МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АО «СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»
ПАО «ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»
CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES – CIGRE
РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОВЕТА ПО БОЛЬШИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ (РНК СИГРЭ)
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «НАДЕЖНАЯ СМЕНА»

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ-2016

**Материалы**
**VII Международной молодёжной научно-технической конференции**
**19 – 23 сентября 2016 года**

Том III

Казань
2016

УДК 621.31
ББК 31.2
Э45

**Электроэнергетика глазами молодежи-2016:** материалы VII Международной научно-технической конференции, 19 – 23 сентября 2016 г., Казань. − В 3 т. Т. 3. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 379 с.

В третий том сборника трудов включены статьи, принятые программным комитетом конференции, в которых отражены результаты исследований по основным научным направлениям секций «Информационные и телекоммуникационные системы в электроэнергетике»: автоматизированные системы диспетчерского и технологического управления, системы измерения, сбора и передачи информации в электроэнергетике, кибербезопасность в электроэнергетике; «Перспективные направления развития и экономика электроэнергетики»: распределенная энергетика и собственная генерация потребителей энергии, силовая электроника и электропередачи постоянным током высокого напряжения, мониторинг переходных режимов и регистрация аварийных событий, экология в электроэнергетике, рыночные механизмы в электроэнергетике, и «Образовательные технологии и программы подготовки специалистов для электроэнергетики»: программы и методики повышения квалификации работников, реновация образовательных процессов профильных кафедр вузов по подготовке специалистов для электроэнергетической отрасли, развитие систем тренажерной подготовки. В работе конференции приняли участие инженеры, ученые и специалисты отраслевых научно-исследовательских, проектных, эксплуатационных электроэнергетических организаций и компаний, а также академических институтов и высших учебных заведений электроэнергетического профиля России и других стран. Интерес вызвают работы студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы сборника предназначены для научных работников и специалистов, в сфере электроэнергетики.

ISBN 978-5-89873-462-6
ISBN 978-5-89873-463-3

**Ответственный редактор:**
Э.В. Шамсутдинов, к.т.н., проректор по научной работе КГЭУ.

**Редакционная группа:** А.В. Гофман, А.Р. Ахметшин, И.А. Муратаев.

**Рецензенты:**
А.Р. Вериго, к.т.н., руководитель группы автоматизированных систем технологического управления ЗАО «РТСофт», секретарь подкомитета РНК СИГРЭ D2 «Информационные системы и телекоммуникации»;
Т.А. Садреев, начальник САСДУ Филиала АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана;
В.В. Косулин, к.т.н., заведующий кафедрой информатики и информационно-управляющих систем КГЭУ;
С.Ю. Ситников, к.т.н., доцент кафедры информатики и информационно-управляющих систем КГЭУ;
Р.С. Литвиненко, к.т.н., доцент кафедры электротехнических комплексов и систем КГЭУ;
П.В. Илюшин, к.т.н., заместитель генерального директора – главный инспектор ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС», руководитель подкомитета РНК СИГРЭ С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация»;
Д.А. Ивановский, главный специалист отдела оперативного контроля энергообъектов ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС», секретарь подкомитета РНК СИГРЭ С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация;
А.С. Герасимов, заместитель генерального директора ОАО «НТЦ ЕЭС» (НИИПТ);
Р.Н. Хизбуллин, к.т.н, доцент кафедры электротехнических комплексов и систем КГЭУ;
А.Л. Сивков, начальник экологической службы ОАО «Генерирующая компания»;
Н.З. Бахтеева, к.т.н., доцент кафедры экономики и организации производства КГЭУ;
И.О. Волкова, д.э.н., профессор, зам. директора Института проблем ценообразования и регулирования естественных монополий НИУ «Высшая школа экономики»;
К.В. Суслов, к.т.н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники ИРНИТУ;
В.И. Полищук, заведующий кафедрой электроснабжения промышленных предприятий СамГТУ;
Ю.В. Жилкина, к.э.н., ведущий эксперт отдела организации технического обслуживания и ремонта подстанций ПАО «ФСК ЕЭС»;
Е.В. Басов, главный эксперт отдела внедрения инноваций в производство электротехнического оборудования ПАО «ФСК ЕЭС»;
Е.В. Власюк, начальник службы управления персоналом Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Средней Волги;
Р.Р. Тактамышева, к.филос.н., доцент кафедры электрооборудования и электрохозяйства предприятий, организаций и учреждений КГЭУ;
В.П. Будовский, д.т.н., заместитель руководителя Центра тренажерной подготовки персонала АО «СО ЕЭС»

