОРНИК ДОКЛАДОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Организаторы



ИИТЭК



При поддержке

Генеральные спонсоры

ЭКРА



Релематика

Официальный спонсор

ЧЭАЗ

ЧЕБОКСАРСКИЙ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ЗАВОД

При участии



РОССЕТИ



РусГидро

Спонсоры

ЭМАРА

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ПРОИЗВОДИТЕЛЬСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
БРЕСЛАЕР

iGrids
ИНТЕГРАЦИОННЫЕ
РЕШЕНИЯ



Ростелеком



Динамика
научно-производственное предприятие

Официальные медиа-партнеры



ЖУРНАЛ ИИТ-СРЗАУ
**РЕПЕЛИТЕЛЬНАЯ ЗАЩИТА
И РЕГУЛИРОВАНИЕ**
НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ



**ЭЛЕКТРО
ЭНЕРГИЯ**



**ЦИФРОВАЯ
ПОДСТАНЦИЯ**



**ЭНЕРГЕТИКА
РОССИИ**

Медиа-партнеры

**НОВОСТИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**
www.nis-ru.com

ПРОМЫШЛЕННЫЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА
**РЫНОК
Электротехники**
www.rosstand.gov.ru

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА
**ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПОНСОР**
www.rosstand.gov.ru

Партнер регистрации



ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ
www.elektroenergiya.ru



РЕЛАВЭКСПО-2019

**Сборник докладов
научно-технической конференции
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

Чебоксары
2019

УДК 621.311-52+621.316.925](063)

ББК 27-051я43

С23

Редакционная коллегия:

Г.С. Нудельман, кандидат технических наук, гл. редактор;

В.Г. Ковалев, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Жуков, кандидат технических наук;

В.А. Шуин, доктор технических наук, профессор;

А.А. Наволочный, кандидат технических наук, доцент;

О.А. Онисова, кандидат технических наук

Сборник докладов научно-технической конференции
С23 молодых специалистов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та,
2019. – 310 с.

ISBN 978-5-7677-2895-4

Представлены статьи и доклады научно-технической конференции молодых специалистов, проведенной в рамках форума РЕЛАВ-ЭКСПО-2019, в которых приводятся и обсуждаются результаты актуальных научных исследований в области релейной защиты и автоматики, интеллектуальных энергосистем и повышения энергетической эффективности, моделирования электротехнических устройств.

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

УДК 621.311-52+621.316.925](063)

ББК 27-051я43

© Издательство

Чувашского университета, 2019

ISBN 978-5-7677-2895-4

ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Степанова Д.А., Наумов В.А., Антонов В.И., ЧГУ им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация.** На примере метода опорных векторов (Support Vector Machine – SVM) рассматриваются возможности применения методов искусственного интеллекта для глубокого обучения релейной защиты. Демонстрируются основные преимущества метода SVM перед традиционными для релейной защиты методами классификации режимов электрической сети. Вычислительный эксперимент показывает гибкость адаптации защиты с искусственным интеллектом к отслеживаемым и альтернативным режимам электрической сети.*

***Ключевые слова:** машинное обучение, обучение с учителем, метод опорных векторов, классификация режимов электрической системы, обучение релейной защиты.*

Введение

В релейной защите все режимы сети разделяются на две группы. К первой группе относят режимы, в которых защита должна срабатывать, а ко второй – режимы, когда срабатывание категорически запрещено. В работе [1] первая из них получила название отслеживаемых, а вторая – альтернативных. В классической теории селективность релейной защиты обеспечивается надлежащим выбором характеристик срабатывания, что может рассматриваться как процесс ее обучения. Целью обучения защиты является придание ей способности к классификации режимов электрической сети, заключающейся в разграничении отслеживаемых и альтернативных режимов. С этой точки зрения использование современных методов глубокого обучения для задач классификации режимов защищаемой электрической сети и обучения релейной защиты выглядит вполне обоснованным.

Мы применили для этой цели метод опорных векторов, известный в англоязычной литературе как Support Vector Machine – SVM [2, 3]. Преимуществом метода является его способность формулировать нелинейную задачу разграничения сложных несвязанных областей прецедентов (контролируемых параметров

режима электрической сети) в терминах квадратичного программирования с ограничениями в традициях теоремы Каруша–Куна–Таккера [3].

