



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»
(АО «НТЦ ЕЭС»)

194223, г. Санкт-Петербург,
вн. тер. г. муниципальный округ Светлановское,
ул. Курчатова, д. 1, литера А
Тел.: (812) 297 54 10 доб.2600 Факс: (812) 552 62 23
E-mail: ntc@ntcees.ru
http://www.ntcees.ru/
ОКПО 00129704 ОГРН 1027801531427
ИНН 7802001298 / КПП 780201001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «НТЦ ЕЭС»



Р.К. Измайлов

№ «23» апреля 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации акционерного общества «Научно-технический центр Единой энергетической системы» на диссертационную работу Гвоздева Дмитрия Борисовича «Повышение эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Актуальность и значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки

Для крупных городских образований (мегаполисов, самым значимым из которых в Российской Федерации, является столица – город Москва) надежная передача и распределение электроэнергии имеет особенное значение.

В мегаполисе от электроэнергии зависит не только его функционирование, но и безопасность населения, именно это определяет максимально жесткие требования к передаче и распределению электроэнергии. Электроэнергия в мегаполисе должна поставляться потребителю без перерывов, и в случае возникновения аварийной ситуации время восстановления электроснабжения должно быть минимальным.

Обеспечение бесперебойного электроснабжения и минимального времени его восстановления в случае аварии невозможно без создания современной высокоэффективной системы управления электротехническими комплексами системы электроснабжения мегаполиса – совокупности объектов электрических сетей, обеспечивающих передачу, распределение и управление передачей электрической энергии от генерации к потребителю.

Особенностью электротехнических комплексов мегаполиса является ограниченное пространство и высокая плотность нагрузки, что требует применения наиболее современных технических решений.

Система управления сложным электротехническим комплексом, который составляет основу Единой энергетической системы России (ЕЭС России), в условиях рыночной экономики претерпела существенные изменения и приобрела множество новых функций. Среди этих функций выделяются важные аспекты, такие как учет рыночных параметров, осуществление покупки потерь электроэнергии на оптовом рынке сетевыми компаниями, а также оценка стоимости передачи электроэнергии для конечных потребителей.

Вышеизложенное делает необходимым формирование новых современных подходов к созданию системы управления сетевого предприятия, обеспечивающего управление электротехническими комплексами мегаполиса.

Цифровая трансформация электротехнических комплексов мегаполисов предполагает непрерывный мониторинг состояния объектов, применение новых математических методов и алгоритмов искусственного интеллекта для обработки «больших данных», а также использование многокритериальной и многофакторной оптимизации. Это возможно путем внедрения новых программно-технических комплексов, основанных на вышеупомянутых методах и алгоритмах, что предоставляет возможность для комплексного подхода к повышению эффективности работы электротехнических комплексов, оптимизации режимов энергосистем и их развития, а также созданию единых информационных моделей.

Опыт внедрения таких технологий подчеркивает, что успешные результаты в эксплуатационных условиях в значительной степени зависят от оперативности, точности и объективности исходной информации о схемных и режимных параметрах, техническом состоянии электрических сетей, балансах, качестве и потерях электроэнергии, частоте и длительности перерывов в электроснабжении. Именно надежное предоставление такой информации обеспечивает эффективное функционирование систем управления, позволяя оперативно реагировать на изменения и принимать обоснованные решения для обеспечения стабильности и эффективности электротехнических комплексов мегаполисов.

Сказанное подтверждает актуальность рассматриваемой диссертационной работы.

Общая характеристика работы

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списков обозначений, сокращений и библиографического списка, включающего в себя 234 источника. Диссертация изложена на 426 страницах, содержит 106 рисунков, 17 таблиц и два приложения (119 страниц). К диссертации приложен автореферат на 46 страницах.

Диссертация посвящена разработке, исследованию и внедрению методов и средств автоматизации управления электротехническими комплексами для повышения эффективности электроснабжения мегаполисов в условиях их цифровой трансформации.

Задачи работы:

1. Разработка научных основ по организации оперативно-технологического и ситуационного управления электротехническими комплексами и его внедрение на всех уровнях управления в ПАО «Россети»;
2. Развитие систем автоматизации оперативно-технологического управления для повышения эффективности и оптимизации численности персонала, увеличения количества электрических подстанций (электротехнических комплексов) с дистанционным обслуживанием;
3. Разработка и внедрение двухконтурной сетевидной системы поддержки принятия решений (СППР) в системе управления электротехническими комплексами Москвы (ПАО «Россети Московский регион»);
4. Разработка и исследование методологии комплексной оперативной оптимизации режима работы электротехнических комплексов, составляющих электрическую сеть 110–220 кВ мегаполисов;
5. Разработка и внедрение автоматизированной системы цифрового дистанционного управления и мониторинга оборудования и устройств РЗА (АСМ и АСМДП РЗА) в ПАО «Россети Московский регион» и разработка рекомендаций для дальнейшего применения в группе компаний ПАО «Россети».