© Министерство образования и науки Российской Федерации, 2016
© ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», 2016
© Авторы, 2016

# Влияние нагрузки на точность определения места повреждения в распределительных электрических сетях среднего напряжения

Ф.Р. Сиразутдинов, А.М. Туитяров, А.С. Ласкина, Э.Ф. Хакимзянов, Р.Г. Мустафин
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
Казань, Россия
eig86@mail.ru

**В работе представлен алгоритм ОМП, который с учетом компенсации влияния нагрузки сети позволяет повысить точность ОМП в электрических сетях среднего напряжения. Практическая реализация предложенных способов ОМП возможна с помощью микропроцессорного устройства.**

***Ключевые слова: электрические сети среднего напряжения, определение мест повреждений, межфазные короткие замыкания, однофазное замыкание на землю, двойные замыкания на землю, среда моделирования MatLab, измерительный орган сопротивления.***

# Influence of load on the accuracy of fault location in distribution networks of medium voltage

F.R. Sirazutdinov, A.M. Tuityarov, A.S. Laskina, E.F. Khakimzyanov, R.G. Mustafin
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Russian Federation
eig86@mail.ru.

**The paper presents the fault location algorithm with compensation of the influence of the network load allows to improve the accuracy of WMD in electric networks of medium voltage. Practical implementation of the proposed fault location methods possible with the help of microprocessor devices**

***Keywords: electric networks of medium voltage, fault location, phase short circuit, single-phase ground fault, double ground fault, MatLab simulation environment, measurement body of impedance.***

## I. Введение

Современные методы определения мест повреждений по параметрам аварийного режима подразумевают под собой допущения, искажающие результаты расчета расстояния до места повреждения. К таким допущениям относится исключение влияния тока нагрузки или переходного сопротивления в месте короткого замыкания. Совершенствование методов ОМП по ПАР, а также использование параметров доаварийного режима позволит уменьшить погрешность ОМП.

## II. Описание предлагаемого метода

Метод предназначен для определения расстояния до места междуфазного короткого замыкания тупиковой линии с помощью односторонних измерений с учетом переходного сопротивления в месте короткого замыкания и нагрузки.

Расчет производится с использованием параметров доаварийного и аварийного режимов.

На рис. 1 представлена исходная схема рассматриваемой сети.

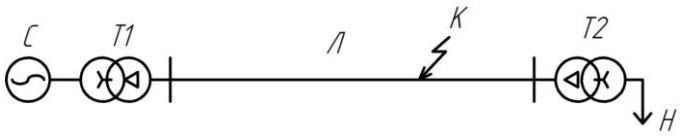


Рис. 1. Схема сети

Постановка задачи: необходимо рассчитать расстояние до места двухфазного короткого замыкания в сети 10 кВ с изолированной нейтралью при помощи односторонних измерений.

Поставленная задача реализована в наглядном и эффективном графическом средстве имитационного моделирования – пакете Simulink программы MatLab. Построена модель, изображенная на рис. 1, наиболее полно отражающая переходные процессы, происходящие в сети при коротком замыкании.

Для упрощения вывода формул объединим сопротивление трансформатора Т2 и нагрузки Н и обозначим его на рис. 2 как $Z_3$.

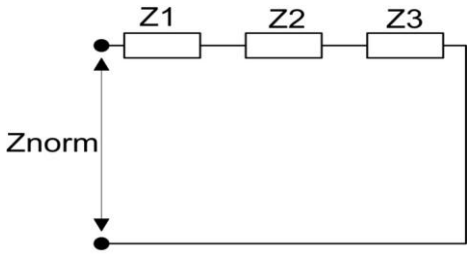


Рис. 2. Сопротивление схемы в нормальном режиме

На рис. 2:

$$Z_{\text{norm}} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{U_{AB}}{I_A - I_B} = r_n + ix_n, \qquad (1)$$