Постановка задачи

В традиционных методах релейной защиты характеристики срабатывания, разграничивающие отслеживаемые и альтернативные режимы, формируются по результатам либо расчетов, либо имитационного моделирования нормальных и аварийных режимов защищаемой электрической сети. Отслеживаемые и альтернативные режимы отображаются в пространстве контролируемых параметров в виде точек. Если рассматривать задачу построения характеристик срабатывания, например, реле сопротивления в терминах искусственного интеллекта, то упомянутые точки (измерения реле) x_i будут называться *прецедентами*, характеризующимися своими координатами (R_i, X_i) и соответствующими признаками принадлежности их к классам отслеживаемых (признак $y_i = 1$) или альтернативных ($y_i = -1$) режимов. Другими словами, обучение реле ведется на множестве прецедентов обучающей выборки $x = \{x_1, \dots, x_j, \dots, x_n\} = \{(R_1, X_1), \dots, (R_j, X_j), \dots, (R_n, X_n)\}$ с множеством соответствующих признаков $y = \{y_1, \dots, y_j, \dots, y_n\}$.

Задачу обеспечения селективности защиты можно рассматривать как определение в реальном масштабе времени принадлежности поступающих данных режима электрической сети к определенному классу в пространстве контролируемых параметров.

Рассмотрим применение методов глубокого обучения в теории и практике релейной защиты.

Общие свойства методов релейной защиты и искусственного интеллекта

В задаче построения характеристик срабатывания традиционной релейной защиты усматриваются элементы теории искусственного интеллекта, если рассматривать характеристики срабатывания как инструмент при разграничении отслеживаемых и альтернативных режимов. Например, в случае реле сопротивле-

ния характеристика срабатывание в виде многоугольника (Рис.) формируется с помощью ограничений-неравенств:

$$\langle \mathbf{w}_i, \mathbf{x}_j \rangle + w_{0i} \geq 0, \quad (i = \overline{1,3}),$$

$$\langle \mathbf{w}_i, \mathbf{x}_j \rangle + w_{0i} \leq 0, \quad (i = 4).$$
(1)

Здесь $\langle \cdot \rangle$ – оператор скалярного произведения векторов, в нашем случае векторов весовых коэффициентов \mathbf{w}_i и соответствующих прецедентов \mathbf{x}_j , w_{0i} – фиксированный весовой коэффициент (порог), определяющий смещение линий разграничения 1 – 4 характеристики срабатывания (рис. 1).

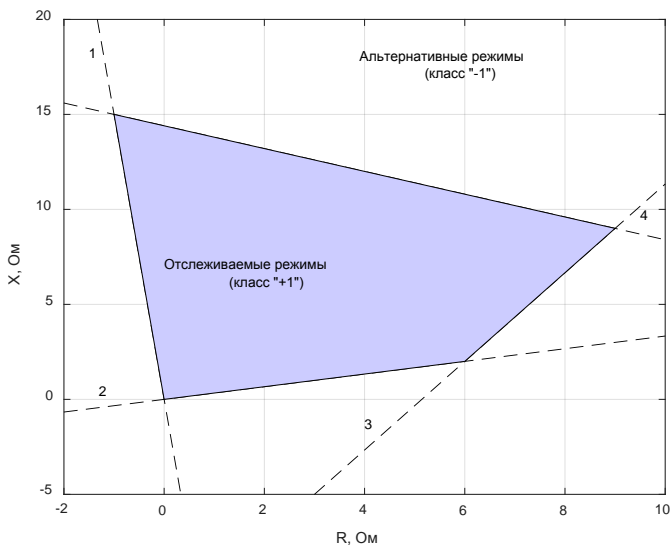


Рис. 1. Отображение отслеживаемых и альтернативных режимов электрической сети на характеристике реле сопротивления. Номера прямых соответствуют номерам уравнений в системе неравенств (1)

Логика действия традиционного реле реализуется в схеме, решающей каждое неравенство системы (1) в своем канале и формирующей сигнал срабатывания в результате объединения действия всех каналов (рис. 2, а).