Диссертация подчинена единому замыслу, изложена логически стройно, технически грамотным языком, основные результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. 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 (Перечень ВАК), а также получены три «Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ».

Автореферат и публикации соискателя достаточно полно отражают содержание диссертации.

Научная новизна результатов диссертации

Научная новизна результатов диссертационного исследования состоит в получении следующих результатов:

1. Разработана система оперативно-технологического управления электротехническими комплексами мегаполисов, отличительной особенностью которой является использование сетевидной 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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».

Практическая значимость работы

Практическая значимость результатов работы определяется следующими положениями.

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. 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. 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.).

8. 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.)

Соответствие паспорту научной специальности

Разработки, предложенные автором, соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы:

– Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования.

– Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления.

– Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов.

Стиль изложения и оформления

В диссертации отражен значительный объём проведенных теоретических исследований и практических разработок, выполненных на высоком научно-техническом уровне путем анализа и обобщения данных, статистических методов обработки данных, методов численного анализа.

Для достижения главных целей диссертации и решения конкретных задач работы использована онтологическая модель деятельности электросетевого предприятия.

Аналитические исследования проведены на ЭВМ, а экспериментальные – на реальных объектах, эксплуатируемых ПАО «Россети Московский регион».

Работа оформлена аккуратно, изложение логичное и последовательное. Выводы по главам и заключение по диссертации полностью отражают полученные в работе научные результаты и практические рекомендации. Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК РФ. Полученные научные результаты отличаются новизной, а работа в целом – практической значимостью.

Вопросы и замечания по работе

При ознакомлении с работой возникли следующие вопросы и замечания:

1. Необходимо уточнить положения вывода 1 к главе 1 (с. 48): «Сформулированы требования к максимальной информационной нагрузке с целью обеспечения гомеостаза диспетчера», – необходимы количественные характеристики объемов информации (а не количество объектов управления).

2. Насколько чувствительна методика оптимизации режима напряжения и реактивной мощности сети с учетом исчерпания ресурса регулирующих устройств к стоимости операций регуляторов (глава 3)?

3. Как распространить указанную методику на устройства принципиально непрерывного регулирования (СК, СТК, СТАТКОМ)?

4. Имеется ряд редакционных замечаний к тексту диссертации:

– чем объясняется резкое изменение параметра Q_r (табл. 3.1) при переходе к упрощенной схеме «6 ярусов», – в исходной схеме $Q_r = 5\ 863$, в упрощенной – $Q_r = 14\ 165$;

– ссылка на данные табл. 3.1, сделанная на основе анализа результатов табл. 3.2, не является корректной, поскольку речь идет о разных схемах сети – (схема Московской ЭЭС и тестовая схема IEEE);

– не вполне корректно выполнено назначение пределов изменения мощности в сетях 110 кВ и 220 кВ при определении влияния мощности, протекающей между соседними узлами, на соответствующие коэффициенты чувствительности (рис. 3.3).

Данные замечания не являются принципиальными с точки зрения основных задач, поставленных и решенных в диссертации, они не затрагивают основные выводы и полученные результаты, не снижают общей ценности и полезности проделанной работы. Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования, автореферата диссертации и научных работ, опубликованных по теме диссертации.

Заключение

Докторская диссертация Гвоздева Дмитрия Борисовича «Повышение эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-исследовательском уровне, в которой проведены актуальные исследования, и посвящена разработке, исследованию и внедрению методов и средств автоматизации управления электротехническими комплексами для повышения эффективности электроснабжения мегаполисов в условиях их цифровой трансформации.

Диссертация Гвоздева Дмитрия Борисовича «Повышение эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации» удовлетворяет всем требованиям пунктов Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Гвоздев Дмитрий Борисович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв на диссертацию Гвоздева Дмитрия Борисовича, обсужден и утвержден на расширенном заседании научно-технического отдела АО «НТЦ ЕЭС», протокол № 2/2024 от 18 апреля 2024 года.

