

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента**  
**Коровкина Николая Владимировича**  
**на диссертационную работу**  
**Гвоздева Дмитрия Борисовича**  
**«Повышение эффективности систем управле-**  
**ния электротехническими комплексами мега-**  
**полисов в условиях их цифровой трансформа-**  
**ции», представленной на соискание ученой**  
**степени доктора технических наук по специ-**  
**альности 2.4.2. – Электротехнические ком-**  
**плексы и системы**

**Актуальность избранной темы**

В современных условиях, после реформирования РАО «ЕЭС России» фактическая ответственность за надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей, возложена на организацию, которая обеспечивает передачу и распределение электрической энергии до конечного потребителя. В этих условиях надежность функционирования системы электроснабжения, во многом зависит от эффективности управления входящими в ее состав электротехническими комплексами.

Особенное значение эта эффективность управления имеет в мегаполисах в связи с высокой плотностью населения, сосредоточенностью системы электро- тепло- и газоснабжения, системы связи и транспортных коммуникаций. От надежности работы электротехнического комплекса мегаполиса зависят все системы жизнеобеспечения мегаполиса и его устойчивое функционирование, что в конечном счете определяется эффективностью работы его системы управления.

При этом особо важное значение обеспечение надежной и бесперебойной работы электротехнического комплекса мегаполиса приобретает в аварийных и послеаварийных режимах.

Современных средства цифровизации и автоматизации не должны усложнять систему управления электротехническими комплексами, а обеспечивать максимально быстрое принятие обоснованных решений и соответственно тем самым снижать количество возможных аварийных ситуаций.

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 инфор-

мационных 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.

К сожалению в настоящее время повальное увлечение модным направлением - «цифровизация» не всегда обеспечивает эффективное применение цифровых технологий, а в некоторых случаях даже вредит имеющейся системе управления, излишне ее усложняя и ломая имеющиеся эффективные структурные связи.

Для решения обозначенной выше проблемы предлагается использование онтологического моделирования путем создания онтологической модели деятельности (ОМД) сетевого предприятия. Используемые в работе методы онтологического моделирования позволяют смоделировать и изучить существующую систему управления, обеспечить ее строгую регламентацию, формализацию принимаемых решений и только потом переходить к автоматизации процессов управления с использованием цифровых технологий.

Ключевым элементом системы управления в настоящее время остается диспетчер, поэтому важной задачей является анализ и оптимизация его функционирования в системе управления электротехническими комплексами, для чего необходима оценка поступающих на него информационных воздействий, анализ структуры системы управления и выбор наиболее эффективного варианта, позволяющего максимального использовать его в системе без нарушения состояния его гомеостаза.

Актуальность работы связана с необходимостью ускорения технологического развития системы электроснабжения мегаполиса с применением современной цифровой техники и технологий. Для этого автором были проведены исследования, предложены новые технические решения, инициированы и внедрены научно-технические разработки, которые представлены в данной диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.

### **Научная новизна исследования и представленных результатов**

*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. Разработаны научно обоснованные методы повышения эффективности принятия решений управленческим персоналом электрических сетей для снижения времени простоя оборудования и оптими-

зирующих их управление. Сформулирован критерий оптимизации информационных воздействий на диспетчера: «Информационная нагрузка на диспетчера», определяемая суммой информационной нагрузки по голосовому и визуальному каналу не должна превышать максимальную нагрузку диспетчера, при которой обеспечивается состояние его гомеостаза». Доказано, что увеличение возможной информационной нагрузки на диспетчера позволит оптимизировать сложившуюся структуру оперативно-технологического управления, в том числе количество ЦУС и диспетчеров в смене, а кроме того, существенно повысит надежность системы оперативно-технологического управления при условии не нарушения гомеостаза диспетчера.

*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 система оперативно-технологического управления электротехническими комплексами мегаполисов, отличительной особенностью которой является использование сетевцентрической двухконтурной масштабируемой территориально-распределенной совокупности задаче-ориентированных электронных оперативных журналов («Система ОЖУР»). Внедрением «Системы ОЖУР» в ПАО Россети и ПАО «Россети Московский регион» подтверждена эффективность разработанного подхода к реализации средств автоматизации процессов оперативно-диспетчерского управления. Обоснована необходимость создания единой цифровой модели сети как основы для интеграции автоматизированных информационных систем компании.

*В третьей главе*, разработана методика снижения составляющей ОПЕХ сетевой компании, при одновременной оптимизации использования ресурса электросетевого оборудования, задействованного для регулирования уровней напряжения. 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 активной мощности и электроэнергии;

- метод ранжирования узлов по общей эффективности регулирования напряжения.

