

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**
Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.ru, <http://www.pgups.ru>
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор –
проректор по научной работе,
д.т.н. профессор



Т.С. Титова
Марта 2024 г.

№ _____
На № _____ от _____
Г _____

ОТЗЫВ

**ведущей организации - федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
на диссертацию
Белова Михаила Николаевича
«Стационарный управляемый накопитель энергии в системе тягового
электрооборудования метрополитена», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

1. Актуальность темы исследования

Следом за ростом городов, претерпевает изменение и рост их транспортная система. Одной из основных транспортных систем крупных городов является метрополитен. Повышенное внимание к «зелёным» технологиям, вопросам энергоэффективности приводит к растущей необходимости в совершенствовании энергосберегающих решений во всей городской инфраструктуре, в её транспортных системах и метрополитенах. В этом контексте, научно-технический интерес сосредотачивается вокруг современных эффективных решений с обозримой практической реализацией, одно из которых заключается в интеграции системы тягового электрооборудования метрополитена и управляемых накопителей энергии.

2. Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура работы находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем обоснованные технические решения и разработки, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

3. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Личный вклад соискателя состоит в:

1) получении экспериментальных данных на основе проведения системных замеров показателей работы основного электротехнического оборудования совмещенных тяговых подстанций Московского метрополитена;

2) разработке схемы и конструкции установки управляемого накопителя энергии, а также двух вариантов алгоритмов его системы управления;

3) разработке комплексной имитационной модели работы электротехнического оборудования совмещенной тяговой подстанции, в том числе с предлагаемым управляемым накопителем энергии, в единой цифровой среде;

4) предложении методов оценки эффективности использования нового технического решения с учетом уже существующего оборудования на конкретной подстанции метрополитена.

4. Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов исследования подтверждается проверкой статической совместимости данных, полученных при имитационном моделировании работы устройств системы тягового электроснабжения, с данными экспериментальных замеров. Достоверность теоретических результатов подтверждают эксперименты по системным замерам электротехнических показателей, которые проводились на нескольких действующих СТП метрополитена.

Положения работы докладывались и обсуждались на международных конференциях: на III Международной выставке-конференции «ИНТЕРМЕТРО», «Перспективы развития метрополитенов в условиях интенсивного внедрения новых технологий: инфраструктура и подвижной состав». МИИТ, 2019, 2021, 2023 гг; на 10 Международном симпозиуме EITrans, «Электрификация и развитие ж.д. транспорта России. Традиции, современность, перспективы», С- Петербург, 2019г; на III международной

выставке «INTERNATIONAL YOUTH CONFERENCE ON RADIO ELECTRONICS, ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING», Москва, МЭИ, 2021 г; на V Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, «Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте», Омск, 2022 г; на заседаниях кафедры «Электроэнергетика транспорта» РУТ(МИИТ) 2020, 2021, 2022 гг.; Объединённый научно-технический семинар (кафедра «Электроэнергетика транспорта» и кафедра «Электропоезда и локомотивы») РУТ (МИИТ) 2023.

5. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в следующем:

Доказано, что использование управляемых накопителей энергии способствует повышению энергоэффективности СТЭ метрополитенов. Произведено исследование электротехнического эффекта внедрения УНЭ от места его подключения к системе тягового электроснабжения: на тяговой подстанции, в середине межподстанционной зоны и в конце консольного участка.

Практическая ценность результатов состоит в следующем:

Разработана новая конструкция управляемого накопителя, учитывающая условия существующих площадей совмещённых тяговых подстанций метрополитена и основанная на принципах модульности, универсальности и компактности. На основе разработанного устройства предложены технические решения для повышения качества электроснабжения и энергоэффективности СТЭ метрополитена.

Разработаны программные модули для моделирования работы электрохимических и суперконденсаторных накопителей энергии. Полученные модели интегрированы в вычислительно-измерительный комплекс.

6. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, представленных в диссертации

Полученные в диссертации результаты имеют важное практическое значение для повышения уровня энергоэффективности системы тягового электроснабжения метрополитена. Особенно востребована предложенная схема управляемого накопителя энергии, которую возможно применить в качестве меры по усилению действующих тяговых подстанций метрополитенов или в качестве меры по энергосбережению для вновь строящихся линий. Данное техническое решение должно поспособствовать

упрощению внедрения УНЭ в СТЭ метрополитенов.

7. Новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Разработана методика, позволяющая посредством матричного анализа схемы замещения СТЭ определить места установки УНЭ;
2. Показано качественно и количественно, что использование УНЭ в составе СТЭ повышает качество электроэнергии по уровню напряжения и эффективность использования энергии рекуперации;
3. Разработаны методики оценки эффективности использования предложенных новых технических решений;
4. Разработаны алгоритмы системы управления управляемого накопителя энергии для режимов приёма избыточной энергии рекуперации и снижения установленной мощности;
5. Разработаны комплексные имитационные математические модели работы накопителей энергии различных типов для последующей интеграции их в программный комплекс по расчёту систем тягового электроснабжения метрополитенов.

8. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации соответствует паспорту специальностей научных работников по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (1. 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. 3. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления. 4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов).

9. Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат диссертации соответствует её содержанию и полностью отражает её научную новизну и практическую значимость, а опубликованные соискателем работы раскрывают основные положения диссертационного исследования.

10. Замечания по диссертационной работе

1. В работе было разобрано не исчерпывающее количество возможных ситуаций консольного питания. Не рассмотрено расположение в тупиках возле конечных станций линии.

2. Для интегрирования дифференциального уравнения для определения напряжений/токов применялся метод прямоугольников. Применение метода трапеций или других более точных методов могло бы снизить погрешность расчётов.

3. Схематическое изображение объекта исследования в главе 4 неинформативно, из него неясны особенности расположений станций вдоль пути следования метropоезда.

4. Из текста диссертации неясно, включена ли какая-либо из представленных в главе 3 модель преобразователя в программный комплекс для электротехнических расчётов наряду с другими подпрограммами.

5. На диаграммах токов и напряжений в главе 4 заметна чёткая периодичность возрастания всплесков нагрузки. Чем вызвано такое поведение модели?

6. На диаграммах результатов моделирования накопителей в главе 3 направления токов в разработанной модели и модели, использованной в качестве контрольной, отличаются.

7. В тексте присутствуют погрешности редакционного характера.

11. Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация Белова М. Н. выполнена самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения (согласно требованиям п. 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»).

Работа написана научным языком, с применением терминов, характерных для области проведенных исследований. Для каждого раздела диссертации сделаны выводы, а для всей работы дано общее заключение.

Диссертация Белова Михаила Николаевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по установке накопителя энергии в системе тягового электроснабжения метрополитенов, способствующие повышению энергоэффективности тягового электроснабжения, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (технические науки).

Заключение рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Электроснабжение железных дорог» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 19 марта 2024 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой
«Электроснабжение железных дорог»,
д.т.н., профессор


 Агунов
Александр Викторович

Секретарь кафедры
«Электроснабжение железных дорог»

 Иванова
Элла Александровна

Я, Титова Тамила Семёновна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 40.2.002.11 и их дальнейшую обработку.

«20» марта 2024 г.

 Т.С. Титова