

**АО «НТЦ ФСК ЕЭС»**

**Аннотированный бюллетень  
новых поступлений  
в техническую библиотеку**

**2019 г. № 8**

**Москва, 2019 г.**

**СОДЕРЖАНИЕ**

	стр.
<b>ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА</b>	<b>3</b>
<b>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ</b>	<b>3</b>
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ</b>	<b>5</b>
<b>ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ</b>	<b>7</b>
<b>ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ</b>	<b>8</b>
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ИЗОЛЯЦИЯ</b>	<b>11</b>
<b>РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ</b>	<b>20</b>
<b>ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА. СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА</b>	<b>22</b>
<b>ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ</b>	<b>23</b>
<b>КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ</b>	<b>24</b>
<b>ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ</b>	<b>24</b>

## **ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

### **1. Первый в истории России международный симпозиум, посвященный внедрению методов работы под напряжением.**

[С 31 июля по 2 августа в Республике Татарстан впервые в истории России прошел международный симпозиум, посвященный внедрению методов работы под напряжением (РПН). Организатором мероприятия выступила ОАО «Сетевая компания», которая на протяжении 10 лет активно внедряет технологии производства работ без снятия напряжения на объектах электросетевого комплекса Татарстана].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 28**

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

### **2. Обоскалов В.П., Менаем А.А., Кирпиков А.В. Оценка вероятностных параметров дефицита мощности в концентрированной ЭЭС.**

[В рамках задачи оценки балансовой надежности электроэнергетических систем (ЭЭС) рассматриваются расчетные процедуры определения вероятностных показателей дефицита мощности в концентрированных ЭЭС. Показано, что наилучшим методом для оценки искомых показателей является отдельный учет генерации и нагрузки. Показано место полной свертки вероятностных рядов генерирующей мощности при оценке погрешности вероятностного моделирования состояний генерирующих групп. Для сравнения и обоснования аналитических моделей определено допустимое для обеспечения приемлемой точности решения число испытаний в методе статистического моделирования (Монте-Карло). Рассмотрена допустимость и возможность практического применения нормального распределения для описания системы генерации при определении вероятностных параметров дефицита мощности в концентрированной ЭЭС с нормально распределенной мощностью нагрузки. Предложена математическая процедура коррекции функции распределения небаланса мощности рядом Грама-Шарлье, что позволяет существенно улучшить качество решения по сравнению с применением для системы генерации нормального распределения без коррекции. Показана возможность применения метода фон Мизеса при объединении разнотипных генераторных групп с отличающимися вероятностными распределениями располагаемой мощности. Дано сопоставление данного метода с методом эквивалентирования по двум параметрам: математическому ожиданию и дисперсии].

**Известия РАН Энергетика, 2019, № 4, 16**

### **3. Илюшин П.В., Куликов А.Л. Особенности реализации автоматки управления режимами энергорайонов с объектами распределительной генерации.**

[Приведены результаты интеграции объектов распределенной генерации (РГ) в распределительные электрические сети и сети внутреннего электроснабжения промышленных предприятий. Показано, что количество дополнительных устройств релейной защиты и автоматки, включая противоаварийную автоматку, становится значительно больше, а их стоимость сопоставима со стоимостью объекта РГ. Представлены предпосылки к созданию в энергорайонах с объектами РГ автоматки управления нормальными и аварийными режимами (АУНиАР). Обосновано применение в качестве датчиков АУНиАР в сетях среднего и низкого напряжения устройств синхронизированных векторных измерений. Представлены основные принципы построения и функциональные задачи, реализуемые в АУНиАР. Обоснована возможность реализации АУНиАР с использованием результатов offline расчетов режимов, с последующим переходом на применение программного комплекса расчетов установившихся и переходных процессов в режиме on-line].

**Релейная защита и автоматизация, 2019, № 3(36), 14**

### **4. Телятник А.Г., Васьковская Т.А. Ускорение метода последовательного квадратичного программирования в задаче оптимизации установившихся режимов ЭЭС.**

[В работе предложен подход, позволяющий существенно ускорить расчет суточного оптимального установившегося режима электроэнергетической системы (ЭЭС) большой размерности в полной нелинейной постановке. Ускорение достигается за счет упрощения матрицы вторых производных, используемой в методе последовательного квадратичного программирования (ПКП). Сравнение решения задачи оптимизации с известными методами показывает существенное преимущество предлагаемого метода по времени решения и объему занимаемой оперативной памяти. Сформулированы условия применимости данного подхода в общем случае задачи оптимизации с нелинейными ограничениями. Проведены тестовые расчеты для тестовой ЭЭС Польши с 2736 узлами и увеличенной втрое тестовой ЭЭС Польши за один и 24 часовых интервалов. Показано, что по сравнению с известными методами время расчета снижается при росте размерности задачи].

**Известия РАН Энергетика, 2019, № 4, 3**

## **5. Инновационная концепция построения распределительных сетей (надежность, защита, автоматизация).**

[Статья о применении технических решений концерна Ensto при проектировании распределительных сетей и кабельных линий электропередачи и при монтаже средств автоматизации без снятия напряжения написана по материалам выступления Д.Г. ШАМАНОВА на международном симпозиуме, посвященном внедрению методов работы под напряжением (РПН), прошедшем в начале августа 2019 года в Республике Татарстан].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 36**

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

## **6. Любарский Ю.Я., Хренников А.Ю. Интеллектуальные АСДУ. Доска объявлений для объемных решений.**

[В интеллектуальных АСДУ электрическими сетями предполагается использование множества интеллектуальных агентов (ИА) – программных модулей, разработанных на основе технологии экспертных систем и моделей рассуждений специалистов. Эти ИА охватывают задачи анализа нештатных ситуаций, восстановления после аварии, планирования и проработки заявок на ремонты и др. Все эти ИА (назовем их ИАЭ – экспертными) являются однородными, они относятся к одной области компетенции – оперативному диспетчерскому управлению. Они имеют общую базу знаний (топология электрической сети, включая РЗА) и соответственно – общий словарь, на основе которого в ИА формулируются естественно-языковые вопросы. Для однородных ИА несложно организовать управление – они могут инициироваться пользователями или вызываться «друг из друга»].

