

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.07

**Соискатель:** Сорокин Дмитрий Александрович

**Тема диссертации:** Разработка трехфазного преобразователя переменного тока в постоянный с коррекцией входного тока.

**Специальность:** 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

**Решение диссертационного совета по результатам публичной защиты диссертации:**

На заседании 20 ноября 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» и удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (редакция от 01.10.2018), и принял решение присудить Сорокину Дмитрию Александровичу учёную степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *учёный секретарь диссертационного совета* Дежин Д.С., члены диссертационного совета: Ковалев К.Л., Бусурин В.И., Вольский С.И., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Киселев М.А., Копылов С.И., Кривилев А.В., Лалабеков В.И., Машуков Е.В., Мельников В.Е., Оболенский Ю.Г., Парафесь С.Г., Шевцов Д.А.

Учёный секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.07

  
Дежин Д.С.

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 20 ноября 2020 г. № 5

О присуждении **Сорокину Дмитрию Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка трехфазного преобразователя переменного тока в постоянный с коррекцией входного тока» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 14.09.2020 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д 212.125.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Сорокин Дмитрий Александрович 1992 года рождения. В 2016 г. окончил обучение в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, по специальности «Управляющие, пилотажно-навигационные и

электроэнергетические комплексы летательных аппаратов», квалификация — «инженер».

С 2013 года по настоящее время работает в ООО «Трансконвертер» инженером-конструктором.

В 2016 году поступил в аспирантуру МАИ по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертация выполнена на кафедре №310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» института № 3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

Научный руководитель – доктор технических наук **Вольский Сергей Иосифович**, профессор, профессор кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

**Корнев Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, **выбор** которого связан с его высокой компетентностью в области создания систем электроснабжения железнодорожного и морского транспорта;

**Коняхин Вячеслав Сергеевич**, кандидат технических наук, заместитель начальника отделения систем электроснабжения АО «Аэроэлектромаш» **выбран** в связи с его высокой компетентностью в области электрооборудования летательных аппаратов.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

(НИУ МЭИ), г. Москва, **выбрана** на основании её достижений в области электроэнергетики, надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем, позволяющих оценить научную и практическую составляющую диссертации. Ведущая организация в своем положительном заключении, рассмотренном, обсужденным и одобренным на заседании кафедры «Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», протокол № 08/20 от 30.09.2020, подписанном заведующим кафедрой электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта, кандидатом технических наук, Румянцевым М.Ю., и утвержденным проректором по научной работе доктором технических наук, профессором Драгуновым В.К., указала, что диссертация Сорокина Д.А. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи - повышение эффективности трехфазных преобразователей переменного тока в постоянный с высоким коэффициентом мощности, соответствующую специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы. Диссертационная работа Сорокина Д.А. на тему «Разработка трехфазного преобразователя переменного тока в постоянный с коррекцией входного тока» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям п.9 и п.10 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ (№ 842, от 24 сентября 2013 г., редакция от 01.10.2018, с изменениями от 26.05.2020), а автор Д.А. Сорокин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют публикации в международных и отечественных рецензируемых изданиях по теме работы.

Соискатель имеет 15 (пятнадцать) научных публикаций по теме диссертации, в том числе 4 (четыре) публикации в изданиях, входящих в международную систему цитирования «Scopus», 5 (пять) работ, опубликованных в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы

основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», 1 (один) патент на полезную модель. Большинство работ опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при непосредственном участии соискателя.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Д.А. Сорокин, С.И. Вольский.** Универсальный подход к исследованию AC/DC преобразователей повышающего типа. Статья. // Вестник МЭИ, №2, 2019 – с. 65-72.
2. **Д.А. Сорокин, С.И. Вольский.** Математическая модель трехфазного корректора мощности с улучшенным коэффициентом полезного действия. Статья. // Электричество, №5, 2019 – с. 58-66.
3. **Sorokin D. A., Volskiy S.I., Skorokhod Y.Y.** Three-phase power factor corrector with direct power control and power supply of the unbalanced industrial network // E3S Web of Conferences №124, 2019.
4. **Sorokin D., Volskiy S., Skorokhod Y.** Power Factor Corrector for Bipolar Unbalanced Load and Assymetrical Three-Phase Power Supply // PCIM Europe 2020.
5. **Сорокин Д. А., Вольский С. И.** Трехфазный преобразователь переменного тока в постоянный с повышенным коэффициентом мощности. Патент №192844 от 18.07.2018 г.