Начальник научно-технического отдела
АО «НТЦ ЕЭС»
канд. техн. наук, доцент

Курбатов Александр Геннадьевич

Старший научный сотрудник
научно-технического отдела
АО «НТЦ ЕЭС»



доктор техн. наук, профессор

Смоловик Сергей Владимирович

Подпись заверяю
Ведущий специалист отдела кадров О.В. Машаева

Полное наименование организации:

Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы»

194223, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Светлановское, ул. Курчатова, д. 1, литера А, АО «НТЦ ЕЭС»

<https://www.ntcees.ru/>

Тел.: +7 (812) 297-54-10

E-mail: ntc@ntcees.ru

Подпись заверяю
Ведущий специалист отдела кадров О.В. Машаева





Акционерное общество
«Научно-технический центр Единой энергетической системы»
(АО «НТЦ ЕЭС»)

Сведения о ведущей организации

по диссертации Гвоздева Дмитрия Борисовича на тему:
«Повышение эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации»,
представляемой на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Полное наименование организации	Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы»
Сокращенное наименование организации	АО «НТЦ ЕЭС»
Фамилия, имя, отчество руководителя организации	Измайлов Руслан Кимович
Должность руководителя организации	Генеральный директор
Почтовый адрес	194223, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Светлановское, ул. Курчатова, д. 1, литера А
Телефон	(812) 297-54-10, доб. 2600
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	www.ntcees.ru
Адрес электронной почты	ntc@ntcees.ru
Список основных публикаций работников организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	
1. Smolovik S.V., Denisenko A.I., Ryndina I.E., Chudny V.S. Comparison of the Effect of Series and Shunt Control Devices on the Limit of Transient Stability // 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). 2022. pp. 1276–1279. DOI: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755696. Публикация индексируется в международной базе данных Scopus	
2. Smolovik, S.V., Ivanov, S.A., Kuznetsov, A.A., Seleznev, Y.G. Denisenko, A.I. Optimization of Wind Farm Parallel Operation with the Power Grid // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021, pp. 1554–1557, 2021. DOI: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396081. Публикация индексируется в международной базе данных Scopus	
3. Smolovik S.V., Koshcheev L.A., Lisitsyn A.A., Denisenko A.I. Special Automation for Isolated Power Systems Emergency Control Grid // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021, pp. 1558–1561, 2021. DOI: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396071. Публикация индексируется в международной базе данных Scopus	

4. Ivanov S.A., Kouznetsov A.A., Kustov A.K., Liamov A.S., Smolovik S.V. Justification of the Power Distribution Scheme and the Main Technical Solutions for 12x2.5 MW Wind Farm //Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, pp. 1238–1240. 2020. DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.903948. Публикация индексируется в международной базе данных Scopus
5. Герасимов А.С., Измайлов Р.К. О концепции виртуальной электростанции // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2023, № 2 (89). С. 46–51. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
6. Крупенёв Д.С., Беляев Н.А., Локтионов В.И. Обоснование нормативов показателей балансовой надёжности на современном этапе развития электроэнергетических систем России // Энергетическая политика, 2023, № 8, с. 82–95. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
7. Горячевский К.С., Даутов А.А., Самусик К.А., Синянский И.В. Технологический цикл системы мониторинга функционирования устройств противоаварийной автоматики // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2022, № 2 (87). С. 66–72. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
8. Авхимов К.Б., Будовский В.П., Дубинин Д.М., Сацук Е.И. Учет топологии сети при кластерном анализе режима работы электроэнергетической системы // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2021, № 2 (85). С. 48–56. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
9. Костоглодова С.Л., Лоцман Д.С., Максименко Д.М., Неуймин В.Г., Останин А.Ю. Интеграция системы мониторинга запасов устойчивости с технологическими инструментами рынка электроэнергии и мощности // Известия НТЦ Единой энергетической сети, 2021, № 1 (84). С. 89-95. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
10. Горячевский К.С., Рыбин И.В., Самусик К.А., Синянский И.В. Система мониторинга функционирования устройств противоаварийной автоматики // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2021, № 2 (85). С. 90–96. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
11. Новиков А.В., Крицкий В.А., Большаков А.В. Формирование обязательных требований к АСУ ТП объектов электроэнергетики для реализации функций дистанционного управления // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021, № 3 (66). – С. 82–85. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
12. Андранович Б., Герасимов А.С., Кощеев Л.А., Крицкий В.А., Лисицын А.А. Интеллектуальное управление режимами изолированно работающей энергосистемы // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2021, № 1 (84), С. 61–66. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
13. Герасимов А.С., Кощеев Л.А., Крицкий В.А., Лисицын А.А. Автоматическое противоаварийное управление в энергосистемах // Электрические станции, 2020, № 1. С. 41–49. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary
14. Алтухова М.К., Люлина М.А., Рындина И.Е., Чудный В.С. Моделирование электроэнергетических систем по режимным частотным характеристикам // Известия НТЦ Единой энергетической системы, 2020, № 1 (82) – С. 131–136. Публикация индексируется в библиотеке eLibrary

Генеральный директор



Р.К. Измайлов