

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнина Александра Леонидовича на тему «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

Диссертационная работа посвящена обоснованию использования двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей, что в условиях состояния линий электропередачи является бесспорно актуальным.

Новизну научных исследований представляют анализ трансформаторных преобразователей числа фаз с установкой фазопреобразующих элементов на низкой стороне трансформаторов; методика построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз с помощью которой подтверждена достоверность методики анализа трансформаторных преобразователей числа фаз; реализованная возможность использования двухпроводной системы электропередачи трехфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз, защищённая патентом на изобретение РФ № 2532534.

Автором также представлены результаты сопоставления модельных и экспериментальных данных при работе двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз и результаты внедрения в сбытовых и сетевых компаниях.

Достоверность результатов работы автора подтверждается тем, что основные положения доложены автором на международных научно-практических конференциях в период с 2013 по 2024 гг. Также стоит отметить то, что основные положения диссертации опубликованы в 11 печатных работах, в том числе том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен патент на изобретение.

В качестве замечаний, по существу, к предъявленному автореферату можно отметить следующее:

1. На графиках, представленных на рисунках 2-4 в качестве единиц измерения ёмкости  $C$  и тока  $I$  указаны относительные единицы (о.е.). Однако обоснования выбора таких единиц измерения вместо стандартных Фарад и Ампер и методики их перевода не представлено.

2. В автореферате отсутствуют развернутые пояснения к используемым математическим моделям.

Однако указанные замечания не снижают достоинства диссертационной работы «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» Борошнина Александра Леонидовича,

диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения, имеющие существенное значения для повышения качества электроснабжения сельских потребителей.

Работа отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а её автор Борошнин Александр Леонидович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Доцент кафедры физики, кандидат  
технических наук

«09» Октябрь 2025г.

Рожков Е. А.

Личную подпись тов. Рожков  
ЗАВЕРЯЮ:  
Начальник отдела кадров  
М. И. УДОВИЦКАЯ



Ф.И.О лица, предоставившего отзыв	Рожков Евгений Александрович
Ученая степень	Кандидат технических наук
Ученое звание	-
Должность, структурное подразделение	Доцент кафедры физики
Полное название организации	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
Специальность, по которой защищена диссертация	4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса
Адрес	350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13
Телефон	+7(964) 912-07-16
E-mail	zhenyacool31@yandex.ru

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнина Александра Леонидовича на тему: «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», выполненной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Вопрос обеспечения надёжного электроснабжения сельских потребителей качественной электрической энергией является актуальным, особенно в условиях повышенного интереса федеральной и региональных властей к развитию предприятий АПК и инфраструктуры сельских территорий. Этому вопросу посвящено много теоретических и экспериментальных работ, среди которых определенной оригинальностью отличается работа Борошнина Александра Леонидовича, заслуживающая внимания и поддержки.

Материал автореферата представлен в классической форме и его содержание даёт определенное представление обо всех аспектах проделанной работы.

Следует отметить новизну в решении поставленных задач, подтверждающую патентом на изобретение.

В целом, представленные теоретические зависимости и экспериментальные результаты согласуются с классической теорией электротехники, известными методами моделирования электрических сетей, теорией расчета режимов электрических сетей и практикой определения показателей качества электроэнергии.

### Замечания по автореферату:

1. Из названия диссертации следует, что диссертация посвящена совершенствованию двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз. Однако, из текста автореферата следует, что предлагаемая система была разработана с нуля. Если же система совершенствуется, то её сравнение следует осуществлять с аналогичной, ранее разработанной системой. В то же время, информация о сравнении предлагаемой 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, протяжённые высоковольтные линии электропередачи, предназначенные для питания удалённых 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 70мм<sup>2</sup>. Это очевидная ошибка, так как провод СИП-2 используется только для ВЛ напряжением 0,38кВ. Если же использовать провод СИП-3, то возникает вопрос зачем используется провод сечением 70 мм<sup>2</sup>? При передаче по такому проводу мощности 100кВА (как это 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<sup>2</sup>, его токовая загрузка составит менее 3,5%, а потери напряжения около 1,2%. При такой нагрузке установка конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности не требуется.

