

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 35.2.033.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 05.12.2025 г. № 3

О присуждении Борошнину Александру Леонидовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки) принята к защите 26 сентября 2025 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 35.2.033.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, 196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №1219/нк от 12 октября 2022 г.

Соискатель Борошнин Александр Леонидович, 1979 года рождения.

В 2002 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (в настоящее время ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет») по специальности «Инженер - электрик» с присуждением квалификации «Инженер - электрик».

В 2005 году окончил аспирантуру государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (в настоящее время ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет») по направлению подготовки 05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве. С 01 ноября 2023 года

прикреплен для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре к ФГБОУ ВО СПбГАУ по научной специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (приказ № 3526 от 07.11.2023 г.).

Справки о сданных кандидатских экзаменах выданы в 2024 году ФГБОУ ВО СПбГАУ (справка №3114 от 16.09.2024).

С 25 октября 2024 г. Боршнин А.Л. был откреплён от подготовки диссертации, согласно приказа №3496 от 28.10.2024 г. в связи с успешным прохождением рассмотрения кандидатской диссертации на кафедре.

В период подготовки диссертации соискатель Борошнин Александр Леонидович работал в ООО «Стройкомплекс» в должности главный инженер.

Диссертация Борошникова А.Л. «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», подведомственном Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Научный руководитель – Косоухов Федор Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроэнергетики и электрооборудования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО СПбГАУ).

Официальные оппоненты:

1. Смоловик Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-технического отдела АО «НТЦ ЕЭС», действительный член Академии электротехнических наук РФ, г. Санкт-Петербург;

2. Роцин Олег Алексеевич, кандидат технических наук, ведущий специалист Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина» (ФГБОУ

ВО Орловский ГАУ) в своем положительном отзыве, подписанном И.о. заведующего кафедрой электроснабжения ФГБОУ ВО Орловский ГАУ Доктором экономических наук, профессором Паршутиной Инной Григорьевной, указала, что диссертация на тему «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно на актуальную тему. Основные выводы и научные положения сформулированы аргументировано и подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными в лабораторных и производственных условиях. По своей актуальности, новизне и практической значимости полученных научно-технических решений диссертация соответствует требованиям пунктов 9, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Борошнин Александр Леонидович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки).

По теме диссертации автором опубликовано 11 работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 7 работ, получен 1 патент РФ на полезную модель. Общий объём научных работ 20,8 п.л., из них авторских – 3,8 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Борошнин А. Л. Симметрирование однофазных нагрузок в сельских электрических сетях / Ф. Д. Косоухов, А. О. Филиппов, Н. В. Васильев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – №2. – С. 9-12.

2. Борошнин А. Л. Энергосбережение при транспортировке электрической энергии по линиям 0,38 кВ при несимметричной нагрузке [Текст] / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. О. Филиппов, А. О. Горбунов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. – №5(44). – С. 64-71.

3. Борошнин А. Л. Расчёт потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ при несимметричной нагрузке / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. Г. Гушинский, М. В. Коломыцев, А. О. Горбунов // Энергоэксперт. – 2018. – №2(66). – С. 27-30.

4. Борошнин А. Л. Совершенствование систем электроснабжения, удалённых от источников электроэнергии объектов АПК, с помощью двухпроводных систем с трансформаторными преобразователями числа фаз / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. Л. Борошнин, Н. Ю. Криштопа, М. Ю.

Теремецкий // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – №41-1. – С. 109-116.

5. Борошнин А. Л. Двухпроводная система электропередачи трёхфазного тока / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. Л. Борошнин, А. О. Филиппов, А. О. Горбунов, М. Ю. Теремецкий // Электричество. – 2018. – №10. – С. 37-44. DOI:10.24160/0013-5380-2018-10-37-44

6. Борошнин А. Л. Экспериментальное исследование двухпроводной системы электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз / Ф. Д. Косоухов, М. Ю. Теремецкий, А. Л. Борошнин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №56. – С. 133-145. DOI:10.24411/2078-1318-2019-13133

