

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 08 сентября 2022 протокол № 1

О присуждении Луфту Сергею Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Система электропитания с повышенной энергетической эффективностью для гальванических производств» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 25 апреля 2022 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 212.173.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012.

**Соискатель** Луфт Сергей Валерьевич 21 января 1992 года рождения, в 2016 году окончил с отличием очное обучение в магистратуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации с присвоением квалификации магистр по направлению 11.04.04 – «Электроника и наноэлектроника». В 2020 году получил диплом об окончании аспирантуры в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический

университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». Работает инженером-электроником в инженерном отделе на предприятии Общество с ограниченной ответственностью «Интеллектуальные машины», г. Бердск.

Диссертация выполнена на кафедре Электроники и электротехники в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, Харитонов Сергей Александрович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующий кафедрой Электроники и электротехники, директор Института силовой электроники.

**Официальные оппоненты:**

**Гарганеев Александр Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор Отделения электроэнергетики и электротехники;

**Осипов Александр Владимирович**, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», доцент кафедры Промышленной электроники;

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ), г. Красноярск

**в своем положительном** заключении, подписанном Пантелеевым Василием Ивановичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой

Электроэнергетики и утвержденном Гуцем Денисом Сергеевичем, кандидатом психологических наук, проректором по учебной работе **указала, что** диссертация Луфта С.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований представлено решение актуальной задачи по повышению энергетической эффективности систем электропитания гальванических установок. Работа соответствует требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Луфт Сергей Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 7 публикаций, входящих в международную систему цитирования «Scopus» и/или «Web of Science». Автором получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 60%, общий объем – 6,47 п. л. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

#### **Наиболее значимые работы по теме диссертации:**

1. Классен С. В. Использование цифрового интерфейса связи CAN для обеспечения параллельной работы преобразователей / С. В. Классен, Т. С. Классен, С. В. Луфт, С. А. Харитонов, А. Г. Волков // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 102 – 108.

2. Луфт С. В. Способ устранения статической ошибки в выходном напряжении параллельно работающих преобразователей напряжения после переходных процессов / С. В. Луфт, Т. С. Классен, А. С. Мурашко, С. А. Харитонов // Электропитание. – 2021. – № 1. – С. 42 – 49.

3. Luft, S. V. Experimental test results of the DC/DC converter prototype for electroplating installation / S. V. Luft // 2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – 2017. – P. 443 – 445.

4. Study of a Dual-Loop Subordinate Control System for a DC-DC Converter with Galvanic Isolation / S. V. Klassen, T. S. Klassen, D. A. Shtein, A. G. Volkov, R. Y. Dubkova, S. V. Luft // 2018 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – 2018. – P. 6403 – 6410.

5. Луфт С. В. Синтез системы управления преобразователями, работающими параллельно на общую нагрузку / С. В. Луфт, Т. С. Классен, С. В. Классен // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП - 2018 : ТРУДЫ XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ: В 8 ТОМАХ, Новосибирск, 02–06 октября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. – 2018. – С. 163 – 170.

6. Klassen S. V. Current Sharing in Digitally Controlled DC-DC Converters Connected in Parallel / S. V. Klassen, T. S. Klassen, S. V. Luft // 2019 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – 2019. – P. 541 – 546.

7. Luft S. V. Full-bridge phase-shifted converter design for aircraft rectifier unit / S. V. Luft, A. A. Khristolyubov // 2015 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. – 2015. – P. 442 – 445.

8. Synthesis of the control system for DC-DC converters for aircraft / A. A. Khristolyubov, T. S. Sekushenko, S. V. Luft, A. I. Khristolyubova, D. V. Makarov // 2015 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. – 2015. – P. 547 – 552.

9. Sinyushin A. V. Three-port bridge converter for stand-alone power system / A. V. Sinyushin, D. V. Makarov, A. L. Chupakhina, S. V. Luft // 2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – 2017. – P. 584 – 589.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022612778. Программа расчета параметров схемы преобразователя напряжения с фазовым управлением / С. В. Луфт – Заявка №2022612295. Дата поступления 09 февраля 2022 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 28 февраля 2022 г.

**На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов, все положительные:**

1. Отзыв кандидата технических наук, главного конструктора Публичного акционерного общества «Авиационная корпорация «Рубин» **Третьяка В.И.** – замечания связаны с отсутствием пояснения величин выбранных разбросов показаний датчиков токов и напряжений и отсутствием расшифровки некоторых аббревиатур.