Несмотря на указанные замечания, считаю, что автореферат соответствует требованиям ВАК РФ, а автор – Борошнин Александр Леонидович достоин присуждения степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Доцент кафедры Электротехники и автоматики, к.т.н  
Извеков Евгений Александрович

ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I  
394087 г. Воронеж ул. Тимирязева, 13  
тел.(473) 224-39-39  
et@agroeng.vsau.ru



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

**Борошнина Александра Леонидовича**

**«Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для удаленных сельскохозяйственных потребителей»**

Проблема снижения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях и, следовательно, тема диссертационной работы **Борошнина Александра Леонидовича** являются актуальными. Проблема поставленная в диссертационной работе соответствует основным направлениям сформулированными в Указе Президента Российской Федерации №529 от 18 июня 2024 года.

Структура и оформление автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

**По автореферату диссертации имеются следующие замечания:**


1. В соответствии с ГОСТ 13109-97 одними из нормируемых показателей качества электроэнергии в России являются коэффициенты несимметрии напряжений 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.

Диссертационная работа **«Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для удаленных сельскохозяйственных потребителей»** представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор **Борошнин Александр Леонидович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2-Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой «Электрификация  
и автоматизация сельского хозяйства»  
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ

  
Андрей Алексеевич  
Багаев

Начальник Управления персонала  
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ  
08.11.2025 г.

  
Евгения Юрьевна  
Лейбгам

Доктор технических наук (05.20.02-Электрооборудование и электрооборудование в сельском хозяйстве, 2002 г.), профессор (19.05.2004 г)  
Заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Алтайский государственный аграрный университет  
656049, г.Барнаул, пр.Красноармейский, 98  
Тел./факс: (8-3852)-203-316;  
E-mail: BAGAEV710@mail.ru

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнина Александра Леонидовича «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленной в диссертационный совет 35.2.033.02 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

В настоящее время одним из приоритетных направлений государственной энергетической политики Российской Федерации является создание высокоэффективных систем генерации, распределения и хранения электрической энергии.

Представленное автором исследование совершенствует существующую двухпроводную систему электроснабжения для передачи питания удалённых сельскохозяйственных объектов, путем минимизации потерь.

Анализ содержания глав диссертации, судя по автореферату, свидетельствует о ее целостности, завершенности и достаточном уровне апробации.

Научная новизна состоит в разработке методики построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз.

Практическую значимость работы представляет двухпроводная система электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз (патент №2532534).

По содержанию автореферата имеются следующие замечания и вопросы требующие пояснения:

1. Приведенные автором в автореферате данные по анализу в первой главе не информативны, так как не несут в себе анализ проблематики, а только констатацию существования 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, отражённая также в новизне и в первой главе. Автор в 2012 году подаёт заявку на патент, далее в 2014 году получает патент и решает провести полные теоритические и экспериментальные исследования этой системы отражённой в патенте, что не соответствует в полной мере поставленной цели и 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 11кВ провода марки СИП-2 сечением 70 мм<sup>2</sup>, что является неверным решением, так как данная марка применяется для создания низковольтных линий 0,6-1 кВ.

Представленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной и практической значимости результатов исследований. Выполненная работа является законченным научным квалификационным трудом, соответствует пункту 8 паспорта специальности, в целом, соответствует требованиям действующего Положения "О порядке присуждения ученых степеней" (от 24 сентября 2013 года № 842, с изменениями на 1 октября 2018 года), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Борошнин Александр Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Научный сотрудник  
отдела переработки продукции растениеводства  
структурного подразделения «СКНИИМЭСХ»  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»  
кандидат технических наук, специальность 05.20.02, 2018  
Брагинец Андрей Валерьевич  
e-mail: [al.55552015@yandex.ru](mailto:al.55552015@yandex.ru), тел.+79081766935  
347740, ул. им. Ленина,14, г. Зерноград, Ростовская область

*AM*  
11.11.2025

Подпись, должность и ученую степень  
Брагинца А. В. удостоверяю  
главный учёный секретарь  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»  
кандидат сельскохозяйственных наук  
Гуреева Алла Владимировна



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнича Александра Леонидовича на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполненной на тему “Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей”, специальность 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Работа Борошнича А.Л. посвящена анализу возможности сокращения стоимости строительства линий для электроснабжения потребителей не имеющих близко расположенных источников с напряжением 6-10 кВ, и является научным исследованием, имеющим прикладное значение для проектирования линий электроснабжения сельхозпредприятий.

