

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук,  
профессора Сосниной Елены Николаевны на диссертацию  
Томина Никиты Викторовича «Методологические основы синтеза  
автономных систем управления режимами активных распределительных  
сетей с применением машинного обучения», представленную на соискание  
ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.3 –  
Электроэнергетика

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Тема диссертационной работы современна, своевременна и очень актуальна. Усиливающаяся роль распределённой генерации и потребителей электроэнергии как активных элементов энергосистем и рынков, масштабная цифровизация и интеллектуализация энергетической отрасли подразумевают создание и функционирование централизованно-распределённых киберфизических, интеллектуальных энергосистем. Современный этап цифровой трансформации распределительных электрических сетей (РЭС) 35–0,4 кВ ставит принципиально новые задачи перед системами управления, обусловленные появлением микросетей, интеграцией стохастических источников распределённой генерации и др. Традиционные методы управления РЭС 35–0,4 кВ становятся малоэффективными из-за динамичности процессов, нелинейности характеристик и необходимости быстрого реагирования на динамические изменения режимов работы сети. Требуется развитие принципиально новых форм автоматизации, связанных с переходом к автономным системам управления, обладающих способностью к самообучению, адаптации и самостоятельному принятию решений в условиях неопределённости.

Диссертация Томина Н.В. посвящена вопросам разработки автономных систем управления режимами современных активных распределительных сетей (35 – 0,4 кВ) на основе методов машинного обучения.

Предложенная в диссертационной работе концепция иерархической интеллектуальной автономной системы управления (ИАСУ) цифровых электрических сетей объединяет возможности автоматизированного и автоматического управления, создавая единый механизм, способный к самостоятельному принятию решений на основе заданных критериев и алгоритмов.

Об актуальности темы диссертации свидетельствует и государственная поддержка цифровизации электроэнергетики России через законодательные меры (Распоряжение Правительства РФ от 12.03.2024 №581-р, и др.) и финансирование проектов в этой сфере.

## 2. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав основного текста, заключения, списка литературы из 538 наименований, списков рисунков и таблиц и шести приложений. Работа представлена на 588 страницах машинописного текста, содержит 236 рисунков и 23 таблицы.

*Введение* раскрывает актуальность, цель и задачи исследования, научную новизну и практическую значимость работы, положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* выполнен обзор публикаций по тематике исследования и рассмотрены проблемы перехода к автономному управлению режимами электрических сетей при их интеллектуализации и цифровизации

*Вторая глава* посвящена анализу современных методов машинного обучения и адаптации "модели иерархического интеллекта" для разработки автономных систем управления в современных электрических сетях.

*Третья глава* посвящена исследованию методов машинного обучения с подкреплением (*RL*) для разработки систем управления режимами электрических сетей на основе автономного искусственного интеллекта. Проведен обзор исследований применения *RL* для управления нормальными и аварийными режимами активных распределительных сетей

*Четвертая глава* посвящена разработке методологии построения цифровых двойников энергетических систем для задач автономного управления на основе машинного обучения с подкреплением. Приведены примеры практического применения технологии цифрового двойника как ключевого элемента ИАСУ активными распределительными сетями.

*В пятой главе* предложена методология построения и функционирования самообучающихся САУ нижнего и среднего уровня в рамках модуля координации контроллеров РП и ТП предложенной ИАСУ. Центральное место в исследовании занимает анализ дуализма управления, при котором локальные САУ энергетических объектов цифровой РЭС (реклоузеров, энергоустройств, микросетей, электрозаправочных станций (ЭЗС), инверторов и др.) обладают способностью как к полностью автономному принятию решений, так и к координированному взаимодействию через центральный оптимизатор на уровне центра управления сетями.

*В шестой главе* системно изложена концепция автономного управления цифровыми распределительными сетями, объединяющая теоретические разработки в целостную методологию построения и внедрения ИАСУ. Показан переход от научно-исследовательских задач к практической реализации в условиях реальных электросетевых объектов в условиях

цифровизации РЭС. Представлена комплексная концепция построения автономных диспетчерских систем для цифровых РЭС 35–0,4кВ, объединяющая методологические, технологические и практические аспекты.