**На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные.**

**Отзыв на диссертацию ведущей организации.**

Замечания по диссертации.

1. В тексте рукописи в оглавлении отсутствуют пункты выводов по главам. В главах 2 и 4 выводы не сформулированы.

2. В главе 1 не рассмотрена структура ключей с двухсторонней проводимостью, поэтому приведенная оценка максимального количества полупроводниковых приборов, через которые мгновенно протекает силовой ток

в анализируемых автором схемах, где использованы такие ключи, не является законченной.

3. В работе не раскрыто, как в реальной микроконтроллерной системе управления реализуется коррекция коэффициентов усилителей ошибки  $r_{ai}$  в зависимости от режима работы преобразователя.

4. В четвертой главе недостаточно уделено внимание работе разработанного трехфазного преобразователя в режиме короткого замыкания.

5. На рисунке 5.7 приводятся осциллограммы двух несинфазных сигналов, линейного напряжения и фазного тока, а вывод делается о синфазности фазных токов и напряжений питающей сети.

### **Отзыв на диссертацию официального оппонента Корнева Александра Сергеевича.**

#### Замечания по диссертации.

1. Не обоснованы признаки выбора количественного состава полупроводниковых приборов, через которые одновременно может протекать силовой ток;

2. При описании функционирования трехфазного преобразователя отсутствуют эпюры сигналов управления полупроводниковыми ключами, что затрудняет анализ протекающих процессов в силовой схеме при коммутациях;

3. Не раскрыты критерии выбора шага интегрирования при компьютерном моделировании электромагнитных процессов в разработанном трехфазном преобразователе.

4. Неясно, почему автор пренебрегает выявлением оптимальных значений коэффициентов усилителей ошибки, а определяет только их граничные значения.

5. В диссертационной работе обнаружены терминологические и стилистические неточности и ошибки.

### **Отзыв на диссертацию официального оппонента Коняхина Вячеслава Сергеевича.**

#### Замечания по диссертации.

1. На странице 89 не объяснено, почему наибольшая амплитуда тока низкочастотной составляющей будет иметь место при минимально возможном фазном напряжении сети.

2. На странице 67 автор вводит параметр  $p^*$ , но не раскрывает его физический смысл.

3. В параграфе 4.1 не приведены принятые допущения, при которых была разработана имитационная модель ИКМ1 блока А5 силовой схемы разработанного преобразователя.

4. Не уделено внимание работе при коротком замыкании разработанного трехфазного выпрямителя.

**1. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».**

Отзыв составлен профессором кафедры летательных аппаратов Южно-Уральского государственного университета, доктором технических наук, профессором Ворониным Сергеем Григорьевичем.

Замечания по автореферату.

1. Не ясны причины выбора критерия, связанного с максимальным количеством полупроводниковых приборов, через которые одновременно может протекать силовой ток.

2. Не ясно, какие допущения были приняты при разработке математической модели силовой схемы рассматриваемого преобразователя.

**2. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».**

Отзыв составлен Заслуженным деятелем науки РФ, доктором технических наук, профессором кафедры ТЭЦиС Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, профессором Дмитриковым Владимиром Фёдоровичем.

Замечания по автореферату.

1. В автореферате не раскрыт «новый способ анализа силовых схем».

2. В автореферате не указан критерий, по которому выбирается устройство (энергетический, массогабаритный, стоимостный, качественные показатели преобразования энергии и т.д.).

### **3. ООО «Фоссло Бан-унд Феркерстехник».**

Отзыв составлен кандидатом технических наук, главным инженером ООО «Фоссло Бан-унд Феркерстехник» Валерием Евгеньевичем Шергиным.

