

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук,
профессора Паздерина Андрея Владимировича
на диссертацию **Гвоздева Дмитрия Борисовича**
**«Повышение эффективности систем управления электротехнических
комплексов мегаполисов в условиях их цифровой трансформации»**
на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности
2.4.2. - «Электротехнические комплексы и системы»

1. Актуальность темы

В настоящее время требования к надежности электроснабжения потребителей, являются определяющим фактором для развития и функционирования экономики Российской Федерации. Базовой составной частью системы электроснабжения являются электротехнические комплексы.

При этом наибольшее влияние надежное и эффективное функционирование электротехнических комплексов оказывает именно на мегаполисы, системы жизнеобеспечения которых отличаются максимальной зависимостью от электричества.

Надежное и эффективное функционирование электротехнических комплексов, с учетом разнообразия применяемых в них различных технических элементов и решений, таких как средства ограничения токов короткого замыкания, средств компенсации реактивной мощности, высокой мощности трансформаторов на центрах питания, использование оборудования повышенной компактности и проч., невозможно без наличия современной и эффективной системы управления. Внедрение современных систем электротехнических комплексов мегаполисов должно базироваться на их цифровой трансформации, которая должна обеспечить непрерывный мониторинг состояния объектов, применение новых математических методов и алгоритмов искусственного интеллекта для обработки «больших данных», а также использование многокритериальной и многофакторной оптимизации.

В диссертационной работе Гвоздева Д.Б. поставлена и решается важная научно-техническая проблема повышения эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации путем разработки, исследования и внедрения методов и средств автоматизации.

При этом в работе применяется онтологическая модель деятельности предприятия, на основании которой создана система поддержки принятия решений при оперативно-технологическом управлении.

С учётом перечисленных факторов считаю, что диссертационная работа Гвоздева Д.Б., посвящённая разработке методов, алгоритмов и технических мероприятий по повышению эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполиса, является актуальной и практически значимой.

2. Соответствие паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы» в части направлений исследования: п.1 «Анализ системных свойств и связей, математическое и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая системы электроснабжения»; п.2 «Разработка научных основ

эксплуатации электротехнических комплексов и систем»; п.3 «Оптимизация электротехнических комплексов и систем, разработка алгоритмов эффективного управления»; п.4 «Исследование качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах».

3. Анализ содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 234 наименований, двух приложений и содержит 426 страниц машинописного текста, 106 рисунков и 17 таблиц.

Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертации: актуальность, цель работы, задачи исследований, научную новизну результатов, теоретическую и практическую значимость, основные положения и результаты, выносимые на защиту, методы исследований и достоверность полученных результатов, их апробацию, список публикаций автора по теме диссертации.

Первая глава работы посвящена рассмотрению процессов автоматизации оперативно-технологического управления электротехническим комплексом как инструмента к повышению эффективности эксплуатации. Выполнен анализ структуры системы оперативно-технологического управления электротехническими комплексами. Сформулированы критерии и пути повышения эффективности работы оперативно-диспетчерского управления электротехническими комплексами в системе электроснабжения. Предлагаемые решения применены при реализации системы оперативно-технологического управления в ПАО «Россети Московский регион» и при создании «Концепции оперативно-технологического и ситуационного управления в ПАО «Россети»».

Во второй главе диссертации разработаны научные основы технологии управления и организации деятельности оперативного персонала на основе единой онтологической модели сетевой компании. Впервые реализована и внедрена сетевая модель построения системы разно уровневых территориально-распределенных оперативных журналов (ОЖУР). Создана сетевая двухконтурная масштабируемая территориально распределенная система поддержки принятия решений. «Система ОЖУР» стала основным инструментом – системой поддержки принятия решения для обеспечения функционирования лиц управляющих электротехническими комплексами, как в оперативном режиме (диспетчер), так и при принятии управленческих решений руководителями разных уровней.

В третьей главе, предложен метод определения оптимального числа управляющих воздействий при регулировании напряжением и реактивной мощностью в мегаполисах. Метод отличается новыми критерием и алгоритмом определения экономически оптимального числа управляющих воздействий с учетом совокупной минимизации использования ресурса регуляторов и минимизации потерь электроэнергии при осуществлении оперативно-технологического управления. Метод, в том числе, включает в себя:

- методику определения оптимального числа управляющих воздействий с точки зрения совокупной минимизации использования ресурса регуляторов и минимизации потерь электроэнергии;
- метод ранжирования узлов по общей эффективности регулирования напряжения.