где $Z_{\text{norm}}$ – сопротивление, полученное по приборам в начале линии в доаварийном режиме (это сопротивление вычисляется теми же приборами, которые вычисляют сопротивление короткого замыкания на рис. 3); $r_1$, $r_2$ – сопротивление линии. При этом $Z_L$ – известная величина, равная длине всей линии:

$$Z_L = Z_1 + Z_2, \qquad (2)$$

$Z_3$ – сопротивление нагрузки, равное

$$Z_3 = Z_{\text{norm}} - Z_L. \qquad (3)$$

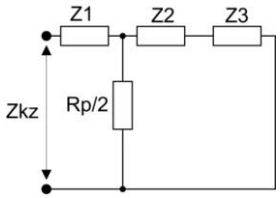


Рис. 3. Сопротивление схемы в аварийном режиме

На рис. 3:

$$Z_{kz} = Z_1 + \frac{\frac{R_p}{2}(Z_2 + Z_3)}{\frac{R_p}{2} + Z_2 + Z_3} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{U_{AB}}{I_A - I_B}, \qquad (4)$$

где $Z_{kz}$ – сопротивление короткого замыкания, полученное по приборам в начале линии.

Отношение активного и реактивного сопротивления линии $Z_{kz}$ до места повреждения является постоянной величиной:

$$\frac{r_1}{x_1} = \frac{r_{\text{уд}} \cdot L}{x_{\text{уд}} \cdot L} = \frac{r_{\text{уд}}}{x_{\text{уд}}} = C. \qquad (5)$$

Решением уравнения (5) является полином 3-й степени с переменной $x_1$:

$$C_0 + C_1 x_1 + C_2 x_1^2 + C_3 x_1^3 = 0. \qquad (6)$$

Искомое расстояние будет вычисляться по формуле

$$L = \frac{x_1}{x_{\text{уд}}}. \qquad (7)$$

Описанный алгоритм определения места повреждения реализуется удобным способом выполнения групп команд MatLab с использованием М-файлов, в которых можно набирать команды, выполнять их все сразу или частями, сохранять в файле и использовать в дальнейшем.

Для выявления зависимости между мощностью нагрузки, величиной переходного сопротивления в месте короткого замыкания и погрешностью ОМП были проведены соответствующие расчеты в MatLab.

Согласно оценке переходного сопротивления в реальных условиях эксплуатации, на основе данных о зарегистрированных повреждениях линий электропередачи с известным истинным местом повреждения [1], для большинства повреждений оценка переходного сопротивления лежит в диапазоне до 5 Ом. Следовательно, погрешность ОМП согласно представленной методике не будет превышать 1 %.

## III. Выводы

Представленный метод позволяет достигнуть высокой точности ОМП даже при повреждениях, удаленных на расстояние свыше 50 км от места установки измерительных органов. Стоит отметить, что погрешность не будет увеличиваться с увеличением расстояния. Важным преимуществом перед традиционным методом ОМП по ПАР также является меньшая зависимость точности расчета от соотношения между величинами сопротивления нагрузки, линии и переходного сопротивления.

## Список литературы

[1] Подшивалин А.Н., Исмуков Г.Н. Адаптация методов определения места повреждения к современным требованиям эксплуатации линий электропередачи // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем, 3 – 7 июня 2013 г. – Екатеринбург, 2013. – 6 с. (references).