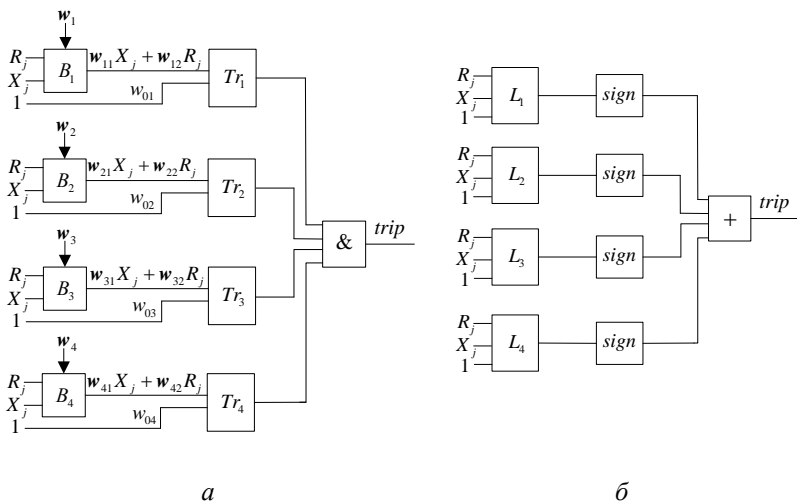


Рис. 4. Реализация алгоритма разграничения режимов электрической сети: *а* – в традиционной релейной защите; *б* – защите на основе искусственного интеллекта. Характеристика срабатывания схемой (*а*) формируется с помощью операторов задания граничных линий B_i и пороговых органов Tr_i , схемой (*б*) – с помощью персептронов L_i , определяющих линий разграничения и блоков знаковой функции $sign$

Задача нахождения необходимой границы области срабатывания реле также может быть решена за счет применения методов искусственного интеллекта. Алгоритм построения характеристики срабатывания (рис. 1), приведенный на рис. 2, *б* демонстрирует схожесть с алгоритмом традиционной релейной защиты. Несмотря на внешнюю схожесть схемы алгоритмов, главное отличие заключается в методе задания характеристики срабатывания защиты. В традиционной релейной защите она задается в виде вектора весов w_i в постоянной памяти, а в защите с искусственным интеллектом – в перезаписываемой памяти и является частью нейронов. Эта особенность предусматривает возможность непрерывной адаптации защиты к изменениям электрической сети.

Рассмотрим возможности применения метода опорных векторов для решения задачи классификации и глубокого обучения релейной защиты.

Метод опорных векторов

Метод опорных векторов представляет собой алгоритм обучения нейронной сети на выборке прецедентов, разграничивающий данные различных классов в общем случае гиперплоскостью, располагаемой между опорными векторами, принадлежащими различным классам. Затем настроенная сеть классифицирует новые данные, поступающие в защиту в реальном масштабе времени, отнеся их к одному из существующих классов.

Преимуществом метода является его способность находить оптимальную разделяющую поверхность в многомерном пространстве или в разделяющую кривую (линию) на плоскости как в примере линейного (рис. 3), так и нелинейного разделения данных (рис. 4).

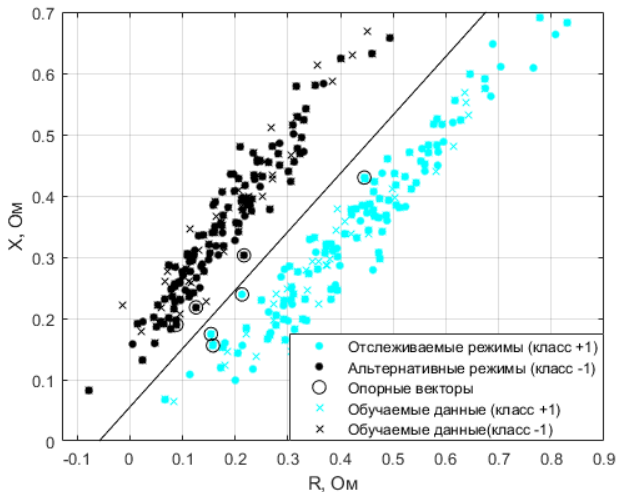
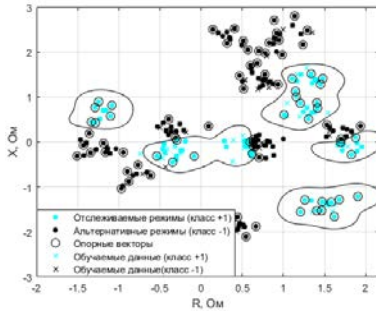
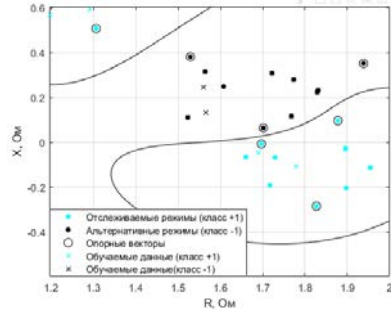