**Новости электротехники, 2019, № 3, 30**

## **7. Никитина Е.В., Полуэктов А.Н., Кох С. Цифровой двойник для электрических сетей.**

[IT-среда энергокомпаний включает в себя большое количество различных программ и приложений, что приводит к отсутствию единого согласованного источника информации о сети. Зачастую различные отделы энергокомпаний работают с различными моделями сети, что приводит к ошибкам при расчетах. Цифровой двойник электрической сети является единой базой информации об электрической сети, интегрированной с необходимыми IT-службами компании. В статье показаны различия построения цифрового двойника для распределительных и для магистральных сетей, а также приведены примеры реализованных проектов].

**Энергия Единой Сети, 2019, № 4, 32**

**8. Валов В.Н. и др. Режим заземления нейтрали в задаче автоматизации распределения электроэнергии и построения интеллектуальных сетей.**

[Выбор оптимального режима заземления нейтрали распределительной сети, в значительной мере определяющего показатели надёжности электроснабжения потребителей - объективная необходимость в рамках развития концепции интеллектуальных сетей. Показано, что переход на качественно новый уровень эксплуатации возможен при исключении режима изолированной нейтрали, который предполагает длительное удержание замыкания на землю (создание электро- и пожароопасных ситуаций) и реализации 100% автоматического отключения участков сети с однофазным повреждением. Предлагаемое техническое решение основано на применении низкоомных резисторов и в настоящее время активно внедряется в распределительных кабельных сетях в соответствии с политикой инновационного развития электросетевого комплекса, включая автоматизацию распределения электроэнергии].

**Энергетик, 2019, № 10, 20**

**9. Кучеров Ю.Н. и др. Системные решения и новые технологии энергоснабжения умных городов.**

[В статье рассматриваются задачи интеграции новых энергетических и информационных технологий для условий крупных городов и мегаполисов с целью повышения эффективности их основных секторов. Показаны условия применения технологий Smart Grid и Smart Energy, взаимосвязи систем управления критически важных инфраструктур жизнеобеспечения — электро-, газ-, тепло-, водоснабжение, утилизации промышленных и бытовых отходов. Отражается специфика системных решений для российских городов, в том числе подчеркивается роль сбалансированности и живучести электро-, теплоснабжения, условий применения технологий распределенной энергетики, электротранспорта, активных потребителей, мини ЭЭС. Сформулированы требования по развитию и повышению надежности умных распределительных сетей, как в части интеграции технологий: «умный» дом — здание — предприятие, мини ЭЭС, так и взаимосвязи систем внешнего и внутреннего энергоснабжения. Обобщаются тенденции развития стандартизации технологий для умных городов на международном и национальном уровнях].

**Энергия Единой Сети, 2019, № 4, 8**

## **ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ**

**10. Лаврик А.Ю., Жуковский Ю.Л., Максимов Н.А. Определение оптимального состава резервируемой гибридной ветро-солнечной электростанции.**

[Выполнено моделирование технико-экономических параметров работы проектируемого комплекса в составе комбинированной ветро-солнечной и резервной дизельной электростанции, осуществляющего автономное электроснабжения небольшого населенного пункта. В качестве критерия оптимизации выбрана себестоимость генерируемой комплексом электроэнергии. Методология поиска рационального состава электростанции базируется на переборе различных комбинаций ее компонентов. Проанализированы результаты оптимизации состава комплекса].

**Промышленная энергетика, 2019, № 10, 47**

**11. Гостиел Я., Клиш А. Система управления безопасностью подстанции. Кибербезопасность подстанции роттенбурга с системой обнаружения вмешательства.**

[Для полной защиты подстанции от кибератак необходимо взять на вооружение стратегию устранения рисков на всех уровнях. Концепция обеспечения защиты подстанции включает, помимо прочего, контроль физического и цифрового доступа, а также мониторинг и обнаружение подозрительных или запрещенных действий в сети. Для этого необходимы системы с высоким уровнем защиты и универсальные в плане долгосрочной перспективы их применения с минимальными издержками при проведении проверок].

**Релейная защита и автоматизация, 2019, № 3(36), 42**

**12. Вариводов В.Н., Ковалев Д.И., Хренов С.И. Основные тенденции развития высоковольтных подстанций по материалам сессии СИГРЭ 2018 года.**

[Международный совет по большим электрическим системам высокого напряжения СИГРЭ (Conseil International des Grands Reseaux Electriques - CIGRE) - постоянно действующая неправительственная некоммерческая организация, созданная в 1921 году во Франции. Основной целью деятельности СИГРЭ является развитие технических знаний и обмен информацией между странами в областях генерации и передачи электроэнергии при высоком напряжении].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55),**

## **ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ**

### **13. Тарасов А.Г. Магистральные воздушные линии. Техническое обслуживание и ремонт на стадии старения.**

[Воздушные линии электропередачи подвержены влиянию различных природных явлений. Особенно часто опасные природно-климатические и почвогрунтовые факторы воздействуют на магистральные ВЛ. При этом, согласно общестроительным нормативно-техническим документам (СНиП 2.01.07-85, ГОСТ 27751-88 и др.), все ВЛ должны устойчиво работать в течение всего нормативного срока службы при любых расчетных воздействиях. В каком техническом состоянии находится ВЛ, когда истек нормативный срок ее службы? Как эксплуатировать ВЛ, когда нет возможности ее обновить? Какие диагностические и ремонтные работы необходимы для поддержания работоспособности таких ВЛ? Ответы на эти вопросы – в материале автора].