В *заключении* сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Автореферат является кратким изложением основных результатов диссертационной работы и соответствует содержанию диссертации.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной работе, апробированы на региональных, всероссийских, национальных и международных научно-технических конференциях. Результаты диссертации опубликованы в 49 печатных работах, в том числе 13 – в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК, 15 – в журналах, индексируемых базами данных *WoS* и *Scopus*, 4 монографии. Получено 2 свидетельства о регистрации программы на ЭВМ.

Автор корректно использует известные научные методы анализа, обобщения полученных результатов, выводов в предложенных решениях. грамотно применяет базовые законы электротехники, методы теории электрических полей, методы структурного анализа и имитационного математического и компьютерного моделирования.

Теоретические положения соответствуют результатам, полученным при внедрении.

### **4. Научная новизна диссертационной работы**

Научная новизна диссертации заключается в адаптации «иерархической модели интеллекта» для построения автономных систем управления в электроэнергетике на базе методологии *RL*, в разработке: методологических основ построения и внедрения иерархической ИАСУ для реализации поэтапной цифровой трансформации РЭС; комплексной методологии построения цифрового двойника энергосистем на базе оригинальной пятиуровневой архитектуры; методологии синтеза нового класса самообучающихся САУ на основе объединения теории «уравнений мозга» и методов *RL* для реализации адаптивного управления элементами активной распределительной сети; принципиально нового подхода к построению автономных диспетчерских систем типа «Автономный диспетчер».

## 5. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость диссертации определяется научно-техническими результатами исследований, которые вносят фундаментальный вклад в теорию управления режимами электрических сетей, предлагая принципиально новый подход к созданию автономных интеллектуальных систем нового поколения. Основной теоретический прорыв заключается в создании целостной концепции иерархического интеллектуального управления, объединяющей современные достижения в области *RL*, теории сложных систем и когнитивной автоматизации.

О практической значимости свидетельствует внедрение результатов исследования в реальный сектор экономики.

Разработанный Томиным Н.В. новый подход к созданию цифрового двойника энергетических систем с использованием метода обучения с подкреплением был положен компанией стратегического развития энергетики АО «Фонд Форсайт» в основу роботизированного управления нагрузками потребителей, среди которых микрорайоны (снабжающие жилые дома, образовательные учреждения, торговые объекты – Якутск), спортивные объекты (две ледовые арены Московской обл.), крупные торговые центры (Московская обл.), крупные офисные центры (Владивосток, Благовещенск).

Методика автономного управления энергоустановками энергоэффективных зданий была использована при разработке стандартов организации АО «ТАТЭЛЕКТРОМОНТАЖ» в области проектирования и эксплуатации объектов энергетики, промышленности, жилищно-гражданского строительства и городского электротранспорта.

Разработанная гибридная метамодель на основе алгоритмов машинного обучения рекомендована институтом Физики НАН Азербайджана к использованию для краткосрочного прогнозирования выработки мощности в ветропарках республики Азербайджана, что будет способствовать более точному предсказанию генерируемой мощности ветроэнергетических

установок, и как следствие, повышению эффективности оперативно-диспетчерского управления.

Материалы диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» при подготовке обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в рамках магистерских программ «Электрические станции, системы и сети», «Интеллектуальные системы электроснабжения» и «Цифровая электроэнергетика», а также использованы ИСЭМ СО РАН при выполнении ряда научно-исследовательских работ.

## **6. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.4.3 – Электроэнергетика в части пп. 10, 16 и 20:

п.10 «Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения;

п.16 «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике»;

п.20 «Разработка методов использования телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии».