7. Борошнин А. Л. Двухпроводная система электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз для электроснабжения, удаленных от источников электроэнергии объектов АПК / Ф. Д. Косоухов, Н. Ю. Криштопа, А. Л. Борошнин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – №58. – С. 154-166. DOI:10.24411/2078-1318-2020-11154

8. Борошнин А. Л. Критерии потерь мощности от несимметричных токов в трехфазных трансформаторах и четырехпроводных линиях / Ф. Д. Косоухов, А. П. Епифанов, Н. В. Васильев Н. Ю. Криштопа, А. О. Горбунов, А. Л. Борошнин // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. – 2023. – №6 (81). – С. 64-72.

9. Борошнин А. Л. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. О. Филиппов, Н. Ю. Криштопа, Е. С. Кузнецова, А. Л. Борошнин // Санкт-Петербург - Москва - Краснодар, Издательство «Лань» – 2016. – 276 с. ISBN 978-5-8114-2119-0

10. Борошнин А. Л. Измерение симметричных составляющих напряжений и токов в трехфазной электрической сети / Ф. Д. Косоухов, Н. В. Васильев, А. О. Филиппов, Н. Ю. Криштопа, А. Л. Борошнин // В сборнике: Управление качеством электрической энергии. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 170-176.

11. Boroshnin A. L. Analysis of a transformer converter of the number of phases with symmetric elements on the low side of the transformer / N. V. Vasilev, F. D. Kosoukhov, V. A. Ruzhev, N. Y. Krishtopa, A. L. Boroshnin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production" 2021. С. 012112.1.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы. Все отзывы положительные.

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина", г. Краснодар. Подписан кандидатом

технических наук, доцентом кафедры физики Рожковым Евгением Александровичем. Замечания: 1) На графиках, представленных на рисунках 2-4 в качестве единиц измерения емкости C и тока I указаны относительные единицы (о. е.). Однако обоснования выбора единиц измерения вместо стандартных Фарад и Ампер и методики их перевода не представлено. 2) В автореферате отсутствуют развернутые пояснения к используемым математическим моделям.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж. Подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры Электротехники и автоматики Извековым Евгением Александровичем. Замечания: 1) Из названия диссертации следует, что диссертация посвящена совершенствованию двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз. Однако, из текста автореферата следует, что предполагаемая система была разработана с нуля. Если же система совершенствуется, то ее сравнение следует осуществлять с аналогичной, ранее разработанной системой. В то же время, информация о сравнении предполагаемой двухпроводной системы с ранее разработанными аналогичными системами, отсутствует. 2) В автореферате отсутствует информация об анализе показателей качества электрической энергии, поступающей к потребителю. 3) В математической модели отсутствуют элементы, моделирующие линию электропередачи. В то же время, протяженные высоковольтные линии электропередачи, предназначенные для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей, имеют значительное активное и индуктивное сопротивление, которое нельзя не учитывать при моделировании систем электроснабжения. 4) В тексте автореферата указано, что высоковольтная линия ВЛ 11кВ выполнена проводами марки СИП-2 сечением 70 мм^2 . Это очевидная ошибка так как провод СИП-2 используется только для ВЛ напряжением 0,38 кВ. Если же используется провод СИП-3, то возникает вопрос зачем используется провод сечением 70 мм^2 ? При передаче по такому проводу мощности 100кВА (как указано в автореферате), его загрузка по току составит менее 2%, а потери напряжения при длине 10 км менее 1%. Даже если применить провод СИП-3 минимального сечения в 25 мм^2 , его токовая нагрузка составит менее 3.5%, а потери напряжения около 1.2%. При такой нагрузке установка конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности не требуется.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул. Подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» Багаевым Андреем Алексеевичем. Замечания: 1) В соответствии с ГОСТ-13109-97 одним из нормируемых показателей качества электроэнергии в России являются коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям. В ряду перечисленных причин проявления несимметрии указываются неполнофазные режимы работы линии, связанные в том числе с «наличием поперечных реакторов не во всех фазах линии», что автором, в частности и предлагается. В связи с указанным в работе не дана оценка влияния неполнофазных режимов на показатели качества электрической энергии в линии. 2) Комплексы действующих значений токов и напряжений представленные в тригонометрическом виде формулами (8)-(16) целесообразно представить в показательной форме и обобщить результаты в виде векторных диаграмм, что значительно повышает наглядность и прозрачность процессов происходящих в линии при реализации предлагаемых автором решений. 3) Не показано на основании каких указанных автором конкретных «принятых допущений» (стр.8) получено выражение (6) для определения емкости конденсаторных батарей.

4. ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград. Подписан кандидатом технических наук, научным сотрудником отдела переработки продукции растениеводства структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» Брагинец Андреем Валерьевичем. Замечания: 1) Приведенные автором в автореферате данные по анализу в первой главе не информативны, так как не несут в себе анализ проблематики, а только констатацию существующих систем передач электроэнергии. Цели и задачи исследования определены во введении, до начала исследования, а должны быть следствием анализа материалов 1 главы. 2) Не ясна ключевая роль патента исследования, отраженная также в новизне и первой главе. Автор в 2012 году подает заявку на патент, далее в 2014 году получает патент и решает провести полные теоретические и экспериментальные исследования этой системы отраженной в патенте, что не соответствует в полной мере задачам исследования. 3) Вызывает недоумение рациональность раздела глав №2 и №3 где, по сути, выполнен анализ трансформаторного преобразователя числа фаз (ТПЧФ) 1 и 2, что автор и подтверждает приводя один абзац по третьей главе. 4) В пятой главе, автор сравнивает два варианта электроснабжения, где принимает для высоковольтной линии ВЛ 10 кВ

провода марки СИП-2 сечением 70 мм^2 , что является неверным решением, так как данная марка применяется для создания низковольтных линий 0,6-1 кВ.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар. Подписан доктором технических наук, профессором кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ Богдан Александром Владимировичем. Замечания: 1) Экономический эффект достигается только уменьшением затрат на строительство линии. Суммарные потери мощности в двухпроводной системе электропередачи больше потерь в трехпроводной системе в связи со значительными потерями мощности в ТПЧФ. Поэтому КПД двухпроводной системы электропередачи ниже КПД трехпроводной системы и это может влиять на экономические показатели при больших нагрузках. 2) В схемах преобразователей числа фаз предлагается использовать малораспространенные однофазные конденсаторы, но основная номенклатура конденсаторов выпускается трехфазной, что вызовет дополнительное удорожание установок. 3) На рисунке 4 автореферата величина тока I_B значительно превышает номинальный. Не ясно, как это влияет на выбор мощности силового трансформатора преобразователя.

6. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа. Подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры электроснабжения и автоматизации технологических процессов Галиуллиным Рустамом Рифовичем. Замечания: 1) Представленное в автореферате технико-экономическое обоснование могло бы быть расширено за счет полных затрат жизненного цикла системы. Для более полной оценки экономической эффективности целесообразно было бы дополнительно проанализировать, при каких условиях экономия на капитальных затратах сохраняется с учетом потенциального роста эксплуатационных расходов, связанных с повышенными потерями электроэнергии.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург. Подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры Строительной физики электроэнергетики и электротехники Епишкиным Александром Евгеньевичем. Замечания: 1) Из автореферата не понятно какое номинальное напряжение должно быть у конденсаторов при передаче по

ЛЭП следующего уровня напряжений 10 кВ, 35 кВ, 110 кВ. 2) В автореферате не приведен сравнительный анализ нагрузки на траверсы опор ЛЭП при двухпроводной системе и трехпроводной системе электропередачи. 3) Производилось ли ТЭО при использовании КЛ?