**Новости электротехники, 2019, № 3, 42**

### **14. Сидорова В.Т., Рокина Е.Г., Рокина А.Г. Исследование коэффициентов несимметрии при компенсации реактивной мощности в воздушных сетях 0,4 кВ.**

[В работе приводятся результаты исследований коэффициентов несимметрии по нулевой и обратной последовательностям при пофазной компенсации реактивной мощности в сетях 0,4 кВ. Для этого проведен расчет исследуемых коэффициентов до и после компенсации реактивной мощности. Расчет напряжений обратной и нулевой последовательности проводился с помощью известных приближенных формул. Из анализа полученных результатов следует, что при компенсации значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности могут быть уменьшены. Это приводит к уменьшению потерь электроэнергии и может учитываться как дополнительный положительный вклад в уменьшение общих потерь электроэнергии при компенсации реактивной мощности].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 66**



**15. Боев М.А., Хейн Мьят Ко Оптический кабель зоновой связи для прокладки на основе опор высоковольтных линий электропередачи.**

[Представлены результаты исследования оптического кабеля, предназначенного для построения воздушных линий связи, проложенных на опорах существующих высоковольтных линий электропередачи, контактной сети электрических железных дорог и пр., где происходит воздействие на кабель сильного электромагнитного поля. Исследуемый кабель представляет собой самонесущую конструкцию, изготовленную с использованием только диэлектрических материалов (в зарубежной терминологии это кабель типа ADSS). Такой способ создания линий связи значительно дешевле, чем применение оптических волокон, встроенных в грозозащитный трос. В статье приведены результаты испытаний такого кабеля марки ОСД, изготовленного в соответствии с требованиями технических условий].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 70**

**16. Качановская Л.И., Касаткин С.П. Квадратный профиль – новые решения в проектировании решетчатых опор ВЛ.**

[Статья развивает поднятую в предыдущих номерах тему использования сталей повышенной прочности для опор ВЛ. Впервые выполненная в нашей стране эскизная разработка конструкций из квадратных труб показала, что повышенная жесткость таких сечений при работе на сжатие позволяет существенно облегчить опоры ВЛ, традиционно изготавливаемые из уголкового проката. Установка таких опор на трассах ВЛ 110-500 кВ позволит сократить стоимость строительства линий в 1,2-1,5 раза. Использование атмосферостойких сталей приведет к дополнительному снижению затрат на этапе строительства и эксплуатации].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 76**

**17. Дмитриев М.В. Испытания кабелей 6-500 кВ в полимерных трубах.**

[За последние годы прокладка кабельных линий 6-500 кВ в полимерных трубах получила значительное распространение. Такое решение позволяет минимизировать объем земляных работ, выполнить пересечение различных коммуникаций и преград, обеспечить механическую защиту кабелей. Однако, как показал опыт эксплуатации, полимерные трубы имеют существенный недостаток - они мешают выявить наличие повреждений у наружной оболочки кабелей и определить точное расположение этих дефектов вдоль трассы линии].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 82**

**18. Лянзберг А.В., Шамонов Р.Г., Матвеев В.С. Опыт применения стандарта организации по расчету допустимых токовых нагрузок воздушных линий.**

[Для повышения пропускной способности воздушных линий электропередачи в ПАО «ФСК ЕЭС» разработан стандарт организации № 56947007-29.240.55.143-2013 «Методика расчета предельных токовых нагрузок по условиям сохранения механической прочности проводов и допустимых габаритов воздушных линий». В статье описаны теоретические и практические аспекты его использования, а также дальнейшие возможности повышения пропускной способности электрической сети].

**Энергия Единой Сети, 2019, № 4, 74**

**19. Куликов А.Л., Обалин М.Д. Адаптивное определение места повреждения линии электропередачи по параметрам аварийного режима. Часть 2.**

[Разработаны принципы принятия решения при ликвидации повреждения на ЛЭП с учетом неопределенности поступающей информации. Предложена методика сокращения аварийно-восстановительных работ за счет накопления априорной информации по результатам имитационного моделирования или экспертной оценки].

**Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», 2019, № 10**

**20. Горшков А.В. Эмпирический метод определения максимального значения наведенного напряжения в рассматриваемой точке отключенной воздушной линии электропередачи.**

[Сущность предлагаемого метода заключается в выполнении трех операций. На первом этапе в рассматриваемой точке отключенной ВЛ в течение некоторого интервала времени проводится серия измерений комплексных значений наведенного напряжения. На втором этапе в результате решения обратной задачи определяются значения коэффициентов при аргументах эмпирической функции наведенного напряжения. На третьем этапе в результате решения прямой задачи определяется максимально возможное значение наведенного напряжения путем вычисления максимума эмпирической функции. Для применения на практике предлагаемого метода решена вспомогательная задача обоснованного выбора в качестве влияющих ВЛ только некоторой части из всего множества действующих ВЛ. Разработана методика определения максимально возможного значения наведенного напряжения в рассматриваемой точке отключенной ВЛ].

**Электричество, 2019, № 11, 23**

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ИЗОЛЯЦИЯ. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

**21. Евдаков А.Е., Яблоков А.А., Филатова Г.А. Исследование имитационной модели электромагнитного трансформатора тока с учетом эффектов насыщения и остаточной намагнитченности магнитопровода.**

[Статья посвящена разработке имитационной модели электромагнитного трансформатора тока в среде Simulink, позволяющей с достаточной инженерной точностью моделировать как установившиеся, так и переходные режимы с учётом влияния насыщения и остаточной намагнитченности магнитопровода. Описаны возможные сферы применения разработанной имитационной модели. Выполнено исследование влияния остаточной намагнитченности на форму вторичного тока при успешном и неуспешном автоматическом повторном включении (АПВ)].

