

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Сергея Владимировича Смолоника на диссертацию Борошникова Александра Леонидовича на тему: «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.033.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

1. Актуальность темы

Электрические сети сельскохозяйственного назначения имеют большую протяженность (290 тыс. км воздушных линий (ВЛ) 35 – 220 кВ, 1 млн 124 тыс. ВЛ 6 – 10 кВ, 786 тыс. км ВЛ 0,38 кВ), включают порядка 464 000 трансформаторных пунктов 6 – 35/0,4 кВ. В силу износа требуется замена более 75% линий электропередачи и трансформаторных подстанций (ТП).

Одной из возможных (и достаточно перспективных) систем электропередачи для электроснабжения сельского хозяйства можно считать двухпроводную систему электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз (ТПЧФ), разработанную в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете.

В рассматриваемой системе электропередачи электрическая энергия от трёхфазного источника преобразуется с помощью трансформаторного преобразователя числа фаз ТПЧФ-1 в энергию однофазного тока с двукратным повышением напряжения (по отношению к величине номинального фазного напряжения выхода трансформатора), которая по двухпроводной линии

передаётся к трансформаторному преобразователю числа фаз ТПЧФ-2. В нём энергия однофазного тока преобразуется в энергию трёхфазного тока с понижением напряжения до необходимого уровня. Таким образом, фазопреобразующими элементами в данной системе электропередачи является обыкновенный трёхфазный трансформатор со специальной схемой соединения обмоток и две конденсаторные батареи, которые, одновременно с преобразованием числа фаз, обеспечивают компенсацию реактивной мощности энергосистемы. Конденсаторные батареи могут быть включены как с высоковольтной стороны трансформатора, так и с низковольтной его стороны. Поэтому напряжение линии электропередачи при подключении конденсаторов с низковольтной стороны трансформатора может составлять 10 кВ, а с высоковольтной стороны – 35 кВ.

Что касается величины номинальной мощности данной системы электропередачи, то особых ограничений для ТПЧФ нет, так как в нём применяется обыкновенный трёхфазный трансформатор.

Протяжённость двухпроводной линии электропередачи зависит от уровня её напряжения, и может достигать таких же значений, как и для трёхпроводных линий напряжением 6, 10, 35 кВ.

Важным вопросом диссертационной работы является разработка метода анализа и анализ трансформаторных преобразователей числа фаз с включением фазопреобразующих элементов на стороне низкого напряжения трансформаторов. В представленной диссертации анализ таких ТПЧФ произведён впервые.

На основе анализа ТПЧФ определены зависимости параметров конденсаторных батарей, обеспечивающих заданный режим работы системы электропередачи, а также установлены зависимости токов, напряжений и мощностей трансформатора и фазопреобразующих элементов от величины нагрузки, и её коэффициента мощности. Эти зависимости необходимы при проектировании трансформаторных преобразователей числа фаз и при

реализации режимов работы такой электропередачи при изменении величины и коэффициента мощности подключенной нагрузки.

Сказанное подтверждает актуальность рассмотренных в диссертации вопросов.

2. Значимость диссертационного исследования для науки и практики

Целями работы являлись оценка работоспособности трансформаторных преобразователей числа фаз с фазообразующими элементами, подключенными на стороне низкого напряжения трансформаторов, для совершенствования электроснабжения объектов АПК, удалённых от источников электроэнергии, а также проверка соответствия расчётных и опытных параметров фазообразующих элементов ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2.

В соответствие с целями работы решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ существующих неполнофазных электроэнергетических систем.

2. Разработаны математические модели трансформаторных преобразователей числа фаз с фазообразовательными элементами на стороне низкого напряжения трансформатора и анализ таких моделей.

3. Проведено экспериментальное исследование двухпроводной системы электропередачи трёхфазного тока с трансформаторными преобразователями числа фаз.

4. Выполнено технико-экономическое обоснование вариантов электроснабжения объектов АПК с помощью предлагаемой технологии.

Следует отметить следующие положения, определяющие научную новизну диссертационного исследования.