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург. Подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Электротехнологии и электрооборудование» Адюкаевой Альфией Фагитовной. Замечания: 1) В четвертой главе «Экспериментальное исследование двухпроводной системы электропередачи» не учитывается, обрыв одного провода двухпроводной системы, которая перестает функционировать, в результате потребитель теряет напряжение полностью. Неверное представление единицы измерения «Вход ТПЧФ-1» Таблица 1, стр. 13. 2) В четвертой главе «Экспериментальное исследование двухпроводной системы электропередачи» применение двухпроводной системы увеличивает ток в два раза в ТПЧФ-1 это приводит к использованию трансформаторов повышенной мощности. 3) В заключении отсутствует сравнение двухпроводной системы электропередачи трехфазного тока, с трансформаторными преобразователями числа фаз и трехфазной трехпроводной системы электропередачи, а также сравнение токов нагрузки в двух вариантах системы, что указывает на необходимость использования увеличенного сечения провода ВЛ.

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва. Подписан доктором технических наук, профессором кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко Загинайловым Владимиром Ильичом. Замечания: При определении емкости конденсаторных батарей (уравнения (6) и (7)) не пояснено как связаны между собой сопротивление конденсатора X_1 (или X_2) и полное сопротивление нагрузки Z_H с её коэффициентом мощности $\cos \varphi$ и что понимают под ω и U . Без объяснения, в качестве физической модели высоковольтной двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз питания удаленных сельскохозяйственных потребителей, использована экспериментальная установка с двухпроводной линией длиной 370 м и напряжением на выходе ТПЧФ-1: $U'_{BC}=193,2\dots 213,3$ В.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный

университет», г. Ижевск. Подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Электротехники и автоматики» Васильевым Даниилом Александровичем. Замечания: 1) В автореферате упоминается методика построения векторных диаграмм, однако последовательное изложение самой методики отсутствует. 2) Было бы целесообразно определить численные критерии и показатели линий сельскохозяйственных потребителей (протяженность, характер нагрузки и т.п.), при которых полученные результаты будут иметь практическую значимость. 3) Из текста автореферата не ясно какие именно математические модели трансформаторных преобразователей числа фаз предложены автором, и по каким характеристикам проводилось сопоставление результатов моделирования и экспериментальных данных. 4) При оценке технико-экономической эффективности следовало учитывать не только капитальные затраты, но и изменение эксплуатационных показателей, а также показателей надежности системы электроснабжения.

11. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва. Подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Селезневой Дарьей Михайловной, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Андреевым Сергеем Андреевичем. Замечания: 1) Оценивая эффективность предлагаемой двухпроводной системы, соискатель производит ее сравнение с трехпроводным вариантом. Вместе с тем современный уровень развития силовой электроники позволяет достаточно эффективно формировать двухпроводные линии, в том числе и на постоянном токе. При этом положительный результат достаточно просто достигается без использования фазоформирующих конденсаторов. Для небольших мощностей, рассматриваемых в работе, электронные преобразователи являются вполне конкурентоспособными и могут послужить вариантом для сравнения. 2) Вряд ли можно согласиться с тем, что достоверность результатов работы достигнута примером векторных диаграмм токов и напряжения преобразователей числа фаз, построенных для различных значений коэффициента мощности трехфазной нагрузки. 3) Апробация работы в разделе автореферата «Достоверность и апробация результатов» не раскрыта. 4) Во второй задаче исследований и во втором положении заключения говорится о разработке математических моделей, которые

позволили получить зависимости величин фазопреобразующих элементов, напряжений, токов и мощностей первичных и вторичных обмоток трансформаторов от нагрузки. Этими зависимостями являются выражения (6)...(16). Но где тогда сами математические модели, которые позволили эти зависимости получить? К сожалению, нигде в тексте автореферата, кроме задач и заключения математические модели не упоминаются.

На все замечания и пожелания соискатель дал полные аргументированные ответы в ходе защиты диссертации. Во всех отзывах делается вывод, что автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается с учетом их компетентности и наличия публикаций в области исследований по теме диссертации, а также научных достижений в области технологий, машин и оборудования для агропромышленного комплекса, и согласия ведущей организации на экспертизу диссертационной работы, а оппонентов – на её оппонирование.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана методика анализа трансформаторных преобразователей числа фаз с включением фазопреобразующего элемента на стороне низкого напряжения трансформаторов. Методика построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз, с помощью которой подтверждена достоверность методики анализа трансформаторных преобразователей числа фаз;