Положительными качествами работы являются :

- а) аналитически определены параметры идеализированной передачи электроэнергии сохраняющей симметрию токов с применением двухпроводной линии электропередачи высокого напряжения и двух трансформаторно-конденсаторных преобразователей числа фаз с конденсаторами на стороне низкого напряжения трансформаторов;
- б) экспериментом доказано, что принятые допущения при идеализации объектов передачи (трансформаторов, емкостей, линий) несколько улучшают её параметры и подтверждают правильность аналитических расчетов;
- в) сравнение вариантов затрат на обеспечение электроснабжения удаленного потребителя показало практическую применимость данной работы.

По работе имеются следующие замечания.

1. Экономический эффект достигается только уменьшением затрат на строительство линии. Суммарные потери мощности в двухпроводной системе электропередачи больше потерь в трёхпроводной системе в связи со значительными потерями мощности в ТПЧФ. Поэтому кпд двухпроводной системы электропередачи ниже кпд трёхпроводной 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 удорожа-

ние установок.

3. На рисунке 4 автореферата величина тока  $I_B$  значительно превышает номинальный. Не ясно, как это влияет на выбор мощности силового трансформатора преобразователя.

Считаю, что в целом работа продолжает поиск решения задачи электроснабжения потребителей удаленных от источников электроэнергии с напряжением ниже 1000 В и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям: содержит научно-обоснованные технические и технологические разработки, обеспечивающие решение прикладной задачи по повышению эффективности работы сельских электрических сетей. Автор, Борошнин А.Л., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Богдан Александр Владимирович,  
профессор кафедры электротехники,  
теплотехники и ВИЭ,  
Кубанского государственного аграрного  
университета, доктор техн. наук

350044 г.Краснодар, ул.Калинина,13  
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный  
аграрный университет», факультет энергетики,  
тел. (+7 918)-434-87-17, alina48av@mail.ru



Богдан А.В.

ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ  
ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА ОТ ДЕЛА  
КАДРОВ О.А. АБДРАЗАКОВА  
17.11.2025

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнина Александра Леонидовича «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удалённых сельскохозяйственных потребителей» представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Автореферат диссертации Борошнина А.Л. представляет научное исследование, посвящённое решению актуальной проблемы электроснабжения удалённых сельскохозяйственных объектов. Основное направление работы – совершенствование систем электроснабжения удалённых потребителей путём разработки и исследования двухпроводной системы электропередачи с использованием трансформаторных преобразователей числа фаз.

Научная новизна работы подтверждается патентом РФ № 2532534 на изобретение двухпроводной системы электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз.

Предложенная автором двухпроводная система электроснабжения с двойным преобразованием электроэнергии, несмотря на повышенные потери в трансформаторах и фазопреобразующих элементах, демонстрирует свою эффективность в специфических условиях сельских электрических сетей. В условиях значительной протяжённости и разветвлённости сетей данное решение позволяет существенно сократить капитальные затраты на строительство линий электропередачи. При этом малые плотности нагрузок, характерные для сельских сетей, обеспечивают незначительные абсолютные значения потерь мощности, что минимизирует влияние данного недостатка на общую эффективность системы.


Таким образом, для условий сельской электрификации, где первостепенное значение приобретает минимизация капитальных вложений при электроснабжении удалённых маломощных потребителей, применение разработанной двухпроводной системы электроснабжения является технически и экономически оправданным.