Для апробации разработанного метода в ПАО «Россети Московский

регион» (Южные сети) на базе информации реального времени проведен вычислительный эксперимент. Анализ результатов расчетов показал перспективность внедрения предлагаемого подхода в электротехнических комплексах систем электроснабжения напряжением 110–220 кВ.

В четвертой главе работы представлены результаты разработки и практической реализации системы дистанционного управления оборудованием подстанций, включая системы РЗА для трех ПС 110-220 кВ в Московском регионе. При этом организовано дистанционное управление функциями МП устройств РЗА из удаленного диспетчерского пункта Московских высоковольтных сетей и из диспетчерского центра АО «СО ЕЭС», ранее нигде в электрических сетях РФ не применявшееся, что подчеркивает уникальность и новизну данной разработки. Реализованы и опробованы организационные и технические мероприятия в соответствии с Типовыми техническими требованиями к ПТК АСУ ТП и РЗА для организации дистанционного управления. Обеспечена информационная безопасность, для чего проведен анализ рисков и инцидентов, разработаны и внедрены меры по защите информации. Намечено дальнейшее развитие исследований в области дистанционного управления оборудованием путем применения цифровых двойников управляемых электротехнических комплексов.

В пятой главе представлены результаты анализа работы релейной защиты и автоматики на объектах электросетевого комплекса и предложения, сформулированные в главе диссертации, которые были положены в основу стандартов СТО 34.01-4.1-005-2017 «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации на объектах электросетевого комплекса» и СТО 34.01-4.1-007-2018 «Технические требования к автоматизированному мониторингу устройств РЗА, в том числе работающих по стандарту МЭК 61850».

Разработана и успешно внедрена на объектах ПАО «Россети Московский регион» автоматизированная система мониторинга устройств РЗА. Разработанная и опробованная на практике в ПАО «Россети Московский регион» методика определения общей оценки микропроцессорного устройства РЗА (индекс готовности РЗА) позволяет своевременно выявлять и устранять текущие неисправности и избегать лишних работ при плановом обслуживании. Разработанный функционал анализа аварийных ситуаций и оценки действия РЗА автоматизированной системы мониторинга РЗА, действующий на основании методов дерева логических событий и моделирования используется для фиксации и расследования аварий в энергосистеме. Автоматизация этого процесса позволяет существенно уменьшить время, необходимое на сбор и обработку информации об аварийной ситуации и принятия соответствующих мер.

Выводы, содержащиеся в **заключении**, обобщают теоретические и практические результаты диссертационной работы. Выводы достоверны, теоретически обоснованы и подтверждены результатами практического внедрения результатов работы и вычислительных экспериментов

В приложениях представлены:

1. Один из основных элементов онтологической модели организации деятельности диспетчера - Кластер сценариев по задаче «Управление заявками», на основании которой разработан программный модуль в «Системе

ОЖУР»

2. Акты внедрения и апробации практических результатов диссертационной работы в реальном секторе экономики – ПАО «Россети», ПАО «Россети Московский регион» с доказанными хозяйственными (экономическими эффектами).

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и завершённостью, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов.

Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно логично и содержательно. Материалы и результаты исследования изложены в объёме, достаточном для понимания их сути. Диссертационная работа написана грамотным языком, корректным в научном и техническом отношении. Имеет место достаточно высокий уровень изложения материала.

4. Степень достоверности результатов и обоснованности выводов

Обоснованность и достоверность научных положений, теоретических выводов, результатов и рекомендаций обеспечивается корректным использованием математического аппарата, методам онтологического моделирования, расчетам электрических режимов, апробированных расчетных программных продуктов; подтверждается соответствием результатов теоретического анализа и вычислительных экспериментов, а также положительными результатами внедрения предложенных методов, технических решений и мероприятий в условиях действующего производства.