предложена оригинальное суждение о применении трансформаторных преобразователей числа фаз с установкой фазопреобразующих элементов на низкой стороне трансформаторов, и использование ТПЧФ в двухпроводных системах электропередачи;

доказана перспективность использования двухпроводных систем с ТПЧФ, для организации систем электроснабжения удаленных объектов АПК;

введено новое техническое решение подключения конденсаторов на низкой стороне трансформаторного преобразователя числа фаз.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны зависимости изменения емкостей конденсаторных батарей ТПЧФ-1 от величины тока и коэффициента мощности однофазной нагрузки; токов и напряжений первичных и вторичных обмоток трансформатора и симметрирующих конденсаторов от тока нагрузки, а также мощностей трансформатора и симметрирующих конденсаторов от мощности однофазной нагрузки, полученные на основе теоретических исследований и

позволяющие определить параметры ТПЧФ с конденсаторами на низкой стороне трансформаторов;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования; использованы стандартные и частные методики, для проведения экспериментальных исследований;

изложены теоретические предпосылки определяющие конструктивные параметры и режимы работы двухпроводной системы электропередачи, а также факторы, влияющие на параметры ТПЧФ;

раскрыты новые подходы преобразования трехфазного тока в однофазный и однофазного тока в трехфазный с помощью ТПЧФ;

изучены факторы и причинно-следственные связи, влияющие на параметры ТПЧФ в зависимости от параметров нагрузки;

проведено уточнение математической модели, позволяющей рассчитать параметры трансформаторных преобразователей числа фаз с конденсаторами на низкой стороне трансформаторов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены методики расчёта двухпроводной системы электропередачи;

определены перспективы практического использования предложенных технических решений при проектировании линий электропередачи;

создана обоснованная практическая рекомендация для расчета конструктивных параметров и режимов работы двухпроводной систем электропередачи с ТПЧФ;

представлены предложения по совершенствованию разработанной системы с целью повышения КПД и приведению к сопоставимым КПД трехпроводной системы электропередачи.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовано сертифицированное оборудование и высокоточные приборы для измерения электроэнергетических величин; соблюдены требования действующих стандартов; частные и стандартные методики по оценке точности; использован математический аппарат, для обработки экспериментальных данных;

теория построена на известных, проверяемых данных, позволяет рассчитать параметры и режимы работы системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идеи работы базируются на анализе данных практики и обобщении передового опыта по использованию существующих технико-технологических решений, систем электропередачи, результатах поисковых экспериментов;

использовано сравнение данных полученных автором и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике другими исследователями;

установлено количественное и качественное совпадение теоретических исследований автора с результатами лабораторных испытаний, адекватность полученных зависимостей не противоречит результатам ранее проведенных исследований другими авторами;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации; методы планирования эксперимента; стандартные и частные методы и методики исследования.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке цели и задач исследования; получении исходных данных и проведении научных экспериментов; обработке и интерпретации результатов теоретических и экспериментальных исследований; апробации результатов исследований; подготовке публикаций по выполненной работе и в представлении результатов на конференциях различного уровня. В активном участии в разработке устройства передачи трехфазного тока по двухпроводной линии. На основании этой технологии получен патент №2532534 «Двухпроводная система электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз»; в разработке «Методики анализа трансформаторных преобразователей числа фаз (ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2) с конденсаторами на низкой стороне трансформатора»; в всестороннем изучении трансформаторных преобразователей числа фаз ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2 с конденсаторами на низкой стороне трансформаторов с последующей проверкой расчётных данных экспериментальными данными; в разработке двухпроводной системы электропередачи с конденсаторами на низковольтной стороне трансформаторов и проведение её экспериментальных исследований на физической модели сети 0,4 кВ в лаборатории кафедры. Данная технология была внедрена в организациях электроэнергетики.

В ходе защиты критических замечаний высказано не было.

На заседании 05 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение: за новые научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Борошнину Александру Леонидовичу ученую степень кандидата технических наук по научной специальности 4.3.2 - Электротехнологии,