# Содержание

## 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ


| | |
|---|---|
| *Абдурахманова К.Р.* Информационная система контроля энергоресурсов станции | 6 |
| *Алехин Р.А.* Создание генератора тестовых сигналов телеизмерений и телесигнализации | 8 |
| *Андреева Ю.И.* Анализ и совершенствование программного обеспечения для определения параметров переходных режимов по данным регистраторов аварийных событий | 10 |
| *Атласова А.А.* О проблемах надежной работы трансформаторного электрооборудования в городских электрических сетях | 14 |
| *Бартоломей П.И., Котова Е.Н., Лебедев Е.М., Максименко Д.М., Нелюбин И.С.* Влияние априорной обработки телеметрической информации на результаты оценивания состояния ЭЭС | 16 |
| *Берг А.Ю., Бухаров Д.С., Гусев Р.А., Танирбергенов Е.Т.* Об автоматизации настройки устройств АЛАР | 20 |
| *Билалов Ф.Ф.* Дистанционное секционирование воздушных линий 6 кВ с целью повышения производительности труда и сокращения потерь нефти | 22 |
| *Борцов Д.В., Кац И.М.* Визуализация CIM-описания объекта | 24 |
| *Быкиев А.А., Минуллин Р.Г., Филимонова Т.К., Касимов В.А.* Автоматизация контроля гололедообразования на проводах воздушных линий электропередачи | 26 |
| *Васильев А.С., Гурин Т.С., Руденко Н.Ю., Симонов И.В.* Программа дорасчета телеизмерений и телесигнализации с графическим интерфейсом создания алгоритмов | 28 |
| *Гольдштейн В.Г., Шестова М.М.* О применении статистического интеллектуального анализа аварийности электрооборудования 6 – 500 кВ электрических сетей Поволжского региона | 30 |
| *Горячев В.Я., Алексеев А.А., Лазарев А.Н.* Электронно-оптическая система измерений параметров тока линий электропередач высокого и сверхвысокого напряжения | 32 |
| *Горячев М.П., Гайнутдинов А.Р., Зиннатуллина Д.Р., Киреев Н.М.* Программно-аппаратный комплекс на базе БПЛА для обследования протяженных объектов энергетики | 36 |
| *Данилова О.О., Шумуртова Е.В., Будникова И.К.* Использование геоинформационной системы Zulu для решения прикладных задач энергетики | 40 |
| *Ерошенко С.А., Загидуллин М.Р., Сенюк М.Д., Кузнецов К.А.* Инфографика уровней токов коротких замыканий для повышения качества решений по оперативному управлению и развитию энергосистемы региона | 44 |
| *Жгун К.В., Чемборисова Н.Ш.* Разработка формализованного алгоритма управления режимами ЭЭС с учетом неоднородности сети | 48 |
| *Замыслов И.Д.* Модель системы управления активами на основе онлайн-мониторинга технического состояния электроэнергетического оборудования для подстанции 220 кВ «Южная» | 52 |
| *Занин А.С., Бушмелева К.И.* Уязвимости низкоуровневых протоколов как инструменты для атаки на SCADA-системы | 57 |
| *Иманова Е.В., Будникова И.К.* Применение теории систем массового обслуживания для моделирования бизнес-процессов | 59 |
| *Казымов А.П., Прутик А.Ф.* Анализ требований CIM-стандартов в части описания графической информации в SCADA/EMS-системах | 61 |