Для подтверждения эффективности разработанного метода в ПАО "Россети Московский регион" (Южные сети) на базе информации реального времени проведен вычислительный эксперимент и опробован разработанный метод. 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. 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. Разработаны и применены оригинальные технические решения, позволяющие обходить ограничения МП РЗА для реализации ДУ. В рамках обеспечения информационной безопасности реализована подсистема кибербезопасности при мониторинге РЗА и дистанционном управлении оборудованием подстанций и в ПАО «Россети Московский регион».

В пятой главе 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 корректировать сроки работ при плановом обслуживании оборудования и полностью перейти на техническое обслуживание по состоянию. Проведена модернизация программного обеспечения с целью создания комплекса цифрового мониторинга РЗА в защищенном исполнении и произведено внедрение системы в ПАО «Россети Московский регион», со следующими ключевыми функциями:

- расчет индекса готовности устройств РЗА для приоритизации проведения технического обслуживания и ремонтов;
- автоматизированная локализация мест повреждения по данным осциллограмм с программным определением места повреждения на линии по двустороннему замеру;
- централизованный сбор по протоколу МЭК 61850 событий и файлов осциллограмм без использования отдельного сервера мониторинга РЗА на подстанциях;
- формирование единого файла описания аварийного события энергообъекта с применением технологии синхронизации отдельных осциллограмм и событий.

#### **Практическая значимость и реализация результатов работы**

Работа имеет выраженную практическую направленность на создание новой системы управления, включающей эффективные технические решения по управлению электротехническими комплексами мегаполиса. Результаты работы в настоящее время применяются в практике управления электротехническим комплексом мегаполиса г. Москвы.

Предложены методы, методики и технические решения систем управления электротехническими комплексами мегаполисов, отличающиеся высо-

кой 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».

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

#### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Результаты диссертационной работы получены при корректном использовании методов онтологического моделирования, расчетов режимов работы ЭЭС, обоснованном применении расчетных комплексов и методов программирования. Наблюдается согласованность результатов в большом количестве примеров и используемыми реальными данными. Кроме того, достоверность положений, выводов и рекомендаций подтверждаются актами внедрения, приведенными в приложении диссертации.

#### **Соответствие работы научной специальности**

Объект, предмет и методы исследования соответствуют паспорту научной специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы, а именно п. 2 «Разработка научных основ проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов, систем и их компонентов», п. 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления» и п. 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов».

**По материалам, представленным в диссертационной работе, могут быть сделаны следующие замечания:**

1. Где и как на практике использованы подходы автора по оптимизации информационной нагрузки на оперативно-диспетчерский персонал?
2. Как учитывается устойчивость в методе определения оптимального числа управляющих воздействий при регулировании напряжением и реактив-



ной мощностью в мегаполисах?

3. Система управления строится на основе онтологических моделей и с использованием искусственного интеллекта, но существуют еще методы управления на базе нейронных сетей, нашли ли они отражение в работе?

4. Алгоритм регулирования напряжения, рассматриваемый в диссертационной работе, имеет ограниченное применение и, строго говоря, не дает возможности получения глобального экстремума.

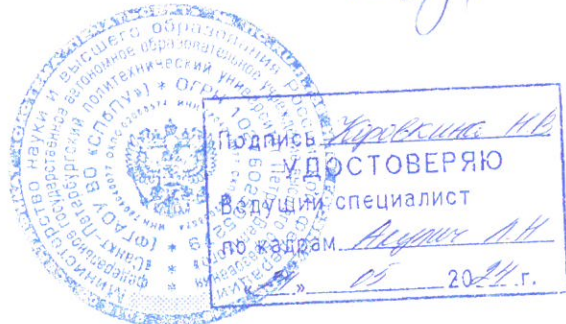
### Заключение по диссертационной работе

Сделанные замечания не снижают высокой в целом ценности проведенных исследований. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы. Диссертация является законченным, самостоятельным исследованием, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. В диссертации содержатся сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов. Предложенные автором диссертации решения обоснованы, приводится сравнение с другим известными решениями. Основные научные результаты опубликованы в 48 изданиях, из которых 30 статей - в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа «Повышение эффективности систем управления электротехническими комплексами мегаполисов в условиях их цифровой трансформации» отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Гвоздев Дмитрий Борисович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, доктор технических наук,  
профессор, высшей школы «Высоковольтная энергетика»  
Федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ») 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29  
E-mail: Nikolay.korovkin@gmail.com  
Тел.: +7 812 552 7572