5. Апробация работы и подтверждение опубликования её основных положений и результатов

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 48 печатных работ, в том числе: 30 статей в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, получено 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Акты о внедрении и апробации результатов диссертационной работы представлены в приложении к диссертации.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

По материалам диссертационной работы опубликовано 48 печатных работ, из которых 30 – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), а также получены три «Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ».

6. Научная новизна и теоретическая значимость результатов и выводов

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

а. Разработана система оперативно-технологического управления

электротехническими комплексами мегаполисов, отличительной особенностью которой является использование сетевых двухконтурной масштабируемой территориально-распределенной совокупности задаче-ориентированных электронных оперативных журналов («Система ОЖУР»). Система существенно расширяет круг задач автоматизированного оперативно-технологического управления в условиях цифровой трансформации.

б. Предложен метод определения оптимального числа управляющих воздействий при регулировании напряжением и реактивной мощностью в мегаполисах. Метод отличается новыми критерием и алгоритмом определения экономически оптимального числа управляющих воздействий с учетом совокупной минимизации использования ресурса регуляторов и минимизации потерь электроэнергии при осуществлении оперативно-технологического управления.

с. Впервые в российской практике разработана и организована система релейной защиты с дистанционным управлением функциями микропроцессорных терминалов из удаленного диспетчерского пункта Московских высоковольтных сетей и из диспетчерского центра АО «СО ЕЭС». Реализованы и апробированы организационные и технические мероприятия по дистанционному управлению, а также мониторингу устройств релейной защиты с целью повышения эффективности управления электротехническими комплексами мегаполисов.

д. Разработана методика определения индекса готовности, отличающаяся от известных методик оценки состояния устройств релейной защиты расширенными возможностями по своевременному выявлению и устранению неисправностей, а также исключению излишних работ при плановом обслуживании. Применение методики позволяет переносить сроки работ при плановом обслуживании оборудования и полностью перейти на техническое обслуживание по состоянию.

е. Предложены методы, методики и технические решения систем управления электротехническими комплексами мегаполисов, отличающиеся высокой практической значимостью и внедренные в отраслевые стандарты: СТО 34.01-4.1-005-2017 «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации на объектах электросетевого комплекса»; СТО 34.01-4.1-007-2018 «Технические требования к автоматизированному мониторингу устройств РЗА, в том числе работающих по стандарту МЭК 61850»; «Техническую политику компании» и «Концепцию цифровой трансформации 2030» ПАО «Россети».

ф. Разработаны и внедрены в ПАО «Россети Московский регион» системы управления электротехническими комплексами мегаполисов, отличающиеся высокой экономической эффективностью. Оценка экономического эффекта от внедрения системы оперативно-технологического управления электротехническими комплексами на основе онтологической модели за период 5 лет составила 195 459 тыс. руб., а системы дистанционного управления и мониторинга состояния устройств релейной защиты мегаполисов, на 40 подстанциях в течение 10 лет, составит более 490 млн руб.

7. Теоретическая значимость исследований автора определяется тем, что проведены исследования, на основании которых разработаны новые алгоритмы и методы повышения эффективности функционирования системы

оперативно-технологического управления электротехнических комплексов мегаполиса. Разработан метод оптимизации использования ресурса регуляторов напряжения и реактивной мощности, обеспечивающий снижение уровня совокупных финансовых затрат организации, управляющей электротехническими комплексами в процессе оптимизации потерь электрической энергии.

8. Практическая значимость работы

Значимость результатов диссертационной работы для практики заключается в повышении эффективности систем управления электротехническими комплексами за счет внедрения технических средств и методов управления, что обеспечивает получение значительного хозяйственного (экономического) эффекта:

1. Предложены новые технические решения и алгоритмы, повышающие надежность электроснабжения потребителей мегаполисов и эффективность функционирования электротехнических комплексов мегаполисов.
2. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение повышения эффективности функционирования системы оперативно-технологического управления электротехнических комплексов мегаполиса.
3. Разработана методика, обеспечивающая снижение уровня совокупных финансовых затрат организации, управляющей электротехническими комплексами в процессе оптимизации потерь электрической энергии.
4. Разработаны и внедрены основные технические решения, обеспечивающие дистанционное управление устройствами РЗА с учетом обеспечения их информационной безопасности.
5. Разработаны основные технические решения и программное обеспечение для анализа работы защитных устройств электротехнических комплексов.
6. Результаты работы внедрены в ПАО «Россети» и ПАО «Россети Московский регион». Получены акты внедрения: СППР «ОЖУР» в ПАО «Россети» (акт утвержден 20.12.2023 г.) и в ПАО «Россети Московский регион» (акт утвержден 15.12.2022 г.); АСМДП РЗА в ПАО «Россети Московский регион» (акт утвержден 20.03.2023 г.); АСМ РЗА в ПАО «Россети Московский регион» (акт утвержден 20.03.2023 г.); цифрового двойника ДЭМ в ПАО «Россети Московский регион» (акт утвержден 10.04.2023 г.).
7. Получен акт апробации Методики оптимизации управления средствами регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности в южной части энергосистемы г. Москвы и Московской области (акт утвержден 15.12.2023 г.).

9. Замечания по диссертационной работе

1. Не достаточно обоснована привязка диссертации к мегаполису, чем системы электротехнических комплексов мегаполиса отличаются от обычных.
2. Название третьей главы «РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ И ОБНОВЛЕНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ФОНДОВ» является неудачным, так как в ней в основном обсуждаются вопросы, связанные со снижением потерь электроэнергии.
3. В разделе 3.4 работы выбор рационального числа регуляторов

напряжения основан на сопоставлении экономии от снижения потерь электрической энергии за счет регулирования со стоимостью использования РПН (БСК). При этом в расчетных экспериментах главы 3 существенно занижена стоимость покупки потерь электрической энергии. На страницах 155, 176 работы указывается «ставка на оплату технологического расхода (потерь) в электрических сетях Московской области составляет 77,14 руб. за МВтч. [141]» или 0,07714 руб/кВтч. В соответствии с распоряжением Комитета по ценам и тарифам Московской области [141] указанная ставка на оплату потерь применяется по отношению к потребителям электроэнергии в рамках двухставочного тарифа на передачу электроэнергии. Сетевые компании покупают потери у гарантирующих поставщиков по средневзвешенным ценам оптового рынка, пересчитываемых ежемесячно, и находящихся на уровне 3 руб/кВтч. Столь значительное различие в цене потерь приведет к увеличению числа эффективных РПН.

4. В задаче оптимального управления уровнями напряжений и реактивной мощностью, по мнению рецензента, недооценено влияния статических характеристик нагрузки (СХН) по напряжению как на величину самих потерь, так и на величину полезного отпуска электрической энергии потребителям. Полезный отпуск электрической энергии формирует выручку сетевых компаний от услуг на передачу электроэнергии и его максимизация возможна за счет увеличения напряжений перед потребителями, так как СХН имеют возрастающий характер. При выделении передачи электроэнергии в отдельный вид деятельности, осуществляемый электросетевыми организациями, включение в целевую функцию оптимизации максимума выручки сетевых компаний от услуг на передачу за минусом стоимости потерь представляется целесообразным.

5. В разделе 3.2 (стр. 118-120) предложена матрица чувствительности напряжений. Для определения коэффициентов матрицы несмежных узлов предложена формула (3.7). Для сложносвязанных сетей формула будет давать приблизительную оценку влияния изменения одного напряжения на другое. Погрешность учёта влияния одного напряжения на другое может возрасти с увеличением электрического расстояния между узлами.

6. Заголовки параграфов 4.2 и 4.3 диссертации касаются системы дистанционного управления устройствами РЗА, однако в данных параграфах обсуждаются вопросы дистанционного управления не только устройствами РЗА, но и другим оборудованием

7. Пятая глава посвящена развитию системы мониторинга РЗА с целью перехода на техническое обслуживание фактическому состоянию. На странице 264 описан предиктивный способ мониторинга состояния РЗА с использованием моделирования. Предполагается, что моделируется какая-то реальная аварийная ситуация и сравнивается реакция модели защиты и реальной защиты. Вопрос: откуда берётся модель защиты для такого анализа? И в случае предоставления модели разработчиком РЗА и в случае сторонней разработки модели оборудования, подобный анализ может иметь ошибки из-за некорректности модели.

9. Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертационная работа Гвоздева Д.Б. соответствует требованиям п.п. 9-

14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842:

а. *П.9.* Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором решена научная проблема повышения эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполиса, включая разработку методов и методик, которые нашли практическое применение и их внедрение как имеет важное хозяйственное значение, так вносит значительный вклад в развитие систем управления электротехническими комплексами в Российской Федерации.

б. *П.10.* Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствующие о личном вкладе соискателя в науку. В диссертации представлены сведения о практической полезности результатов, рекомендаций и использования научных выводов.

с. *П.11-П.13.* Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в том числе 30 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ Научные публикации, изданные в период работы над диссертацией, соответствуют тематике диссертационной работы и с достаточной полнотой отражают её суть, основные результаты и выводы.

д. *П.14.* В диссертации и автореферате соискателем отмечается использование результатов научных работ, выполненных лично и в соавторстве, имеются ссылки на соавторов. Диссертация соответствует требованию указания ссылок на заимствованные материалы или отдельные результаты.

10. Общее заключение

Представленная на отзыв диссертационная работа Гвоздева Д.Б. является самостоятельной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная научно-техническая проблема повышения эффективности системы электроснабжения мегаполиса путем разработки и внедрения методов и средств автоматизации управления электротехническими комплексами. Задачи, решаемые в работе, объединены общей научной идеей сочетания методов управления электротехническими комплексами мегаполиса и

Основные научные выводы и практические рекомендации сделаны на основе подробного анализа проблемы с использованием автором современных способов и разработкой новых методов и методик. Содержание представленной диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы».

Содержание диссертации полностью соответствует заявленным целям и поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана грамотным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Основные научные результаты работы подробно изложены в публикациях в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК.

Сделанные в п.8 замечания носят частный характер и не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа Д.Б. Гвоздева полностью отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства от 24 сентября 2013 г. №842, а соискатель заслуживает присуждение ему учёной степени доктора технических наук по

Сведения об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество	Паздерин Андрей Владимирович
Ученая степень и наименование специальности, по которой защищена диссертация	доктор технических наук, 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы
Ученое звание	профессор
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы, должность	ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, заведующий кафедрой Автоматизированных электрических систем
Почтовый адрес организации	620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19, Э-309. Каф. АЭЛС
Телефон	8(343)3754875
Адрес электронной почты	a.v.pazderin@urfu.ru
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<p>1. СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ <i>Поляков И.Д., Паздерин А.В., Бартоломей П.И.</i>// Электричество. 2023. № 5. С. 14-23</p> <p>2. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ТАРИФОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ <i>Бартоломей П.И., Паздерин А.А., Семериков С.А., Паздерин А.В.</i> Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № 2 (77). С. 36-42.</p> <p>3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>Самойленко В.О., Верховзин А.М., Тацилин В.А., Паздерин А.В., Мухлынин Н.Д.</i> Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № 4 (79). С. 64-74</p> <p>4. АНАЛИЗ СХЕМНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>Паздерин А.В., Верховзин А.М.,</i></p>

Мухлынин Н.Д., Самойленко В.О. Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № 5 (80). С. 62-71

5. МОДЕЛЬ ЭНЕРГОСТОЙКОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ЭНЕРГООБМЕНА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ Паздерин А.В., Бартоломей П.И., Паздерин А.А. Энергетик. 2022. № 4. С. 35-40

6. ЦЕНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МИНИ И МИКРОГРИД Паздерин А.В., Самойленко В.О., Мухлынин Н.Д., Крючков П.А. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 1 (53). С. 122-139

7. КОМПЛЕКС ЗАДАЧ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ Паздерин А.В., Бартоломей П.И., Люханов Е.А., Паздерин А.А. Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 5 (68). С. 72-77

8. Data-Driven Machine Learning Methods for Nontechnical Losses of Electrical Energy Detection: A State-of-the-Art Review Pazderin, A., Kamalov, F., Gubin, P.Y., ...Odinaev, I., Zicmane, I. *Energies*, 2023, 16(21), 7460

9. Methodology for Power Systems' Emergency Control Based on Deep Learning and Synchronized Measurements Senyuk, M., Safaraliev, M., Pazderin, A., ...Zicmane, I., Beryozkina, S. *Mathematics*, 2023, 11(22), 4667

Т.Ф. Паздерин А.В.

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

Паздерина А.В.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

Морозова В.А.