**Релейная защита и автоматизация, 2019, № 3(36), 24**

**22. Баженов Н.Г., Филина О.А., Озерова Е.Ю. Влияние характеристик трансформатора на качество автоматического регулирования в системах электроснабжения.**

[Обоснована необходимость применения основных законов и правил теории автоматического управления по отношению к процессам, происходящим в классическом трансформаторе. Отмечено, что трансформаторы можно отнести к классу самонастраивающихся систем автоматического управления. Рассмотрен трансформатор, работающий на активную нагрузку. Приведены уравнения, описывающие происходящие процессы. При решении уравнений в качестве магнитной характеристики использована основная кривая намагничивания материала магнитопровода. Решение уравнений основано на линейной части кривой намагничивания с учетом того, что намагнитченность зависит от материала сердечника. Решение уравнений проведено в форме преобразований по Лапласу, построение структурно-динамических схем — на основе теории автоматического управления. Показано, что совершенствование магнитопровода является способом обеспечения линейности нелинейных характеристик трансформатора, позволяющим улучшить его технические характеристики].

**Вестник МЭИ, 2019, № 5, 62**

### **23. Трансформаторное оборудование. Инновационные решения и современные технологии эксплуатации.**

[25–26 июня 2019 г. в Санкт-Петербурге, на базе Петербургского энергетического института повышения квалификации, состоялась научно-техническая конференция «Инновационные решения и современные технологии эксплуатации трансформаторного оборудования высокого напряжения». В оргкомитет конференции было представлено более двух десятков докладов от ведущих организаций в области разработки, изготовления и эксплуатации высоковольтных силовых трансформаторов, в том числе НТЦ ФСК ЕЭС, ООО «Силовые машины – Тошиба. Высоковольтные трансформаторы», ООО «Электрофизика», Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Новосибирского государственного технического университета, АО «Техническая инспекция ЕЭС», ООО «Завод «Изолятор», ОАО «РЭТЗ Энергия», ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока», ООО «ЭДА», ООО «Димрус», ЗАО «Интера», Казанского государственного энергетического университета и др. Всего в мероприятии приняли участие более пятидесяти ведущих специалистов, представляющих научно-техническую и производственную базу трансформаторостроения России].

**Новости электротехники, 2019, № 3, 50**

### **24. Разумов Р.В., Михайлов А.В., Соловьев М.Ю. Системы мониторинга высоковольтного энергетического оборудования. Введение.**

[Статья посвящена переосмыслению подхода к планированию ремонтных работ, предложена концепция перехода от плановых ремонтных работ к организации ремонта по фактическому состоянию. Предлагаемый в статье подход к организации систем мониторинга первичного оборудования в состоянии существенным образом продлить регламентные сроки службы первичного оборудования, снизить расходы на организацию плановых ремонтных работ, а также путем централизации данных на верхнем уровне управления (SCADA) сформировать объективную модель энергорайона с выводом информации о проблемных точках (конкретном первичном оборудовании с указанием его дефекта) энергосистемы, которые являются угрозой бесперебойной поставке электроэнергии от мест её генерации до конечного потребителя].

**Релейная защита и автоматизация, 2019, № 3(36), 56**

**25. Солдатов А.В., Наумов В.А., Антонов В.И. Информационные основы многопараметрической дифференциальной защиты генератора, работающего на сборные шины, от однофазных замыканий на землю.**

[Исследуется многопараметрическая дифференциальная защита от однофазных замыканий на землю генератора, работающего на сборные шины, в контексте положений информационной теории защит. Защита основана на использовании свойства индивидуальности групп гармоник и контролирует множество параметров высших гармоник дифференциального тока. Показывается, что защита обладает абсолютной селективностью. Это совершенство достигается благодаря свойствам гармоник одних групп поддерживать совокупное информационное обеспечение защиты на высоком уровне при однофазных замыканиях на землю в зонах, в которых гармоники других групп имеют недостаточный высокий уровень. Защита не имеет уставок и настроек, зависящих от параметров и режимов сети. Это преимущество защиты обеспечивается использованием относительных характеристических величин, формируемых самой защитой во время работы. Защита обладает высокой чувствительностью благодаря специальному тракту активно-адаптивного распознавания, способному измерить гармоники невысокого уровня на фоне преобладающей составляющей основной гармоники в токе].

**Электрические станции, 2019, № 10, 22**

**26. Григорьев А.В. О контроле и прогнозировании технического состояния турбогенераторов.**

[Рассмотрен вопрос о создании системы непрерывного мониторинга и диагностики технического состояния турбогенераторов. Некоторые гипотетические представления о создании и содержании такой системы сопоставлены с объективными возможностями их реализации].

**Электрические станции, 2019, № 10, 37**

**27. Желтов В.В. и др. Характеристики трёхфазных ВТСП кабелей с экранированными фазами.**

[Исследованы варианты конструкций трёхфазных ВТСП кабелей с экранированными фазами. Предложены следующие варианты оптимизации кабелей этого типа: секционирование фаз, использование ВТСП лент изменённой конфигурации, изменение диаметра фазы. Эти методы позволяют снизить уровень электромагнитных потерь от 0,3 до 0,01 Вт/м].