| *Касимов В.А., Минуллин Р.Г.* Обработка рефлектограмм зондирования воздушных линий электропередачи | 65 |
| *Киржацких Е.Р., Козлов В.К.* Устройство для измерения напряжения в высоковольтных цепях с емкостным источником питания | 69 |
| *Коваленко П.Ю., Бердин А.С., Зудихина Ю.В.* Сравнение методов экспресс-анализа низкочастотных колебаний в энергосистемах на основе данных измерений | 73 |
| *Костюкова С.С., Рыбасова О.С.* Достоверизация измерений PMU-устройств | 77 |
| *Кочнева Е.С., Паздерин А.В., Крохин А.* Влияние количества уровней измерения на точность расчетной оценки при достоверизации данных систем учета электроэнергии | 79 |
| *Левин Д.С.* Питание отбором мощности от фазного провода системы телеметрии гололедно-изморозевых отложений | 83 |
| *Маямсин В.И., Будникова И.К.* Разработка программного модуля для исследования эффективности модернизации оборудования на примере цифровых счетчиков в АСКУЭ | 85 |
| *Низамутдинова Т.Т., Мухлынин Н.Д.* Возможности спектрального анализа для идентификации состава электропотребителей | 87 |
| *Носов М.А., Чугунов Ю.С.* Расширение возможностей системы телемеханики АСКУЭ «ДИСК-110» при внедрении контроллера ШФК-МТ на подстанциях | 91 |
| *Осипчук В.В.* Создание Единой системы сбора неоперативной технологической информации для АО «СО ЕЭС» | 93 |
| *Пикалов А.И., Галимов Р.Р., Хазимов М.В.* Анализ угроз дистанционного несанкционированного доступа удаленных технологических объектов электроэнергетики | 97 |
| *Поляков И.Д., Парамонов П.А.* Перспективы развития программы контроля перетоков и ограничений в сечениях (АИС «Enersys СОДП» КПОС) | 101 |
| *Раитин М.Д.* Разработка автоматизированного метода мониторинга синхронных качаний в энергосистеме по данным ТИ активной мощности | 105 |
| *Садыков М.Ф., Ширяев Р.Р., Ямбаева Т.Г., Горячев М.П.* Программно-аппаратный комплекс управления внутренним освещением | 107 |
| *Съёмщиков Е.С.* Распознавание успешно произведенных кибератак в условиях низкой избыточности измерений по результатам ДиОС ЭЭС | 111 |
| *Тимофеева Я.А., Зеленин А.С., Гуриков О.В.* Сопоставление различных методов измерения частоты электрического тока | 115 |
| *Туманов Д.А., Чуваков Н.И., Ясинский И.Ф.* Об опыте применения нейронных сетей для прогнозирования процессов | 117 |
| *Федотов В.В.* Сравнительный анализ систем мониторинга ВОЛС для современных сетей Smart Grid | 121 |
| *Хапаева А.В.* Разработка программного кода обработки телеметрической информации для решения режимных задач | 125 |
| *Якупов А.Б.* Использование современных методов обеспечения надежности вычислительных систем при организации виртуальных ИТ-инфраструктур диспетчерских центров | 129 |
| *Яруллин М.Р., Минуллин Р.Г.* Исследование влияния локационных сигналов на работу систем высокочастотной технологической связи по линиям электропередачи | 133 |