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

2. Разработана методика построения векторных диаграмм для трансформаторных преобразователей числа фаз, с помощью которой 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.

3. Теоретическая и практическая значимость обусловлена следующими положениями.

1. Обоснованием возможности применения типовых трёхфазных силовых трансформаторов для изготовления трансформаторных преобразователей числа фаз для двухпроводной системы электропередачи.

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

3. Экспериментальным исследованием 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. Безусловным достижением диссертанта является обоснование и построение векторных диаграмм, иллюстрирующих физику преобразования числа фаз и режимы работы элементов преобразовательной схемы.

5. Экспериментальным подтверждением возможности включения фазообразующих элементов со стороны обмотки низкого напряжения трансформаторов ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2.

4. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов

Достоверность результатов диссертации при теоретических исследованиях ТПЧФ-1 и ТПЧФ-2 обоснована корректным применением положений теоретической электротехники и тщательным выполнением математических преобразований; разработанные векторные диаграммы токов и напряжений преобразователей числа фаз, построенных для различных значений коэффициента мощности трехфазной нагрузки проверены на физической модели.

Достоверность экспериментальных исследований достигнута выбором высокоточных приборов для измерения электроэнергетических величин, а также соблюдением требований действующих стандартов.

5. Полнота опубликования основных результатов работы

Основные результаты диссертационного исследования А.Л. Борошнича доложены и обсуждены в достаточной степени на всероссийских и международных конференциях, а также изложены в 10 научных работах, в том числе 8 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и 1 патента на полезную модель и одной монографии.

Автореферат соответствует основному содержанию работы и соответствует предъявляемым требованиям.

6. Замечания

При ознакомлении с диссертацией возникли следующие вопросы и замечания.

1. По мнению оппонента, нет необходимости рекомендовать распространение данной технологии на классы напряжения, превышающие 35 кВ. Сети с изолированной нейтралью (6 – 10 - 35 кВ) имеют запас по прочности изоляции, поэтому повышение напряжения линии электропередачи (до

двойного фазного номинального) не представляет опасности. В сети с глухозаземленной нейтралью (110 кВ) применение данной технологии потребует решения вопроса усиления линейной изоляции.

2. На трансформаторном преобразователе приемной стороны (ТПЧФ-2) в ряде режимов требуется индуктивный характер одного из симметрирующих устройств. В созданной физической модели для этой цели используется магнитный усилитель. Какое устройство может быть применено в натурной установке?

3. Чем обусловлен высокий уровень потерь в ТПЧФ-2 (Табл. 4.16)?

4. Имеются редакционные замечания по тексту диссертации и автореферата.

7. Заключение

Диссертационная работа Боршнина Александра Леонидовича «Совершенствование двухпроводной системы электроснабжения с трансформаторными преобразователями числа фаз для питания удаленных сельскохозяйственных потребителей», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук, является завершённой научно-квалификационной работой, решающей важную техническую задачу обеспечения электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. Работа выполнена на актуальную тему на основе глубоких теоретических проработок автора.

В процессе подготовки диссертации автором использовано современное измерительное оборудование, разработаны математические и физические модели объектов, а также применены инструменты планирования эксперимента. Научная квалификация автора диссертации подтверждается серьёзными аналитическими выкладками.

Таким образом, представленная работа соответствует требованиям п.п. 9, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. №842, а Борошнин Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент,
Доктор технических наук, профессор,
Старший научный сотрудник
АО «НТЦ ЕЭС»



Смоловик

Сергей Владимирович

«07» ноябрь 2025г.

Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ЕЭС»),

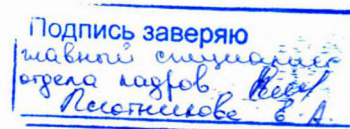
194223, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г.

муниципальный округ Светлановское, ул. Курчатова, д. 1, литера А

<https://www.ntcees.ru/>

Телефон: +7 (812) 297-54-10, доб. 2450

ntc@ntcees.ru



Председателю диссертационного
совета 35.2.033.02 на базе
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
аграрный университет» д.т.н., доценту
Р.Т. Хакимову

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертации Борошнича 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).