**Электротехника, 2019, № 10, 37**

## **28. Шакиров М.А. Вектор Пойнтинга и новая теория трансформатора. Ч. 8. Чередующиеся обмотки.**

[Построена корректная теория трансформатора с чередующимися обмотками, базирующаяся на двух основных положениях: идее передачи мощности от первичной обмотки к вторичной посредством вектора Пойнтинга и представлении о главенствующей роли векторного потенциала в описании физических процессов. Предложено рассматривать такой трансформатор как частный случай многообмоточного, в котором обмотки поделены на две группы с внутренними соединениями, одна из которых образует первичную цепь, а вторая — вторичную, что позволило напрямую получать универсальные схемы замещения трансформатора из схемных моделей многообмоточного, рассмотренного ранее (см. «Электричество», 2017, № 4). Универсальность схем означает, что, во-первых, в них отображаются все магнитные потоки в стали и окне устройства, а во-вторых, что они одинаково пригодны как для цилиндрических, так и дисковых трансформаторов с чередующимися обмотками. Последнее показано исходя из принципа эквивалентности этих устройств, сформулированного в статье автора (см. «Электричество», 2019, № 3). Доказано, что в сравнении с обычными в трансформаторах с чередующимися обмотками в режимах короткого замыкания возникают дополнительные сверхпотоки (т.е. потоки, превышающие поток холостого хода), что необходимо учитывать при анализе их электродинамической устойчивости к аварийным ситуациям].

**Электричество, 2019, № 10, 10**

## **29. Геворкян В.М., Казанцев Ю.А. Нелинейная математическая модель устройства отбора мощности от фазного провода линий электропередачи.**

[Рассматривается актуальная задача энергетического обеспечения узлов и блоков автономного оборудования. Задача традиционно решается на основе отбора мощности от линий электропередачи, находящихся в доступной близости. Первичный преобразователь энергии сети обычно образует пояс Роговского (конструктивно — трансформатор тока), работающий на активную нагрузку до значений десятков Ом. При этом преобразователи работают в нелинейном режиме, что необходимо учитывать при разработке устройства отбора мощности и проектировании его параметров. В статье предлагается алгоритм и демонстрируется процесс проектирования первичного преобразователя устройства отбора мощности от фазного провода линии электропередачи на основе нелинейной математической модели первичного преобразователя].

**Электричество, 2019, № 10, 29**

**30. Афанасьев А.А., Нудельман Г.С. Математическое моделирование эквивалентной демпферной обмотки явнополюсной синхронной машины.**

[Рассматривается методика определения параметров эквивалентной демпферной обмотки при скольжении ротора. Методика основана на использовании электромагнитных параметров всех физических элементов реальной демпферной обмотки с учётом эффектов вытеснения тока. Она может использоваться при анализе пусковых режимов синхронных двигателей с адаптацией вычисляемых параметров к непрерывному изменению скольжения. Предлагается также определять адекватные параметры эквивалентной демпферной обмотки для исследования переходных процессов с синхронным движением ротора. Для этого используется математическая модель синхронной машины с распределённой (реальной) демпферной обмоткой. Показано, что синхронный генератор с эквивалентной демпферной обмоткой и генератор с распределённой демпферной обмоткой имеют при трёхфазном коротком замыкании с холостого хода практически одинаковые осциллограммы. Осциллограммы аналогичного процесса с эквивалентной демпферной обмоткой, рассчитанной для асинхронного режима, имеют заниженные начальные значения амплитуды токов обмоток и электромагнитного момента].

**Электричество, 2019, № 10, 34**

**31. Бланк А.В. Каскадная А-Н-схема замещения электрической машины с возбуждением от постоянных магнитов.**

[Рассмотрен синтез каскадной А-Н-схемы замещения явнополюсной электрической машины с постоянными магнитами на роторе, намагниченными в радиальном направлении. Активное звено А-Н-схемы, моделирующее поле возбуждения машины, синтезируется с использованием общего решения дифференциального уравнения в частных производных, полученного в цилиндрической системе координат на базе одной кусочно-непрерывной собственной функции задачи Штурма—Лиувилля. В качестве источника поля возбуждения служат «настилы тока» на боковой поверхности магнита].

**Электричество, 2019, № 10, 42**

**32. Ларин В.С. Мировые тенденции развития трансформаторного оборудования (по итогам 47-й сессии СИГРЭ).**

**Электричество, 2019, № 10, 61**

**33. Корнеев Н.В., Яницкий А.И. Модель комбинированного электропривода динамического рекламоносителя.**

[Предложена обобщённая математическая модель комбинированного электропривода динамического рекламоносителя с учетом динамической ветровой нагрузки. Рассмотрена плоская модель ветрового воздействия, грань призмы динамического рекламоносителя аппроксимирована качелями с перемещающимся грузом, имеющим массово-динамические характеристики, пропорциональные моменту сопротивления электропривода. Сформулированы принципы регулирования комбинированного электропривода для режимов позиционирования и смены сторон призмы, следящего и аварийного режима. Для стабилизации движения электропривода в условиях высоких динамических параметров движения рабочего органа, определяемых нестабильностью ветровой нагрузки создана цифровая модель интеллектуальной системы управления комбинированным электроприводом с фаззи-контроллером, которая позволяет реализовать приближенную сигнальную адаптацию с дополнительным управляющим сигналом, подаваемым на вход контура цифровой модели комбинированного электропривода и оказывающим компенсирующее действие на изменение момента электропривода. Моделирование интеллектуальной системы управления с определенной настройкой фаззи-контроллера, показало высокое качество регулирования электропривода в условиях воздействия динамической ветровой нагрузки].