## 6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ЭКОНОМИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ


| | |
|---|---|
| *Dmitrieva A.S.* Weighted sum approach in applying to evaluation of distributed generation design effectiveness in scale of a specific industrial customer | 138 |
| *Аллаева Г.Ж.* Роль топливно-энергетического комплекса в устойчивом развитии экономики Республики Узбекистан | 142 |
| *Ананичева С.С., Белокобыльский Д.С.* Прогнозирование показателей развития электроэнергетических систем | 145 |
| *Андреев Р.В.* Оптимизация состава и параметров автономного ветродизельного комплекса | 149 |
| *Белов О.Е., Павленок А.М.* Автономные фотоэлектрические системы электроснабжения на основе генераторов с водородным первичным двигателем | 153 |
| *Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Нгуен Ван Хуан.* Применение прогностических регуляторов для управления режимами систем электроснабжения с установками распределенной генерации | 157 |
| *Бушуева О.А., Гудков В.А.* Исследование устойчивости систем электроснабжения с распределенной генерацией | 161 |
| *Бык Ф.Л., Мышкина Л.С., Фишов А.Г.* Малая генерация и живучесть энергосистемы | 165 |
| *Ванин А.С., Сайфутдинов Т., Тульский В.Н.* Система централизованного управления напряжением в интеллектуальных распределительных сетях | 169 |
| *Ведерников А.С., Балукова Е.А.* Выявление корреляционной связи между условным расходом топлива и электропотреблением собственных нужд ТЭЦ | 173 |
| *Волков А.В.* Построение целостной системы достоверизации данных телеметрической информации с регистраторов переходных процессов от объекта до диспетчерского центра энергосистемы | 176 |
| *Воронов П.Л.* Расчет режимов систем электроснабжения с распределенной генерацией методом диакоптики | 180 |
| *Галлямова Л.Х.* Оценка влияния на электроэнергетический режим энергосистемы Республики Татарстан объектов распределенной генерации | 184 |
| *Гарипов Р.Р., Хантимеров С.М., Киржек К., Сулейманов Н.М.* Системы преобразования и хранения электроэнергии на основе литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов | 186 |
| *Герасимов Д.О., Уколова Е.В.* Алгоритм расчета экономической эффективности строительства распределенной генерации | 190 |
| *Гнетова Д.А., Полищук В.И.* Исследование нечетких признаков неисправности роторного оборудования СГ | 194 |
| *Гольдштейн В.Г., Матвеев Г.А., Можаев В.Д., Суровешкин И.А.* Воздействие электромагнитных полей на технические и биологические объекты в мегаполисах | 198 |
| *Громова Г.А., Елизарьев А.Ю., Громов В.Е.* Комплексная система контроля гололедно-ветровых нагрузок на воздушных линиях электропередачи | 202 |
| *Жилкина Ю.В.* Экономический механизм инновационного стратегического управления энергетической безопасностью | 207 |
| *Жуков А.В., Дубинин Д.М., Опалев О.Л.* Результаты идентификации источников низкочастотных колебаний в ЕЭС России по данным СМПР | 211 |
| *Закотнов А.О., Абуладзе Р.Р., Калашников А.И., Неведров В.В., Надтока И.И.* Моделирование суточных графиков освещенности и температуры воздуха при краткосрочном прогнозировании электропотребления | 215 |
| *Захаров В.М., Смирнов Н.Н., Румянцев Е.С., Фламан Б.* Генерация электрической энергии за счет применения энергоэффективных панелей с солнечными батареями в окнах | 217 |
| *Исаева Е.Б.* Совершенствование системы управления охраной окружающей среды посредством разработки и внедрения системы поведенческих аудитов экологической безопасности | 219 |
| *Карджаубаев Н.А.* Мультиагентное регулирование напряжения в электрических сетях | 222 |
| *Карпов Н.Д., Чернов Д.А., Дерюгина Г.В.* Исследование целесообразности внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ) в локальную энергосистему о. Попова | 226 |
| *Клименко В.В., Касилова Е.В., Терешин А.Г.* Анализ зарубежного опыта энергоснабжения субарктических территорий | 230 |
| *Клименко В.В., Клименко А.В., Терешин А.Г., Касилова Е.В., Рекуненко Е.С.* Оценка влияния климатических изменений на работу энергетических ГТУ | 234 |
| *Козлова Ю.А., Ильин Е.Т.* Выбор оптимального значения коэффициента теплофикации при строительстве ТЭЦ в современных условиях | 238 |
| *Козюков Д.А., Цыганков Б.К., Богдан А.В.* Дополнительное и резервное электроснабжение фермерских хозяйств с помощью автономно-сетевых фотоэлектрических установок | 242 |
| *Крицкий М.В., Полищук В.И.* Разработка системы мониторинга технического состояния обмотки ротора турбогенератора | 246 |
| *Крупенев Д.С., Шамарова Н.А.* Оценка надежности систем электроснабжения при интеграции возобновляемых источников энергии | 250 |
| *Кубарьков Ю.П., Макаров Я.В.* Система управления изолированной электрической сетью с распределенными источниками электроэнергии | 252 |
| *Кузьмин Е.В., Лысак В.И., Кузьмин С.В., Пеев А.П.* Перспективы создания новых энергосберегающих композиционных переходных элементов и узлов электротехнического назначения | 256 |
| *Марченко А.И.* Разработка теоретических основ системы интеллектуального учета энергии и услуг в сетях Smart Grid | 260 |
| *Муканина А.А., Герасимов Д.О., Суслов К.В.* Концепция энергетического хаба в составе интегрированных систем энергоснабжения | 262 |
| *Мухлынин Н.Д., Паздерин А.В.* Ценовая модель распределения электроэнергии в сетях 35, 6–10 кВ | 265 |
| *Нефатова К.В.* Оценка эффективности реформирования рынков в электроэнергетике | 269 |
| *Никишин К.А., Толстихина Е.А., Сема Е.Г., Толстихина Л.В.* Использование гидроэнергетических ресурсов южных районов Сибири для строительства малых ГЭС | 273 |
| *Пержабинский С.М., Крупенев Д.С.* Анализ балансовой надежности электроэнергетических систем с ветряными электростанциями | 277 |