Вместе с тем, представленное в автореферате технико-экономическое обоснование могло бы быть расширено за счёт учёта 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

учётом потенциального роста эксплуатационных расходов, связанных с повышенными потерями электроэнергии.

Отмеченный недостаток не снижает общей ценности работы. Диссертационное исследование соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а его автор, Борошнин Александр Леонидович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.2 «Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса».

Доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный  
аграрный университет», профессор кафедры  
Электроснабжения и автоматизации  
технологических процессов

 Р.Р. Галиуллин

ФИО лица, представившего отзыв	Галиуллин Рустам Рифович
Место работы	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»
Адрес	450001, г.Уфа, 50-летия Октября, 34 каб. 372/3
E-mail	rustam6274@mail.ru
Телефон	+7(347)252-66-10

Докторская диссертация защищена по специальности – 05.04.02 Тепловые двигатели



## ОТЗЫВ

на автореферат Борошнина Александра Леонидовича на тему:  
«Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Совершенствование систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей является важной задачей, направленной на повышение качества, надежности электроснабжения предприятий АПК, снижения потерь и уменьшения стоимости при модернизации сетевого хозяйства.

Диссертационная работа посвящена исследованию двухпроводной системы электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз (ТПЧФ).

Основная цель исследования - установить работоспособность трансформаторных преобразователей числа фаз с включением фазопреобразующих элементов на низкой стороне трансформаторов для совершенствования систем электроснабжения, удалённых от источников электроэнергии объектов АПК, а также проверить соответствие расчётных и опытных параметров фазопреобразующих элементов ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2.

Работа структурирована следующим образом.

Введение содержит обоснование актуальности темы, описание цели и задач исследования, научную новизну, практическую и теоретическую значимость.

Первая глава представляет собой изучение систем, содержащих двухпроводные и однопроводные линии электропередачи.

Вторая глава раскрывает теоретические основы исследования ТПЧФ-1, включая установление принципиальной возможности преобразования трехфазного тока в однофазный с помощью повышающего трехфазного трансформатора и двух конденсаторных батарей на низкой стороне трансформатора.

Третья глава содержит анализ ТПЧФ-2 с конденсаторами на низкой стороне понижающего трансформатора.

Четвертая глава описывает экспериментальную установку, результаты экспериментального исследования двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз.

Пятая глава рассматривает сравнение технико-экономическое обоснование двух вариантов электроснабжения удаленного объекта АПК по трех проводной сети и двухпроводной сети с трансформаторными преобразователями числа фаз.

Работа имеет научную новизну и практическую значимость, полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований двухпроводных сетей с ТПЧФ.

Результаты исследований отражены в 11 печатных работ, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен 1 патент РФ на изобретение.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса. Работа выполнена на высоком техническом уровне. По тексту автореферата имеются следующие вопросы и 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?

Приведенные вышеизложенные замечания, не носят принципиальный характер и не снижают общего качества проведенных исследований. Диссертация представляет собой законченную научно – квалификационную работу и полностью соответствует требованиям (пункты 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», Утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидат технических наук), а ее автор Борошнин Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специализации специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Ученая степень к.т.н., специальность 05.13.07 защита 2002 г.,  
Доцент каф. Строительной физики  
электроэнергетики и электротехники

Епишкин Александр Евгеньевич



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4

Тел.: +7 (812) 575-05-34

E-mail: [rector@spbgasu.ru](mailto:rector@spbgasu.ru)

Сайт: <https://www.spbgasu.ru>

Подпись ФИО заверяю



Подпись

Епишкина А. Е.

ЗАВЕРЯЮ

Начальник управления кадров

СПБГАСУ

«20»

11

2025 г.

## Отзыв

на автореферат Борошнина Александра Леонидовича «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленной диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Актуальность данной работы объясняется тем, что в целях обеспечения снижения потерь электроэнергии в сельских электрических сетях ведутся поиски эффективных средств снабжения электроэнергией сельскохозяйственных потребителей.