**Электротехника, 2019, № 10, 43**

**34. Абдурахманов А.М., Глушкин С.В., Шунтов А.В. О характеристиках надежности ячеек маломасляных выключателей 6-10 кВ.**

[Подвергнуты статистическому анализу параметры надежности (частота отказов и среднее время восстановления) ячеек маломасляных и вакуумных выключателей 6-10 кВ, установленных на питающих центрах 35-220/6-10 кВ одной из наиболее крупных энергосистем страны. Приведена структура отказов ячеек выключателей различного типа. Получены их характеристики надежности, необходимые для обоснования и выбора схем и параметров электрических сетей среднего напряжения].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 94**



**35. Высогорец С.П., Таджикибаев А.И. Разработка методических принципов совершенствования современной системы диагностирования трансформаторов.**

[Установлено, что управление качеством трансформаторного масла, как изоляционной системы, является важным элементом управления надежностью маслонаполненного трансформатора в текущей эксплуатации. Определен наиболее эффективный период воздействия на окислительный процесс масла - время завершения индукционного периода окисления и ранние стадии автоокисления. Способом оценки ресурса эксплуатационного масла предложен метод, стандартизированный ГОСТ 981-75. Обозначена необходимость развития системы показателей второго уровня - показателей, уточняющих техническое состояние трансформатора и позволяющих определить оптимальный объем работ по ТОиР].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 106**

**36. Давиденко И.В., Брагин А.А., Владимирова М.Н. Система диагностирования маслонаполненных трансформаторов тока 110-220 кВ по результатам анализа растворенных в масле газов.**

[В статье рассматривается история развития в России критериев оценки технического состояния трансформаторов тока на основе результатов анализа растворенных в масле газов. С помощью дисперсионного анализа выявлены факторы (конструктивные особенности, срок эксплуатации), оказывающие наибольшее влияние на газообразование в масле трансформаторов тока. Приведена система критериев оценки результатов анализа растворенных в масле газов трансформаторов тока 110-220 кВ, регламентированная новым стандартом ПАО «Россети» СТО 34.01-23-003-2019 «Методические указания по техническому диагностированию развивающихся дефектов маслонаполненного высоковольтного электрооборудования по результатам анализа газов, растворенных в минеральном трансформаторном масле». Критерии рассчитаны на основе репрезентативного массива анализов растворенных газов, накопленных в базе данных экспертно-диагностической системы за 25 лет ее эксплуатации. Приведены алгоритмы определения периодичности проведения анализа растворенных в масле газов и необходимых операций технического обслуживания или ремонтов маслонаполненных трансформаторов тока 110-220 кВ].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 116**

**37. Климова Т.Г., Смирнов В.С. Моделирование витковых замыканий в обмотках силового трансформатора в программном комплексе Matlab/Simulink.**

[Силовые трансформаторы в различных конструктивных исполнениях являются одним из важнейших и дорогих элементов энергосистемы. Неожиданный отказ силового трансформатора может привести к значительным затратам на ремонт и финансовым потерям из-за внепланового отключения.].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 98**

**38. Ивакин В.Н., Ковалев В.Д., Магницкий А.А. Управляемые шунтирующие реакторы ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД».**

[Приведены характеристики управляемых шунтирующих реакторов (УШР), разработанных и изготовленных на ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД». Приведено описание особенностей конструкций и показаны получаемые преимущества. Приведены результаты испытаний. Рассмотрены варианты применения УШР при создании источников реактивной мощности (ИРМ)].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 88**

**39. Мыцык Г.С. и др. Особенности физических процессов в трансформаторно-выпрямительных устройствах с многоканальным преобразующим трактом.**

[Рассматриваются новые решения трансформаторно-выпрямительных устройств (ТВУ-М) двух типов, которые реализуют ресурсосберегающий принцип многоканального преобразования энергетического потока. Идея синтеза новых решений ТВУ-М заключается в принудительном выравнивании токов в М каналах одним из двух способов: применением трансформаторов тока в одноимённых по фазе каналах (при использовании одного общего трансформатора напряжения); последовательным пофазным соединением первичных обмоток М трансформаторов (при использовании М трансформаторов в М раз меньшей мощности). Новые ТВУ-М характеризуются нетрадиционными (сложными) физическими процессами, что, во-первых, затрудняет формирование модельного их описания и процедуру проектирования на этой основе, а во-вторых, делает невозможной сопоставительную оценку альтернативных вариантов с целью обоснованного выбора наиболее рационального решения в конкретном случае их применения. Цель работы — решение (в первой версии — при принятых допущениях) выше сформулированных задач].

**Электричество, 2019, № 11, 12**

#### **40. Баль В.Б., Минт Тун Аунг Проектирование и выбор параметров вентильно-индукторного генератора.**

[За все время применения (более 20 лет) вентильно-индукторные генераторы зарекомендовали себя как перспективный тип генераторов с электронным управлением и простой конструкцией механической части. В последнее время разработаны новые способы коммутации генераторов, позволяющие повысить их мощность. При этом методы проектирования вентильно-индукторных генераторов развиты недостаточно. В статье проведено сравнение выбора электромагнитных нагрузок традиционного индукторного и вентильно-индукторного генераторов. Показано, что вентильно-индукторный генератор может работать при повышенных электромагнитных нагрузках, даются рекомендации по их выбору.]

**Электричество, 2019, № 11, 40**

#### **41. Гридин В.М. Преобразование механической характеристики асинхронных двигателей.**

[Рассмотрен способ преобразования жесткой механической характеристики в мягкую у асинхронных двигателей, дополнительно снабженных преобразователем частоты, широтно-импульсным модулятором (ШИМ) и датчиком тока. В ШИМ напряжение датчика, пропорциональное разности значений потребляемого тока и тока холостого хода, сравнивается со значением периодического пилообразного напряжения, и происходит формирование импульсов напряжения, подаваемого на вход преобразователя. При увеличении момента на валу и, следовательно, потребляемого тока уменьшаются среднее значение напряжения на входе преобразователя, напряжение питания двигателя, частота его изменения и частота вращения вала. Описана совместная работа ШИМ и датчика тока, сформулированы требования к их напряжениям. Получено выражение для преобразованной механической характеристики. Приведен пример преобразования механической характеристики асинхронного двигателя. Рассчитаны характеристики такого двигателя. Рассматриваемый двигатель в сравнении с двигателем постоянного тока с последовательным возбуждением обеспечивает меньшее изменение мощности при изменении момента нагрузки от 0,5 до 1,5 номинального значения].

