

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Томина Никиты Викторовича **«Методологические основы синтеза автономных систем управления режимами активных распределительных сетей с применением машинного обучения»**, представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика

Диссертация Н.В. Томина посвящена актуальной научно-технической проблеме развития принципов и средств управления активными распределительными электрическими сетями 35–0,4 кВ в условиях их цифровизации и интеллектуализации. Рост доли распределённой и возобновляемой генерации, массовое применение силовой электроники, развитие сервисов гибкого спроса и появление микроэнергетических систем приводят к усложнению схемно-режимных условий и повышают требования к наблюдаемости, оперативности и качеству принимаемых управленческих решений. В этих условиях традиционные средства автоматизации и диспетчеризации достигают предельных возможностей по управлению возрастающей сложностью и неопределённостью, что обуславливает необходимость разработки новых подходов — включая автономные и самообучающиеся системы управления.

Актуальность работы дополнительно обусловлена спецификой электроэнергетики Российской Федерации, для которой характерны территориальная неоднородность нагрузок, наличие удалённых и обособленных зон электроснабжения, а также ограниченность возможностей оперативного управления в распределительных сетях при высокой вариативности переключений. В этих условиях особый практический интерес представляют решения, ориентированные на применение в пределах энергорайонов, где при достаточной наблюдаемости возможно централизованное принятие решений с учётом общесистемного эффекта. При этом такие решения могут рассматриваться как дополнение к существующей автоматике, повышающее эффективность управления в нормальных и аварийных режимах без постоянного участия диспетчерского персонала. Тем самым результаты исследования потенциально востребованы для повышения надёжности и эффективности функционирования распределительных сетей и энергорайонов, прежде всего в условиях роста доли распределённых энергетических ресурсов (РЭР) и усложнения режимов.

Диссертационная работа носит комплексный характер и ориентирована на развитие концепции когнитивной автоматизации активных распределительных сетей, предусматривающей интеграцию оперативно-диспетчерского и автоматического управления в единую автономную интеллектуальную систему. Основные усилия в работе направлены на разработку методологических основ построения автономных систем управления, основанных на применении методов обучения с подкреплением и технологий цифровых двойников. Объектом исследования являются активные распределительные сети и связанные с ними микроэнергетические системы и объекты малой энергетики; предметом — автономные си-

стемы управления режимами работы указанных объектов на основе методов машинного обучения.

Научная новизна диссертационной работы состоит в обосновании и развитии целостного подхода к построению автономного управления активными распределительными сетями, в котором объединяются иерархическая архитектура иерархической интеллектуальной автоматизированной системы управления (ИАСУ), технологии цифрового двойника и методы машинного обучения. Существенным результатом является предложенная автором пятиуровневая архитектура цифрового двойника, ориентированная на совместное использование данных реального объекта и модели с процедурами повышения достоверности информации и применением прогностических инструментов для поддержки принятия решений. Отдельного внимания заслуживает развитие методологических основ синтеза самообучающихся систем автоматического управления на базе методов обучения с подкреплением, нацеленное на адаптацию управления к изменяющимся режимным условиям. В совокупности указанные разработки формируют концептуальную и методическую базу для реализации автономной диспетчерской системы нового поколения («Автономный диспетчер») как интеллектуального ядра ИАСУ, обеспечивающего сквозное управление цифровыми распределительными электрическими сетями – от уровня полевых объектов до уровня центра управления сетями.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждается их доведением до прикладного уровня и апробацией (использованием) на реальных объектах. В автореферате отмечено применение методологии «Автономного диспетчера» и программного комплекса «МЕГА» при исследовании изолированных микрогридов (Бурятия, Якутия, Приморский край) и тестировании на участках сети 0,4 кВ г. Якутска, а также использование разработок в проектах цифровизации энергорайонов (Иркутск, Якутск) и в НИР по энергетической стратегии Иркутской области; указаны внедрения отдельных результатов в различных организациях и наличие акта об использовании результатов в различных НИР ИСЭМ СО РАН. Приведённые сведения позволяют оценить практический потенциал работы как высокий и сделать вывод о возможности дальнейшего тиражирования и применения результатов в различных проектах цифровизации электросетевого комплекса, а также в области повышения надёжности, эффективности управления распределительными сетями и энергорайонами.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 49 печатных изданиях, 9 из которых — в журналах (К1, К2), рекомендованных ВАК по специальности 2.4.3, 4 статьи в изданиях (К1, К2), рекомендованных ВАК по другим специальностям, 15 — в периодических научных журналах (Q1, Q2), индексируемых Web of Science и Scopus, 14 – в тезисах докладов. Зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

По автореферату возникли следующие вопросы и замечания:

1. В работе предложена перспективная концепция системы «Автономный диспетчер», однако требует уточнения её конкретное место и функциональная роль в иерархии управления активной распределительной сетью, особенно для изолированных или сла-

босвязанных энергорайонов, где развертывание полноценной оперативно-диспетчерской службы экономически нецелесообразно. Необходимо более отчётливо показать, может ли система выступать не только в качестве централизованной координирующей автоматики верхнего уровня, но и как полноценная замена «живому» диспетчеру в таких условиях, беря на себя весь комплекс функций ситуационного управления. В частности, требует прояснения её роль в оптимизации послеаварийного восстановления путём перебора допустимых конфигураций сети для перевода её на оптимальный режим. Одновременно важно детализировать, как в архитектуре обеспечивается согласование автономных решений с действующими контурами локальной автоматики и эксплуатационными регламентами, а также какие конкретные классы управляющих воздействий предполагается полностью делегировать системе в нормальных и аварийных режимах для реализации заявленного свойства функционального резервирования в условиях отсутствия постоянного операторского контроля.

2. Известно, что в распределительных сетях 6–35 кВ ключевыми остаются ограничения по уровню напряжения, токовым нагрузкам элементов сети, ресурсу коммутационной аппаратуры, а также требования к качеству электроэнергии. В связи с этим представляется целесообразным уточнить, каким образом в постановках задач управления на основе обучения с подкреплением формализованы технологические ограничения (напряжение, токи, ограничения на регулирующие устройства, и т.п.) и как обеспечивается их соблюдение в ходе обучения и эксплуатации.

3. В работе декларируется высокая робастность самообучающихся САУ к кибератакам. Каковы конкретные механизмы обеспечения киберустойчивости предложенных решений? Проводились ли исследования устойчивости системы к так называемым «adversarial attacks», направленным на манипулирование входными данными для алгоритмов машинного обучения?

Приведённые вопросы и замечания не снижают высокой положительной оценки диссертационной работы, поскольку не затрагивают её основных научных положений и полученных результатов.

Диссертационная работа Н.В. Томина на тему «Методологические основы синтеза автономных систем управления режимами активных распределительных сетей с применением машинного обучения» является законченной научно-квалификационной работой, обладает научной новизной и практической значимостью полученных результатов, соответствует паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика. В диссертационной работе изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения в области цифровизации и интеллектуализации управления распределительными электрическими сетями, направленные на повышение надёжности и эффективности их функционирования и имеющие практический потенциал для внедрения в электроэнергетике страны. По своему теоретическому уровню и практическому значению диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук, а именно критериям пунктов 9-14 «Положения

о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 16.10.2024), а её автор Томин Никита Викторович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Образовательно-научного института электроэнергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Доктор технических наук, профессор

 Куликов Александр Леонидович

inventor61@mail.ru

(831)432-91-85

Сведения о месте работы:

603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д.24, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Телефон: +7(831)436-63-07

e-mail: nntu@nntu.ru, web-сайт: <http://www.nntu.ru>

Подпись Куликова А.Л. заверяю