Полученные соискателем Борошниним А.Л. результаты диссертационной работы имеют научную новизну:

1 Впервые произведён анализ трансформаторных преобразователей числа фаз с установкой фазопреобразующих элементов на низкой стороне трансформаторов, в результате которого определены параметры фазопреобразующих элементов, а также зависимости токов и напряжений от величины  $\cos \varphi$  нагрузки.

2 Разработана методика построения векторных диаграмм трансформаторных преобразователей числа фаз с помощью подтверждена достоверность методики анализа трансформаторных преобразователей числа фаз.

3 Исследована возможность использования двухпроводной системы электропередачи трехфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз, защищённой патентом на изобретение РФ № 2532534.

### **Теоретическая и практическая значимость работы представлена:**

1 Применение трёхфазных силовых трансформаторов для изготовления трансформаторных преобразователей числа фаз для двухпроводной системы электропередачи.

2 Изготовление физической модели двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз.

3 Экспериментальное исследование физической модели двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз, в результате которого установлена работоспособность системы в диапазоне изменения трёхфазной нагрузки от холостого хода до номинальной.

4 Экспериментальное подтверждение возможности включения фазопреобразующих элементов с низкой стороны трансформаторов ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2.

**Степень достоверности и апробация результатов исследований** Достоверность экспериментальных исследований достигнута выбором высокоточных приборов для измерения электроэнергетических величин, а также соблюдением требований действующих стандартов.

**Результаты диссертационной работы** А.Л. Борошниним отражены в 11 печатных работ, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен патент на изобретение.

**По тексту автореферата имеются следующие 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, стр13.

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 трёхфазного тока, с трансформаторными преобразователями числа фаз и трёхфазной трёхпроводной системы электропередачи, а также сравнение токов нагрузки в двух вариантах системы, что указывает на необходимость использования увеличенного сечения провода ВЛ.

Диссертационная работа Борошникова А.Л. «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Автор диссертации - Борошников Александр Леонидович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности: 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

**Абдюкаева Альфия Фагитовна,**

кандидат технических наук (05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, 2008 г.),  
доцент по специальности (05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, 2019 г.),  
доцент кафедры «Электротехнологии и электрооборудование», инженерный факультет,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»

 А.Ф. Абдюкаева

Почтовый адрес: Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18; раб.тел.: 8 (3532) 78-39-67; моб. тел.: +7-987-866-54-23; E-mail: <https://orensau.ru>.

Подпись Абдюкаевой А.Ф.

заверяю:

Зам. начальника по кадровым вопросам  
управления правового и кадрового обеспечения  
Оренбургского ГАУ



Е.А. Захарова

22.11.2025г.

## ОТЗЫВ

на автореферат Борошнина Александра Леонидовича на тему: «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Одним из перспективных систем электроснабжения удаленных сельскохозяйственных потребителей может рассматриваться передача электроэнергии (ЭЭ) по высоковольтной двухпроводной линии электропередачи (ЛЭП). Работа посвящена исследованию двухпроводной системы электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз (ТПЧФ). В рассматриваемой системе ЭЭ трехфазного тока низкого напряжения в ТПЧФ-1 преобразуется в энергию однофазного тока высокого напряжения и по двухпроводной линии передаётся ТПЧФ-2, в котором преобразуется в ЭЭ трёхфазного тока низкого напряжения.

По тексту автореферата имеются следующие замечания.

1. 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  $\omega$  и  $U$ .

2. 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.

Приведенные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость диссертационной работы Борошнина А.Л. Автор представил к защите законченное самостоятельное научное исследование. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям по техническим наукам, а ее автор Борошнин Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Загинайлов Владимир Ильич, доктор технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, профессор, профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко,  
тел: 8 903 108 34 337, e-mail: [energo-viz@mail.ru](mailto:energo-viz@mail.ru)



В.И. Загинайлов

25.11.2025 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат Борошнича Александра Леонидовича на тему:  
«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДВУХПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ТРАНСФОРМАТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ  
ЧИСЛА ФАЗ ДЛЯ ПИТАНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ» представленной к защите на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование  
и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

**Актуальность исследования.** Существующие методы передачи электроэнергии требуют значительных материальных ресурсов и занимают большие площади. Современные требования экономики диктуют необходимость снижения капитальных вложений и эксплуатационных расходов на строительство линий электропередач. Особенно остро стоит проблема обеспечения электроэнергией объектов сельскохозяйственного назначения, расположенных вдали от централизованной сети. Решение этой проблемы возможно путем внедрения инновационных технологий передачи электроэнергии.