**Электричество, 2019, № 11, 54**

## **РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ**

### **42. Кочетов И.Д., и др. Индивидуальная и групповая распознающая способность измерительных органов релейной защиты.**

[Существующая методика представляет оценку распознающей способности релейной защиты на плоскости аварийных параметров имитационной модели энергообъекта. Развитием и обобщением такого подхода является перевод процедуры оценивания в многомерную область определения режимов, подконтрольных релейной защите ( $\alpha$ -режимы). Задача состоит в выделении той части заданной области, в которой один или несколько измерительных органов способны отличить  $\alpha$  - режим от альтернативных ему  $\beta$  - режимов. Имеется в виду, что в альтернативных режимах действие релейной защиты запрещено. Нераспознавание того или иного  $\alpha$  - режима может объясняться его физической неотличимостью от какого-нибудь  $\beta$  - режима (абсолютная нераспознаваемость) или же неспособностью измерительных органов обеспечить достаточно высокую распознающую способность (относительная нераспознаваемость).

**Электрические станции, 2019, № 10, 30**

### **43. Лямец Ю.Я., Мартынов М.В., Маслов А.Н. Интервальные критерии распознавания места короткого замыкания в энергосистеме.**

[Рассматривается задача локации (распознавания места) короткого замыкания (КЗ) в электрической системе. Показано, что каждому месту замыкания присущи две модификации комплексного параметра КЗ, отображаемого лучом на своей плоскости. Положение луча определяется углом внутреннего сопротивления электрической сети как эквивалентного генератора относительно места КЗ. Интервал изменения угла для фиксированного места КЗ определяется вариацией нормальных пассивных параметров имитационной модели электрической системы. Структурным элементом локации замыканий является алгоритмическая модель наблюдаемой электропередачи. Модель выступает в роли преобразователя наблюдаемых величин в комплексный замер как функцию места предполагаемого КЗ. Замер отображается в виде годографа на той же плоскости, что и параметр КЗ, задаваемый сегментом лучей. Интервал значений координаты места КЗ определяется пересечением годографа с крайними лучами сегмента. Возможна адаптация сегмента к сопротивлению чисто аварийного режима, которое определяется отношением аварийных составляющих напряжения и тока в местах предполагаемого повреждения].

**Электричество, 2019, № 11, 33**

#### **44. Жуйков А.В. и др. О настройке расчетных моделей однофазных дуговых замыканий по результатам экспериментов.**

[Численное моделирование переходных процессов в электрических сетях имеет множество применений. Современные компьютеры позволяют использовать весьма точные расчётные модели электрооборудования для решения инженерных и научно-исследовательских задач. Одна из них - расчётные исследования эффективности работы дугогасящих реакторов в режиме перемежающихся дуговых замыканий. Численное моделирование переходного процесса в сети на сегодняшний день не представляет проблемы. Однако задача значительно усложняется, если переходный процесс вызван горением открытых дуг. Известно, что существующие аналитические модели дугового замыкания, основанные на гипотезах Петерса-Слепяна, В. Петерсена, Н.Н. Белякова, позволяют количественно оценить кратности возникающих перенапряжений, но не воспроизводят характер переходного процесса с достаточной точностью. При этом общепринятой методики моделирования дуговых замыканий не существует, и данное обстоятельство препятствует проведению расчётных исследований, направленных на решение практических задач, например, оптимизации конструкций дугогасящих реакторов и их систем управления. Настоящая статья посвящена разработке таких моделей].

**Энергетик, 2019, № 10, 4**

#### **45. Вагапов Г.В. Диагностирование однофазных замыканий на землю в электрических сетях 6 – 35 кВ.**

[Однофазные замыкания на землю - одни из преобладающих в электрических сетях 6-35 кВ с изолированным режимом работы нейтрали. Вариативность топологии сетей, непостоянный характер нагрузок и малые значения токов замыканий существенно осложняют задачу определения как самого факта замыкания, так и локализации его места появления. Математическое моделирование в различных программных средах выявило наличие универсального диагностического признака в режиме однофазного замыкания на землю. В качестве такого устойчивого признака выступают высшие гармоники тока и напряжения. Теоретические положения подтверждены проведёнными натурными экспериментами. Предложена методика обнаружения однофазных замыканий на землю в электрических сетях 6-35 кВ с изолированным режимом работы нейтрали с возможностью локализации места повреждения].

**Энергетик, 2019, № 10, 12**

**46. Семёнов Д.А., Диомидов А.В. Определение места возникновения замыканий на землю в воздушных сетях 6 – 35 кВ волновым методом двусторонних измерений.**

[Рассмотрен волновой метод двусторонних измерений для определения расстояния до места возникновения однофазного замыкания на землю в сетях напряжением 6-35 кВ от шин питающей подстанции. Предложены алгоритм определения отметок времени срабатывания измерительных комплектов, необходимых для локализации места повреждения (ОМП), и техническое решение для его реализации. На компьютерной модели выполнена проверка работоспособности алгоритма ОМП для различных режимов заземления нейтрали, а также при различном переходном сопротивлении и разной удалённости однофазного замыкания от измерительных комплектов в распределительной сети].

**Энергетик, 2019, № 10, 16**

**47. Засыпкин А.С. Релейная защита схем плавки гололёда на стальных грозозащитных тросах воздушной линии электропередачи.**

[Для основных схем плавки гололёда на стальных грозозащитных тросах предложен комплекс релейных защит от всех видов повреждений и методика выбора уставок с учётом нелинейности активного и внутреннего индуктивного сопротивлений. Произведено обобщение данных о сопротивлении тросов из различных источников и сравнение с экспериментальными данными, полученными автором].