Николай Владимирович Коровкин  
24.05.2024



## Сведения об официальном оппоненте

ФИО	Коровкин Николай Владимирович
Ученая степень и наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Д.т.н., 05.09.05 – Теоретическая электротехника
Ученое звание	профессор
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы, должность	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».
Почтовый адрес организации	ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251
Телефон	+7 (812) 775-05-30
Адрес электронной почты	Nikolay.Korovkin@gmail.com
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elgamal M., Elmitwally A., Korovkin N., Abdel Menaem A. Day-ahead complex power scheduling in a reconfigurable hybrid-energy islanded microgrid with responsive demand considering uncertainty and different load models. Applied Energy. 2022. Т. 309. С. 118416. Q1, Impact score 11.46</li> <li>2. Refaat, A., Ali, Q.A., Korovkin, N.V., at all. Extraction of maximum power from PV system based on horse herd optimization MPPT technique under various weather conditions. Renewable Energy, 2024, 220, 119718, Q1, Impact score 8,63</li> <li>3. Chen, H., Yang, F., Korovkin, N.V. at all. Bipolar power converter and control of switched reluctance generator system for renewable energy storage. Microelectronics International, 2023, 40(3), pp. 219–231. Impact score 0.183</li> <li>4. Yu, F., Chen, H., Korovkin, N.V., at all. Performance Improvement for Double-Stator Axial Flux SRM Using a New Winding Reconfigurable Power Converter. IEEE Transactions on Transportation Electrification, 2023, 9(2), pp. 3295–3307, Q1, Impact score 10,3</li> <li>5. Korovkin, N.V., Minevich, T.G., Solovyeva, E.B. Determining the Electromagnetic Parameters of a Group of Sensors Intended for Measuring in Reactive Media or in Hard-to-Reach Parts of Equipment. Russian Electrical Engineering, 2023, 94(3), pp. 181–185. K1. Импакт-фактор: 1.13. (Scopus) DOI: 10.53891.</li> <li>6. Korovkin, N.V., Minevich, T.G., Solov'eva, E.B. Identifying the Equivalent Circuit Parameters of Quadripoles from</li> </ol>



- Measurements at the Boundaries of Their Tandem Connection. Russian Electrical Engineering, 2022, 93(3), pp. 141–147. K1. Импакт-фактор: 1.13. (Scopus) DOI: 10.53891.
7. Elgamal, M., Korovkin, N., Abdel Menaem, A., Elmitwally, A. An algorithm for power flow analysis in isolated hybrid energy microgrid considering DG droop model and virtual impedance control loop. Sustainable Energy, Grids and Networks, 2022, 32, 100875. Q1, Impact score 5.4
  8. Osman M.H., Seify M.A.E., Ahmed M.K., Korovkin N.V., Refaat A. Highly efficient MPP tracker based on adaptive neuro-fuzzy inference system for stand-alone photovoltaic generator system. International Journal of Renewable Energy Research. 2022. T. 12. № 1. С. 209-217. Q2, Impact factor 8.3
  9. Shehata A.A., Korovkin N.V., Tolba M.A., El-Rifaie A.M. Power system operation enhancement using a new hybrid methodology for optimal allocation of facts devices. Energy Reports. 2022. T. 8. № Suppl. 1. С. 217-238. Q2, Impact factor 6.87
  10. Boguslawsky, I; Korovkin, N; Popov, V; Sokolova, O. Synchronous machine performance under geomagnetic disturbances. High Voltage, Published by Wiley, 2021, Vol. 6, Issue 5, Page 894-903, DOI10.1049/hve2.12107, Q2, Impact factor 1.09.
  11. D. A. Verkhovtsev, E. I. Gurevich & N. V. Korovkin. On the Thermal State of the Rotor Winding of a Turbogenerator with Self-Ventilation from the Sub-Slot Channel1. Power Technology and Engineering volume 55, pages 576–581 (2021), Импакт-фактор: 0.3 (Scopus, BAK)
  12. Korovkin, N.V., Minevich, T.G., Solovyeva, E.B. Monitoring of Electricity Consumption by Measurements in Selected Network Nodes. Russian Electrical Engineering, 2021, 92(3), pp. 145–149. K1. Импакт-фактор: 1.13. (WoS, Scopus).
  13. Shehata, A.A., Refaat, A., Ahmed, M.K., Korovkin, N.V. Optimal placement and sizing of FACTS devices based on Autonomous Groups Particle Swarm Optimization technique. Archives of Electrical Engineering, 2021, 70(1), pp. 161–172. Импакт-фактор: 1.3. (WoS, Scopus).
  14. Мохамед Элгамаль, Коровкин Н.В., Рефаат А., Эльмитвалли А. Энергоменеджмент гибридной энергетической микросети на сутки вперед. Известия Российской академии наук. Энергетика. 2021. № 1. С. 54-69. K1. Импакт-фактор 0.324.
  15. Беляев Н.А., Коровкин Н.В., Чудный В.С. Многокритериальная оптимизация при планировании развития энергосистем. Известия Российской академии наук. Энергетика. 2021. № 2. С. 3-11. K1. Импакт-фактор 0.324.

*И.С. Коровкин*

*И.С. Коровкин*

Подпись: *И.С. Коровкин*

УДОСТОВЕРЯЮ

Ведущий специалист

по кадрам

20\_\_ г.