ФИО	Смоловик Сергей Владимирович
Гражданство	Россия
Учёная степень и отрасль науки	Доктор технических наук
Шифр и наименование специальности, по которой была защищена диссертация	05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»
Учёное звание, присвоенное ВАК (при наличии)	Профессор
Должность	Старший научный сотрудник
Название структурного подразделения	Научно-технического отдела АО «НТЦ ЕЭС»
Название организации (полное и сокращённое, согласно уставу)	Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ЕЭС»)
Почтовый индекс, адрес места работы	194223, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Светлановское, ул. Курчатова, д. 1, литера А https://www.ntcees.ru/ Телефон: +7 (812) 297-54-10, доб. 2450 ntc@ntcees.ru 2
Адрес электронной почты	smol401@yandex.ru

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Определение условий возникновения опасных аварийных возмущений при эксплуатации генераторов большой единичной мощности / А. С. Брилинский, Н. В. Гришин, Л. А. Кощев, С. В. Смоловик // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2023. – № 1(88). – С. 5-10.
2. Влияние параметров турбогенераторов большой единичной мощности на токи и моменты при коротких замыканиях / А. С. Брилинский, Н. В. Гришин, Л. А. Кощев, С. В. Смоловик // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2023. – № 2(89). – С. 60-68.
3. Крутильные колебания валопроводов турбоагрегатов: монография / А.Н. Беляев, С.В. Смоловик. – СПб.: ПОЛИТЕХПРЕСС, 2024.- 295 с.
4. Сравнение влияния устройств продольной и поперечной компенсации на предел динамической устойчивости / А. И. Денисенко, Д. О. Михайлов, С. В. Смоловик, В. С. Чудный // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2022. – № 1(86). – С. 99-107.

5. Денисенко, А. И. Динамическое поддержание частоты в энергосистеме за счет асинхронизированного синхронного ветрогенератора / А. И. Денисенко, С. В. Смоловик, В. С. Чудный // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2022. – № 2(87). – С. 5-10.
6. Регулирование напряжения в системообразующих и распределительных сетях / А. С. Брилинский, С. Е. Герасимов, С. А. Иванов, С.В. Смоловик [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. – 120 с.
7. Использование статического синхронного продольного компенсатора для повышения эффективности параллельной работы сетей различных классов напряжения / А. И. Денисенко, А. С. Лямов, С. В. Смоловик, В. С. Чудный // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2021. – № 1(84). – С. 13-19.
8. Смоловик, С. В. Отклик 2 на статью А. В. Николаева, Е. А. Тена, С.В. Чаплюка, М. А. Эдлина "Расчет допустимых режимов работы энергосистем и выбор средств противоаварийного управления при перегрузке синхронных генераторов по реактивной мощности" / С. В. Смоловик // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2021. – № 2(85). – С. 136-137.
9. Смоловик С.В. Устойчивость электропередачи со статическим синхронным продольным компенсатором / А. С. Лямов, С. В. Смоловик, А. Л. Тупицина // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2020. – № 1(82). – С. 102-108.
10. Смоловик С.В. Применение статического синхронного компенсатора для повышения динамической устойчивости мощной ГЭС / А. С. Лямов, С. В. Смоловик // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2020. – № 2(83). – С. 62-63.
11. А. С. Брилинский, А. С. Герасимов, С. В. Смоловик, В. С. Чудный / Оценка влияния фазоворотного трансформатора с быстродействующей коммутацией на предел динамической устойчивости электропередачи // Известия НТЦ Единой энергетической системы . – 2024. . – № 2 (91). – С.46 . – 52.

Доктор технических наук, профессор,
Старший научный сотрудник
Научно-технического отдела АО «НТЦ ЕЭС»,
Действительный член Академии
электротехнических наук РФ

С.В. Смоловик

« 18 » 09 2025 г.