Рис. 5. Разделение областей прецедентов отслеживаемых и альтернативных режимов электрической сети классификатором, оптимальным для линейно-разделимых данных



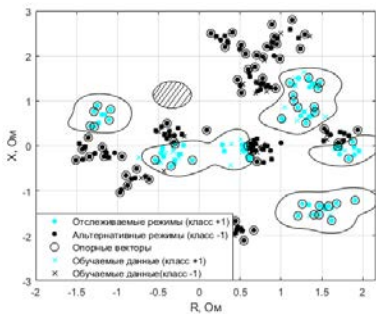
a



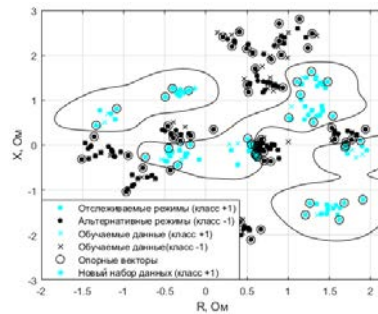
б

Рис. 6. Разделение областей прецедентов отслеживаемых и альтернативных режимов электрической сети с помощью нелинейного классификатора. Рис. 6, б демонстрирует гибкость метода SVM при построении разделяющих линий

В то же время, метод опорных векторов имеет возможность перестраивать характеристику срабатывания реле (рис. 5, а) в условиях его эксплуатации (рис. 5, б), обучая нейронную сеть на новых прецедентах. Для этого эксплуатационный персонал должен придать признаки новым данным, превращая их в прецеденты.



a



б

Рис. 7. Разделение областей прецедентов отслеживаемых и альтернативных режимов электрической сети с помощью нелинейного классификатора в режиме поступления новых данных. При появлении данных в области, заштрихованной на рис. 5, а защита перестраивает область отслеживаемых режимов заново

Выводы

1. Имитационное моделирование является основным инструментом для определения характеристик срабатывания как для методов классической релейной защиты, так и для методов машинного обучения.

2. Методы глубокого обучения позволяют строить сложные характеристики срабатывания релейной защиты, имея возможность включать в области отслеживаемых режимов анклавов данных альтернативного режима, и, используя весь свой арсенал возможностей, перестраивать характеристику срабатывания, обучая нейронную сеть защиты на новых прецедентах в условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лямец, Ю.Я. Иерархия режимов электроэнергетических систем в методологии обучения релейной защиты / Лямец Ю.Я., Кержаев Д.В. // Вестник Чувашского университета. – 2007 – №2 – С. 134 – 147.

2. Hastie, T. The Elements of Statistical Learning, 2nd edition / Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. // Springer, 2009. – 533 p.

3. Вьюгин, В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. — М.: 2013. – 387 с.

Авторы:

Степанова Дарья Александровна, техник группы разработки интеллектуальных электрических устройств сектора научного сопровождения продукции департамента отдела автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», бакалавр электроэнергетического факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 140400 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Наумов Владимир Александрович, заместитель генерального директора – технический директор ООО НПП «ЭКРА». В 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор».

Антонов Владислав Иванович, доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике».

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	4
Исмуков Г.Н., Михайлов М.В., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Задача волнового ОМП секционированных линий распределительных электрических сетей	4
Исмуков Г.Н., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Испытания волновых устройств защиты и диагностики линий электропередачи	8
Исмуков Г.Н., Подшивалин А.Н., Терентьев Г.В. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Спектральные составляющие переходных процессов при коммутациях в электрической сети	14
Куликов А.Л., Лоскутов А.А., Пелевин П.С. (НГТУ им Р. Е. Алексеева) Методы цифровой фильтрации высокочастотных составляющих переходного процесса при ОМП ЛЭП	17
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Спектральный анализ электрической величины по малому числу отсчетов	23
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Итерационная адаптация многозвенного фильтра на малом числе отсчетов	31
Кудряшова М.Н., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Преобразования сигналов в алгоритмах выявления перемежающегося дугового замыкания в электрической сети	38
Степанова Д.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Оптимальные фильтры ортогональных составляющих для различных задач релейной защиты и автоматики	42