Таким образом, целью настоящей работы стало изучение возможностей использования двухпроводной системы передачи трехфазного тока с применением трансформаторных преобразователей числа фаз (ТПЧФ). Это позволит существенно снизить затраты на инфраструктуру электросетей и повысить эффективность энергообеспечения сельских территорий.

### **Основные задачи исследования**

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ существующих неполнофазных систем передачи электроэнергии и выбор оптимальной схемы с использованием ТПЧФ.
2. Теоретический анализ процессов преобразования трехфазного тока в однофазный и обратно с построением соответствующих векторных диаграмм.
3. Определение зависимостей емкости конденсаторной батареи от тока нагрузки и коэффициента мощности, а также зависимость токов и напряжений обмоток трансформатора от параметров нагрузки.
4. Экспериментальные исследования работоспособности разработанной системы.
5. Техничко-экономическое сравнение предложенной системы с традиционными схемами электроснабжения.

### **Научная новизна работы:**

1. Впервые проведен анализ установки фазопреобразующих элементов на низкой стороне трансформаторов, выявлены зависимости токов и напряжений от косинуса угла нагрузки.
2. Разработана методика построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз, подтвердившая правильность расчетов.
3. Исследованы особенности двухпроводной системы передачи трехфазного тока с ТПЧФ, защищенные патентом (№ 2532534).

**Практическая значимость результатов.** Результаты исследования позволяют использовать стандартные трехфазные силовые трансформаторы для реализации двухпроводных систем передачи электроэнергии. Создана физическая модель системы, проведены эксперименты, подтверждающие её работоспособность в диапазоне нагрузок от холостого хода до номинала. Полученные данные подтверждают экономическую выгоду использования двухпроводных линий с ТПЧФ

(снижение стоимости примерно в 1,47 раза по сравнению с традиционной трехпроводной системой).

**Критерии выбора оптимального варианта.** Предложенная схема эффективна в условиях, когда протяженность трассы значительная, (например, объекты АПК), и применение традиционных трехпроводных сетей экономически менее выгодно.

**Заключение.** Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность двухпроводной системы передачи трехфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз. Предложенные решения значительно снижают расходы на сооружение линий электропередач и повышают надежность снабжения электроэнергией удаленных потребителей. Результаты работы открывают перспективы для дальнейшего развития энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве и других отраслях промышленности.

Однако существуют некоторые моменты, заслуживающие дополнительного изучения:

1. В автореферате упоминается методика построения векторных диаграмм, однако последовательное изложение самой методики отсутствует.

2. Было бы целесообразно определить численные критерии или показатели линий сельскохозяйственных потребителей (протяжённость, 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 надёжности системы электроснабжения.

Тем не менее, диссертация представляет собой законченную научно – квалификационную работу и полностью соответствует требованиям 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», Утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемых к диссертациям, а ее автор Борошнин Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специализации специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Кандидат технических наук,  
Доцент кафедры  
«Электротехники и автоматики»  
ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ

Васильев Даниил  
Александрович

12.11.2025

Сведения о рецензенте: Васильев Даниил Александрович, кандидат технических наук (4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса, 2024 г.), доцент кафедры «Электротехники и автоматики» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», 426069, Россия, ПФО Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, контактные телефоны: +7(3412)58-99-47, факс: +7(3412)58-99-47, адреса электронной почты: info@udsau.ru

Подпись  
Начальник управления  
кадрового дела  
Удмуртского государственного аграрного университета

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борошнина Александра Леонидовича на тему «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2.— Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса»