## **7. Замечания по диссертации и автореферату**

1. Неоправданное использование англоязычных заимствований (энергетическое сообщество, инъекции мощности и др.) при наличии устоявшихся русскоязычных аналогов затрудняет восприятие текста. Вместе с тем, для работы, направленной на создание методологических основ, терминологическая строгость и опора на устоявшийся понятийный аппарат имеют важное значение.

2. Существуют ли риски нарушения устойчивого функционирования ЭЭС при внедрении ИИ? Какова роль человека в процессе управления? Как решаются вопросы кибербезопасности? Становится ли система более уязвимой при внедрении систем на основе ИИ?

3. Для нормального функционирования предложенных систем управления требуется бесперебойная работа каналов связи и вычислительных средств. Как обеспечивается функционирование системы при отказах каналов связи или выходе из строя отдельных агентов?

4. Следует пояснить диаграмму с эксплуатационными затратами при моделировании режима работы ЦД РЭС Академгородка (рис. 4.30 в п.4.4 или рис. 6 в автореферате).

5. В гл. 5.4, посвященной разработке самообучающейся САУ для оптимальной зарядки электромобилей, указано, что «...временной сдвиг пиков нагрузки стал возможен благодаря гибкости процессов нагрузки». Из текста диссертации и рис. 5.24, поясняющего конфигурацию управления зарядкой, неясно, за счет чего обеспечивается гибкость. Только ценового регулирования может быть недостаточно для влияния на режимы заряда электромобилей, связанных с «ритмом жизни» их владельцев. С технической стороны, гибкость потребления электроэнергии ЭЭС может быть обеспечена использованием систем накопления энергии, но об этом не говорится.

6. В п. 5.4.3 отмечено, что по результатам экспериментальных исследований разработанная самообучающаяся САУ по оптимальной зарядке электромобилей показала высокий уровень адаптации, автономности и эффективности. Вместе с тем, предложенный подход был исследован с помощью имитационного компьютерного моделирования на примере одной локации (энергорайона с солнечными ФЭП и ЭЭС) с различным уровнем выработки мощности ФЭП. Из представленных результатов не очевидны возможности масштабирования предложенного подхода к управлению для других распространенных сценариев использования ЭЭС (на участках высокоскоростных магистралей, зонах парковки в городских районах и др.).

7. В описании методологии внедрения автономных диспетчерских систем для цифровых активных распределительных сетей (гл. 6.6) следовало бы уделить большее внимание задачам обеспечения информационной безопасности и киберзащищенности систем управления.

8. В диссертации следовало бы привести информацию, позволяющую оценить технико-экономический эффект от разработанных автором систем на основе ИИ.

9. Термин «ветряная турбина» (Приложение Б) является плохим дословным переводом «Wind Turbin». Правильно: ветроэнергетическая установка (см. все российские ГОСТ по ВЭУ).

10. В диссертации имеются ошибки редакционного характера, ее текст следовало бы внимательно вычитать.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

## Заключение

Диссертационная работа Томина Н.В. «Методологические основы синтеза автономных систем управления режимами активных распределительных сетей с применением машинного обучения» представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, обладает внутренним единством и актуальностью, содержит новые научные знания, в которой на основе проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные подходы, методики и технические решения, направленные на цифровую трансформацию российских распределительных электрических сетей и развитие отечественной энергетики.

По актуальности, научной новизне, практической значимости, объёму и уровню выполненных исследований, публикации результатов в научной печати диссертация отвечает требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024), а её автор, Томин Никита Викторович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика..

### Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,

\_\_\_\_\_ Соснина Елена Николаевна  
18 февраля 2026 г.

603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

НГТУ, кафедра ЭССЭ

тел. +7 (831) 432-91-85

e-mail: [sosnina@nntu.ru](mailto:sosnina@nntu.ru)

Подпись и реквизиты профессора Сосниной Е.Н. подтверждаю:

Ученый секретарь Ученого Совета ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

+7 (831) 436-23-91, [uchsov@nntu.ru](mailto:uchsov@nntu.ru)