### **4. АО «ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС».**

Отзыв составлен кандидатом технических наук, инженером по НТ ОРП IGBT АО «ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС»

Замечания по автореферату.

1. Отсутствуют эюры токов и напряжений, при описании функционирования разработанной силовой схемы.

2. Не перечислены основные допущения, принятые автором при построении имитационных моделей разработанной силовой схемы преобразователя переменного тока в постоянный.

3. Не показано, какое влияние на результаты функционирования предложенной системы управления оказывает разность индуктивностей входных фазных реакторов.

### **5. ФГБУН Институт Проблем Машиноведения Российской Академии наук (ИПМаш РАН).**

Отзыв составлен доктором технических наук, ведущим научных сотрудником Института Проблем Машиноведения РАН Андриевским Борисом Ростиславовичем.

Замечания по автореферату.

1. Из автореферата не ясно, какие допущения были приняты при разработке математической модели силовой схемы рассматриваемого ТППШ.

2. Не раскрыты критерии выбора частоты коммутации силовых полупроводниковых приборов рассматриваемого ТППШ.

3. Из описания не вполне понятно, каким образом реализуется алгоритм отыскания коэффициентов усилителей ошибки разработанной системы управления.



## **6. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».**

Отзыв составлен кандидатом физико-математических наук, профессором кафедры прикладной кибернетики Математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, PhD Мокаевым Тимуром Назировичем

Замечания по автореферату.

1. Из автореферата непонятно, какие допущения были приняты автором при построении имитационных моделей разработанной силовой схемы трехфазного УВ.

2. Отсутствуют критерии выбора шага интегрирования в разработанных имитационных моделях.

3. Не раскрыты процессы в режимах короткого замыкания разработанной силовой схемы трехфазного УВ.

## **7. ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации».**

Отзыв составлен доктором технических наук, заведующим кафедрой электротехники и авиационного оборудования (ЭТ и АЭО), профессором Халютиным Сергеем Петровичем.

Замечания по автореферату.

1. В названии диссертации и тексте автореферата указывается, что рассматриваемый преобразователь «повышающий» и «с коррекцией входного тока», однако из автореферата не видно, каким образом эти особенности преобразователя повлияли на результаты исследований.

2. Из автореферата не ясно, для каких условий (свойств источников напряжения и потребителей электроэнергии) рассматривается представленная математическая модель (1), какие конкретно допущения и на каком основании были приняты при её получении.

3. Доказательство однозначной связи между входным напряжением преобразователя и потребляемой из сети активной мощностью (4) в автореферате не представлено.

4. В автореферате  $R$  - это матрица столбец, а  $R_a$  - диагональная матрица. Непонятно, как в выражении для вектора рассогласования складываются эти матрицы.

5. В четвертой главе рассматриваются алгоритм определения т.н. коэффициентов усилителей ошибки, значения которых выбираются из ряда предположений, однако доказательств этих предположений в автореферате нет.

**8. ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала Б.П. Бугаева».**

Отзыв составлен кандидатом технических наук, доцентом кафедры общепрофессиональных дисциплин, доцентом Милашкиной Ольгой Владимировной.

Замечания по автореферату.

1. В 1-й главе при анализе существующих схмотехнических решений трехфазных AC/DC преобразователей повышающего типа автор не рассматривает системы динамической компенсации провалов напряжения, их преимущества и недостатки. А они в ряде случаев используются как в импортных, так и в отечественных системах стабилизации выходного напряжения потребителей с повышенными требованиями к его качеству, особенно при неравномерной нагрузке по фазам.

2. В диссертационной работе автор рассматривает принцип регулирования на базе вычисления расчетной установочной активной мощности в текущем времени, который обеспечивает синусоидальную форму потребляемого фазного тока, независимо от других фаз тока и стабилизацию выходного напряжения при коэффициенте мощности близком к единице и ничего не сказано о динамических процессах и искажениях напряжения при коммутациях в индуктивных цепях.

3. Автором не изучена стабильность работы системы под воздействием внешних факторов и не указана мощность, при которой может применяться разработанный трехфазный преобразователь переменного напряжения в постоянное напряжение повышающего типа.