Диссертация А.Л.Борошнина посвящена повышению эффективности электроснабжения удаленных сельскохозяйственных потребителей. Тема диссертации является актуальной, поскольку эффективность электроснабжения непосредственным образом влияет на производственные показатели предприятий АПК, успешность функционирования социально-бытовых учреждений и качество жизни людей. В автореферате проанализированы трансформаторные преобразователи числа фаз с установкой фазопреобразующих элементов на низкой стороне, определены параметры фазопреобразующих элементов, а также зависимости токов и напряжений от величины  $\cos \varphi$  нагрузки, разработана методика построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз и исследована возможность использования двухпроводной системы электропередачи трехфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз.

Соискатель пришел к выводу о возможности использования двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз, с фазопреобразующими элементами на низковольтной стороне трансформатора. Полученные математические модели трансформаторных преобразователей числа фаз позволили получить зависимости величин фазопреобразующих элементов, напряжений, токов и мощностей первичных и вторичных обмоток трансформаторов от нагрузки. Результаты теоретических исследований, а также эффективность предложенной соискателем методики анализа трансформаторных преобразователей числа фаз с фазопреобразующими элементами на низковольтной стороне трансформаторов подтверждены экспериментально. Несомненным преимуществом работы является созданная соискателем физическая модель двухпроводной системы электропередачи с трансформаторными преобразователями числа фаз.

Научная обоснованность результатов подтверждена анализом современных исследований, внутренней логической согласованностью выводов, экспериментальной проверкой и апробацией на международных конференциях. Работа опубликована в рецензируемых отечественных изданиях, включая рекомендуемые журналы из перечня ВАК. Техническая новизна предлагаемых решений защищена патентом на изобретение РФ.

Текст автореферата изложен доступным, и в то же время научным языком. Автореферат диссертации содержит 5 иллюстраций, существенно облегчающий восприятие материала. В автореферате присутствует четкое разделение

результатов исследований, проведенных другими автором, и результатов, полученных соискателем.

Автореферат диссертации соответствует установленным требованиям, а также паспорту специальности 4.3.2 - Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

По автореферату имеются следующие 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 напряжений 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.

Тем не менее, перечисленные замечания не умаляют значимости работы, сочетающей глубокие теоретические разработки с успешной практической реализацией в реальных условиях авиационной логистики. Соискатель обладает незаурядной эрудицией и хорошей математической подготовкой, которыми эффективно пользуется при решении поставленных задач.

Содержание автореферата дает исчерпывающее представление о проведенных исследованиях, а название работы объективно отражает существо решаемых вопросов.

Представленные материалы позволяют сделать вывод, что диссертационная работа «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей» удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Борошнин Алек-

сандр Леонидович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Сведения о составителях отзыва:

Кандидат технических наук по специальности 4,3.2 –



Селезнева Дарья Михайловна

Электротехнологии,  
электрооборудование и энергоснабжение  
агропромышленного комплекса, 2023,  
доцент кафедры автоматизации  
и роботизации технологических  
процессов имени академика И.Ф.Бородина  
РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева  
+7 (999)969-91-38,  
e-mail: [energo-dms@rgau-msha.ru](mailto:energo-dms@rgau-msha.ru)

Доктор технических наук по специальности 4.3.2 –



Андреев Сергей Андреевич

Электротехнологии,  
электрооборудование и энергоснабжение  
агропромышленного комплекса, 2024,  
доцент, профессор кафедры автоматизации  
и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф.Бородина  
+7(906)-783-71-60,  
e-mail: [energo-andreev@rgau-msha.ru](mailto:energo-andreev@rgau-msha.ru)  
РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева  
+7(906) 783-71-60  
127434, Москва, Тимирязевская, 49  
Адрес: 127434, г. Москва,  
ул. Тимирязевская, 49  
РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева  
(499) 976-04-80  
e-mail: [info@rgau-msha.ru](mailto:info@rgau-msha.ru)




Я, Селезнева Дарья Михайловна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Селезнева Д.М.

Я, Андреев Сергей Андреевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Андреев С.А.