*Прохоров С.В.* Применение токоограничивающих реакторов 110 – 220 кВ для снижения потерь электроэнергии и оптимизации перетоков активной мощности 281
*Сандаков В.Д., Валеев И.М.* Особенности применения изотропных электродов для очистки газов в поле стримерной короны 285
*Семененко С.И., Семенов Г.В.* Применение генетических алгоритмов для определения оптимального состава сетевых элементов в задаче оптимизации развития электрических сетей 287
*Сигитов О.Ю., Чемборисова Н.Ш.* Разработка метода рациональной расстановки источников генерации в крупных узлах нагрузки 291
*Сиразутдинов Ф.Р., Туитяров А.М., Ласкина А.С., Хакимзянов Э.Ф., Мустафин Р.Г.* Влияние нагрузки на точность определения места повреждения в распределительных электрических сетях среднего напряжения 295
*Смирнов К.С.* Методический подход для оценки влияния факторов риска на эффективность экспортных проектов электроэнергии и результаты исследования 297
*Смоленцев Н.И., Кондрин С.А.* Сверхпроводящий электрокинетический накопитель энергии для локальных электрических сетей 301
*Соснина Е.Н., Шалухо А.В., Кечкин А.Ю., Шумский Н.В.* Оптимизация структуры виртуальной электростанции с большой долей распределенной генерации 305
*Тимусь А.А.* Перспективы и проблемы развития распределенной генерации в электрических сетях 309
*Токарь К.А., Андреев А.Н.* Оценка эффективности управления мощностью передачи постоянного тока с целью сохранения динамической устойчивости энергосистемы 313
*Тульский В.Н., Березовский В.С.* Сравнительный анализ эффективности распределительных сетевых компаний 315
*Тупикина А.А.* Факторный анализ потребления топливно-энергетических ресурсов промышленными предприятиями 319
*Чекан Г.В., Суслова О.В.* Оценка уровня надежности Выборгской преобразовательной подстанции с использованием программного комплекса «DoRI_CL» 323
*Шушпанов И.Н., Уколова Е.В.* Применение возобновляемых источников электроэнергии для питания собственных нужд нефтегазопроводов 327

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Антипин А.С., Удинцев В.Н., Фризен В.Э., Назаров С.Л.* Интеллектуальная лаборатория «Автоматизированные системы электроснабжения предприятия» 332
*Бурлак Е.С., Степанова О.С.* Повышение эффективности подготовки работников организаций электроэнергетики посредством программно-аппаратного комплекса «Персонал» 336
*Вафин Р.И., Кремлева О.В., Токарев Д.Н.* Применение современных учебно-лабораторных тренажеров для повышения эффективности обучения 340
*Возисова О.С., Кокшарова Е.Ю., Егоров А.О., Снегирев Д.А.* Обновленный конструктор электроэнергетических систем 342
*Дремлюга А.Б., Сошинов А.Г.* Внедрение программ и методик повышения квалификации работников электроэнергетической отрасли для выполнения работ под напряжением 346
*Ерохин П.М., Куликов Ю.А.* Корпоративная подготовка инженеров в России в контексте Всемирной инициативы CDIO 350
*Зонов И.С., Бузунов И.М., Кузнецов К.А., Возисова О.С., Снегирёв Д.А., Ременюк Н.В., Титова С.А.* Конструктор электроэнергетических систем. Модели электросетевых объектов и действующие модели 355
*Кох А.В.* Разработка лабораторного стенда по исследованию экранирующих свойств электромагнитных экранов 359
*Кузнецов К.А., Возисова О.С., Титова С.А., Егоров А.О.* Обратный инжиниринг и создание конструкторской документации силового трансформатора ТДН-40000 с применением технологии лазерного сканирования 361
*Локтев Н.Ф., Усков Д.А., Менделеев Д.И., Марьин Г.Е.* Использование компьютерного тренажера ПГУ на базе ПГУ-110 Казанской ТЭЦ-2 для подготовки студентов и работников станции 365
*Москалёв С.А.* Выбор оптимальных алгоритмов моделирования элементов сети в перспективном диспетчерском тренажёрном комплексе с использованием искусственного интеллекта 367
*Пушка А.Н., Жуасов И.Б., Громовой Е.А.* Пункт тренажерной подготовки персонала 369
*Трифонов Е.В., Будовский В.П.* Экспериментальная проверка качества моделирования нарушений нормального режима ЕЭС России 371
*Шишков Е.М., Ведерников А.С.* О рациональном порядке разработки основных профессиональных образовательных программ по направлению «Электроэнергетика и электротехника» 374

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ – 2016

Материалы VII Международной молодежной
научно-технической конференции
19 – 23 сентября 2016 года
Том 3

Редактор редакционно-издательского отдела Н.А. Мустакимова
Компьютерная верстка и дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 01.09.2016. Формат 60х84/8.
Печать плоская. Усл. печ. л. 43,06. Уч.-изд. л. 47,38.
Тираж 50 экз. Заказ №
ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет»,
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51
Типография ООО «Астория и К»
420015, г. Казань, ул. Жуковского, 28а, подъезд № 5