4. Автором не проработаны вопросы функционирования трехфазного преобразователя переменного напряжения в постоянное напряжение повышающего типа в условиях обрыва или замыкания одной из фаз.

**В дискуссии приняли участие:**

члены диссертационного совета: Пенкин В.Т., Ковалёв К.Л., Шевцов Д.А. и доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО МГТУ ГА Халютин С.П.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработано** новое схемотехническое решение трёхфазного AC/DC преобразователя повышающего типа, которое обладает повышенной эффективностью за счет снижения мощности потерь в полупроводниковых приборах на 7..11% по сравнению с известными аналогами.

В частности:

– **разработана** система управления трехфазного AC/DC преобразователя повышающего типа на базе оригинального расчета установленной активной мощности, обеспечивающая форму входных фазных токов близкую к синусоидальной форме соответствующих входных фазных напряжений, при которой реактивная мощность, потребляемая из сети стремится к нулю;

– **создана** оригинальная компьютерная имитационная модель предложенной силовой схемы с системой управления, позволяющая проводить весь комплекс исследований электрических процессов AC/DC преобразователя повышающего типа и определять параметры полупроводниковых приборов;

– **предложен** алгоритм определения коэффициентов усилителей ошибки системы управления, который обеспечивает в 2...2,5 раза снижение времени поиска требуемых значений с точностью до 10%, что приемлемо при проведении инженерных расчетов;

– **выявлены** граничные значения параметров реактивных элементов (входных реакторов и выходных конденсаторов) разработанной силовой схемы трехфазного AC/DC преобразователя, позволяющие на практике учитывать ограничения размаха пульсаций и амплитуды третьей гармонической составляющей входного фазного тока;

– **получены** оригинальные аналитические выражения для расчета статических и динамических потерь в полупроводниковых приборах разработанного трехфазного AC/DC преобразователя, обеспечивающие возможность теплового расчета реального устройства;

– **разработан** алгоритм расчета разработанного трехфазного AC/DC преобразователя повышающего типа, который позволяет в комплексе определить как параметры реактивных элементов и полупроводниковых приборов, так и коэффициенты усилителей ошибки разработанной системы управления;

– **проведены** испытания макета преобразователя, подтвердившие теоретические результаты, полученные в диссертационной работе.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

– **предложен** новый подход к исследованию схемотехнических решений трехфазных AC/DC преобразователей повышающего типа посредством учета особенностей принципа действия и выработанных допущений;

– **выработаны** и обоснованы классификационные признаки и критерии сравнения силовых схем трехфазных AC/DC преобразователей повышающего типа;

– **разработаны** оригинальные математические модели предложенных силовой схемы и системы управления трехфазного AC/DC преобразователя повышающего типа;

– **получены** аналитические выражения для получения граничных значений коэффициентов усилителей ошибки системы управления;

– **выявлены** критерии выбора и **получены** выражения для определения параметров реактивных элементов разработанной силовой схемы трехфазного AC/DC преобразователя повышающего типа;

– **получены** оригинальные аналитические выражения для расчета статических и динамических потерь в полупроводниковых приборах разработанной силовой схемы трехфазного AC/DC преобразователя.

**Значение для практики** полученных результатов заключается в том, что они могут служить основой для разработки высокоэффективных электрических преобразователей в рамках концепции более/полностью электрического самолета.

**Достоверность** результатов исследования обеспечивается строгостью математических постановок задач, численным и натурным экспериментами макета преобразователя.

**Личный вклад** соискателя состоит в анализе существующих схемотехнических решений, в разработке нового схемотехнического решения трехфазного AC/DC преобразователя, проектировании и моделировании макета преобразователя, участии в его конструировании и проведении испытаний.

Представленные в диссертационной работе результаты получены лично или при непосредственном участии автора.

**На заседании 20.11.2020 г. диссертационный совет** пришёл к заключению о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 01.10.2018 г. с изм. от 26.05.2020) и **принял решение присудить Сорокину Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.07  
д.т.н., с.н.с.

В.Т. Пенкин

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.07  
к.т.н., доцент

Д.С. Дежин

20.11.2020 г.