**Релейная защита и автоматизация, 2019, № 3(36), 8**

## **ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА. СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

**48. Терешкин В.М., Гришин Д.А., Макулов И.А. Элементы теории многофазных вентильных электромеханических систем.**

[Рассмотрены многофазные вентильные электромеханические системы с нечетным числом фаз – 3, 5, 7, 9 и т.д. Установлено, что с увеличением числа фаз расход меди и потери в ней не возрастают по сравнению с трехфазной машиной. Увеличение числа фаз многофазной обмотки двигателя при неизменной мощности приводит к необходимости снижения напряжения питания преобразователя, то есть уменьшаются фазные напряжения двигателя (двигатель становится «более низковольтным»). Однако при этом возрастает входной ток преобразователя. Увеличение числа фаз двигателя при неизменной мощности приводит также либо к уменьшению индуктивности фазы, либо к уменьшению тока фазы по сравнению с трехфазной обмоткой. Это может способствовать улучшению коммутации ключей преобразователя. При увеличении числа фаз снижается токовая нагрузка ключей преобразователя. Приведены результаты экспериментов, подтверждающие теоретические исследования].

**Электротехника, 2019, № 10, 56**

## ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

**49. Надараиа Ц.Г. и др. Геометрическое и численное моделирование стационарной модульной ветроэлектростанции для регионов с широким диапазоном ветровых нагрузок.**

[Приведен обзор как традиционных источников энергии, их особенности использования и недостатки, а также и возобновляемых источников энергии: потенциал, перспективы их использования в различных областях экономики. На основе расчетных данных и экспериментальных исследований для эффективной выработки электроэнергии предложена модульная конструкция с концентратором воздушного потока, состоящая из конфузора, ветроколеса, установленного в цилиндрической части модуля, диффузора, синхронного генератора с постоянными магнитами, каркасно-ферменных элементов конструкций и жалюзийных решёток, установленных на входе в конфузор и на выходе из диффузора, и размещаемая в долинах рек, на побережье озёр, морей и океанов. Разработанная модульная конструкция имеет преимущества перед другими традиционными ветроустановками, поскольку позволяет учитывать уникальный ветровой режим области размещения, что обеспечивает стабильную работу. Численное моделирование аэродинамического воздействия на элементы модуля конструкции показало распределение скоростей формирующиеся при обтекании конструкции ветровым потоком, давлений, силы и аэродинамические коэффициенты, подтвердившие правильность выбранного конструкторского решения. Данные расчеты являются основой для дальнейших исследований и оптимизации конструкции].

**Вестник МЭИ, 2019, № 5, 53**

**50. Глазунова А.М., Аксаева Е.С. Контроль качества измерительной информации электроэнергетической системы с ветровыми электростанциями.**

[Под контролем качества измерительной информации понимается процесс классификации измерений на ошибочные и достоверные. В статье разработан метод обнаружения грубых и систематических ошибок в измерениях с низкой избыточностью, имеющих отношение к ветровой электростанции. Метод основан на сравнении оценок активной мощности, полученных при использовании PQ и RX моделей асинхронного генератора в задаче оценивания состояния. При отсутствии ошибок в измерении генерации, вырабатываемой на ветровой электростанции, и в измерении перетока в линии, отходящей от данной станции, эти оценки совпадают].

**Электроэнергия. Передача и распределение, 2019, № 4 (55), 60**

## **КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.**

**51. Ковалев А.П., Москвина И.И., Павлович А.А. Метод расчета надежности невосстанавливаемых сложных по структуре систем, элементы которых могут находиться в трех несовместных состояниях.**

[Применяя способ разложения систем со сложной структурой схем замещения по базовому элементу и теореме о сумме вероятностей несовместных событий, разработан метод оценки надежности структурно-сложных невосстанавливаемых систем, элементы которых могут находиться в трех несовместных состояниях. Метод позволяет определить вероятность того, что в течение заданного интервала времени не произойдет такого случайного события, в результате которого разорвется связь или пройдет неотключаемый токовой защитой сквозной аварийный ток короткого замыкания между входными и выходными узлами схемы замещения системы электроснабжения. Приведен пример расчета надежности сложной системы].

**Электричество, 2019, № 10, 21**

### **ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ**

**52. Кузнецов Н.М., Коновалова О.Е. Альтернативная энергетика на арктических территориях Российской Федерации.**

[Рассматривается проблема надежного и качественного электроснабжения удаленных малочисленных поселений российской Арктики, которые в основном находятся в зоне децентрализованного электроснабжения и характеризуются высокими затратами на производство энергии. Дополнительные трудности с доставкой топлива для действующих электростанций, прогрессирующее старение энергетического оборудования приводят к существенному росту тарифов и требуют бюджетных субсидий, сдерживая развитие экономики на местах. Приведены данные о выработке электроэнергии дизельными электростанциями общего назначения, энергоемкости внутреннего региона продукта (ВРП) и тарифе на электроэнергию].

**Промышленная энергетика, 2019, № 10, 40**

**53. Дони Н.А. и др. Развитие систем связи в электроэнергетике для защиты и автоматизации.**

[Координация работы большого количества энергообъектов, составляющих Единую энергетическую систему, невозможна без систем связи. В статье рассматриваются проблемы создания и развития устройств релейной защиты и аппаратуры каналов связи для передачи информации и команд срабатывания устройств защиты, телемеханики, автоматики. Приведена история развития и становления отечественных устройств в этой области. Приведены основные разработчики и изготовители этой аппаратуры в историческом аспекте].

**Энергия Единой Сети, 2019, № 4, 54**