Александрова М.И., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Структурный анализ тока для оценки успешности управляемой коммутации	50
Атнишкин А.Б., Павлова К.В., Петров С.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Алгоритм коррекции нелинейно искаженного сигнала трансформатора тока	56
Беянин А.А., Смирнова И.В., Широкин М.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Применение координат Эдит Кларк в задачах релейной защиты	60
Лебедев А.А., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Анализ аварийных ситуаций в электроэнергетических системах по данным УСВИ	64
Елкин С.В., Колобродов Е.Н., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Применение векторных измерений для определения параметров АЛАР	68
Никитина А.Н., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Асинхронный режим электрической сети и способы его выявления	72
Алексеев В.С., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Выбор характеристики срабатывания АЛАР с учётом влияния погрешностей измерения входных величин	78
Наумов И.А., Онисова О.А. (ОАО «ВНИИР», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Исследование функционирования дистанционных защит при отклонениях частоты	83
Данилов С.А., Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И. (НИУ Московский Энергетический институт) Релейная защита распределительной сети при использовании обратной трансформации	88

Смирнов С.Ю., Онисова О.А. (ОАО «ВНИИР», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Анализ функционирования дистанционной защиты в сети с ветроэлектростанцией на базе асинхронного генератора с двойным питанием</i>	96
Атниськин А.Б., Кочетов И.Д., Лямец Ю.Я. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Алгоритмическое наблюдение энергообъекта</i>	101
Белянин А.А., Лямец Ю.Я., Чернов А.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Алгоритмическое наблюдение длинной линии в кратковременном переходном режиме</i>	107
Степанова Д.А., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Задачи классификации и глубокого обучения в релейной защите цифровой электроэнергетики</i>	116
Гордеев А.В., Иванов С.В., Мартынов М.В. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Усовершенствованный способ защиты дальнего резервирования</i>	123
Мартынов М.В., Никонов И.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Методика выбора уставок защиты дальнего резервирования с двухсторонним наблюдением</i>	131
Можжухина В.В., Колесов Л.М. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Выполнение дистанционной защиты, использующей информацию о токах питающих линий, для повышения чувствительности к коротким замыканиям на стороне низшего напряжения трансформатора смежной подстанции</i>	135
Сиразутдинов Ф.Р. (Казанский государственный энергетический университет) <i>Повышение надежности защиты автотрансформатора с учетом ближнего и дальнего резервирования</i>	139

Анисимова В.С., Наумов В.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Универсальный интерфейс "человек – машина" современного устройства релейной защиты и автоматики	144
Ильина Д.А., Семенов К.Г. (ООО «НПП «Динамика») Особенности тестирования цифровой блокировки при неисправностях цепей напряжения	147
Егоров В.С., Толстов Е.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Система мониторинга РЗА: разработка и испытание алго- ритмов	149
Петров В.В. (ООО «Научно-исследовательский центр ЧЭАЗ») Особенности реализации РЗА присоединений тяговых под- станций	152
Ефремов А.В., Ефремов В.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Особенности реализации НВЧЗ для линий с пофазным управ- лением выключателем	155
Засыпкин А.С. (мл.) (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) Релейная защита схем плавки гололёда на стальных грозозащитных тросах воздушной линии электропередачи	159
Бабичев А.С. (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) Применение наложенного тока для селективного контроля изоляции группы электродвигателей	162
Силанов Д.Н., Васильев Д.С. (ООО «НПП Бреслер») Комплекс резервной централизованной цифровой защиты ПС 35/10(6) кВ	166

Толстов Д.А., Шапеев А.А. (ОАО «ВНИИР») <i>Вопросы кибербезопасности микропроцессорных терминалов релейной защиты. Предложения по обеспечению безопасности базового ПО устройства</i>	171
Андреев Б.Л., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Дублирующие измерения на цифровой подстанции</i>	175
Лачугин В.Ф., Волошин А.А., Волошин Е.А., Благодарумов Д.О., Добрынин В.И. (НИУ Московский Энергетический институт) <i>Применение методов синхронизации по параметрам аварий- ного режима для реализации шины процесса по стандарту МЭК 61850</i>	179
Низамова Р.Р., Исаков Р.Г. (КНИТУ им. А.Н. Туполева) <i>Анализ работы дистанционной защиты линии электропередач оснащенной устройством продольной компенсации</i>	185
Метелев И.С., Ярков И.Г., Исаков Р.Г. (КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева) <i>Разработка цифровой модели сети Microgrid для исследования работы релейной защиты</i>	189
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕК- ТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	194
Евдаков А.Е., Яблоков А.А., Лебедев В.Д. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Разработка имитационной модели электромагнитного трансформатора тока с учетом эффектов насыщения и ос- таточной намагниченности магнитопровода</i>	194
Виноградов С.Э. (ООО «НПП «Динамика») <i>Исследование переходных процессов в ёмкостном трансфор- маторе напряжения</i>	198

Иванов Н.Г., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Анализ переходных процессов в компенсированной ЛЭП СВН в цикле интеллектуального АПВ</i>	201
Литвинов С.Н., Лебедев В.Д., Кутумов Ю.Д. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Разработка способа снижения вероятности пробоя полимерной изоляции и мониторинг ее состояния в цифровых измерительных трансформаторах</i>	212
Васильева А.В. (ООО «НПП «Динамика») <i>Проверка высоковольтных выключателей с помощью прибора РЕТОМЕТР-МЗ</i>	215
Федоров А.О., Солдатов А.В., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Методика выбора параметров выходного фильтра солнечной электростанции</i>	218
Федотов А.Ю., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Задачи и методы поддержания эффективности солнечных электрических станций</i>	224
Гвоздев Д.Б., Архангельский О.Д. (НИУ Московский Энергетический институт) <i>Подходы к проведению исследований безопасности электроэнергетических систем с применением полунатурных моделей</i>	231
Андреева Е.А., Солдатов А.В., Наумов В.А., Марков Н.Ю. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Достоверизация параметров режима в системах управления цифровой сети</i>	235
Мозохин А.Е., Староверов Б.А. (филиал ПАО "МРСК Центра"- "Костромаэнерго", Костромской государственный университет) <i>Цифровая платформа интеллектуальных сервисов региональной сетевой компании</i>	240
Кубарьков Ю.П., Титов П.А. (Самарский государственный технический университет) <i>Оптимизация режимов работы электрических систем с активно-адаптивными сетями</i>	245

Болтунов А.П., Васильев С.П., Карпенко В.И., Волошин А.А., Волошин Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) Интеллектуальная система прогнозирования нагрузки потребителей в микрогрид-системах	254
Васильев С.П., Болтунов А.П., Карпенко В.И., Волошин А.А., Волошин Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) Разработка интеллектуальной системы агрегированного управления нагрузкой потребителей в микрогрид-системах	260
Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И., Дорофеев И.Н., Смирнов В.С. (НИУ Московский Энергетический институт), ООО «ПиЭлСи Технолоджи») Применение интеллектуальных систем управления для повышения надежности распределительных сетей	267
Бурмейстер М.В., Точилкин В.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Проблемы недоучёта электрической энергии в сетях комму- нального электроснабжения	274
Волошин А.А., Волошин Е.А., Карпенко В.И., Васильев С.П., Болтунов А.П. (НИУ Московский Энергетический институт) Интеллектуальное устройство потребителя. Умный счетчик для управления электропотреблением	279
Клинский Д.Д. (НИУ Московский Энергетический институт) Автоматизированная система отопления с тангенциальным вентилятором	287
Расулзода Х.Н., Щедрин В.А. (Компания «SINOHYDRO-HYDROCHINA», Республика Таджи- кистан, ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Исследование переходных процессов в обмотке ротора гидро- генератора при различных коротких замыканиях в энергосистеме с учетом действия АРВ	291
Волошин А.А., Рогозинников Е.И., Лукина Ю.К., Михайлов Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) Адаптивная система регулирования напряжения на ПС	297

Научное издание

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

Публикуется без редактирования

Отв. за выпуск А.А. Наволочный, О.А. Онисова

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

Подписано в печать 08.04.2019. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 18,02.
Тираж 300 экз. Заказ № 464.

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