2. Отзыв доктора технических наук, профессора, **Харламова В.В.**, заведующего кафедрой Электрических машин и общей электротехники «Омского государственного университета путей сообщения», кандидата технических наук, доцента, **Москалева Ю.В.**, доцента кафедры Электрических машин и общей электротехники «Омского государственного университета путей сообщения» – замечания связаны с отсутствием пояснений выбора однофазной сети в качестве питающей, а также с выбором массы в качестве критерия оптимизации оборудования, размещенного стационарно.

3. Отзыв кандидата технических наук, **Савелова А.А.**, доцента кафедры Электротехники и авиационного оборудования «Московского государственного технического университета гражданской авиации», доктора технических наук, профессора, **Халютин С.П.**, заведующего кафедрой Электротехники и авиационного оборудования «Московского государственного технического университета гражданской авиации» – замечания связаны с отсутствием в автореферате анализа метода «мнимостатических характеристик», а также с выбором массы в качестве критерия оптимизации.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента, **Шайтора Н.М.**, доцента кафедры Возобновляемых источников энергии и электрических систем и сетей «Севастопольского государственного университета» – замечания связаны с отсутствием методики определения минимального тока нагрузки для обеспечения «мягкой коммутации» силовых ключей, с температурным режимом элементов схемы, а также с возможностью реализации смещения импульсов управления преобразователями для минимизации пульсаций выходного тока.

5. Отзыв кандидата технических наук, доцента, заместителя генерального директора по сбыту Закрытого акционерного общества «ЭРАСИБ» **Иванцова В.В.** – замечание относится к отсутствию класса защищенности устройства по стандарту IP в качестве одного из параметров при сравнении систем электропитания для гальванических установок.

6. Отзыв заместителя генерального директора по инновационным разработкам Акционерного общества «АЭРОЭЛЕКТРОМАШ» **Довгалёнка В.М.** – замечания связаны с отсутствием в автореферате выражений для синтеза системы управления преобразователем и пояснения влияния активного охлаждения на эксплуатационные характеристики системы электропитания.

7. Отзыв кандидат технических наук, **Горбунова А.С.**, доцента кафедры Электромеханики «Уфимского государственного авиационного технического университета» – замечания связаны с отсутствием в автореферате имитационных моделей и обоснования выбора силовой схемы преобразователя напряжения.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** известностью, наличием достижений в области силовой электроники, высокой компетентностью в сфере, связанной с исследованиями систем преобразования электрической энергии, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Гарганеев Александр Георгиевич** – доктор технических наук, является специалистом в области разработки способов управления преобразователями напряжения, а также исследований электромагнитных процессов в системах генерирования постоянного тока. Имеет большое количество публикаций по темам, близким к диссертационной работе. **Осипов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, специалист в сфере разработки и исследования резонансных преобразователей постоянного напряжения, а также преобразователей с «мягким» переключением силовых ключей. Имеет большое количество публикаций по темам, близким к диссертационной работе. **ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»** один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками

систем электропитания для промышленности, а также способов управления преобразователями в их составе.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** алгоритмические решения для устранения статической ошибки в выходном напряжении системы электропитания после восстановления передачи данных между модулями;

**предложена** новая методика комплексного расчета основных параметров преобразователя с фазовым управлением с критерием оптимизации по массе изделия;

**доказана** перспективность применения разработанных способов управления системой электропитания для гальванических установок с целью улучшения качества выходной энергии в области малой выходной мощности;

новые понятия **не введены**.

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

**доказана** эффективность применения предложенных способов управления системой электропитания для гальванических установок, направленных на снижение величины пульсаций выходного тока и повышение коэффициента полезного действия системы при малой выходной мощности;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** элементы теории электрических и магнитных цепей, методы имитационного моделирования, экспериментальные методы натурного прототипирования и стендовых испытаний;

**изложены** элементы теории расчета и проектирования планарных электромагнитных элементов высокочастотных полупроводниковых преобразователей электрической энергии;

**раскрыта** проблема возникновения ненулевой статической ошибки в выходном напряжении системы электропитания после выхода из аварийного режима работы;

**изучены** зависимости ряда параметров системы электропитания для гальванических установок при различных стратегиях изменения количества активных модулей;

**проведена модернизация** существующих алгоритмов управления параллельно включенными преобразователями напряжения.

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

**разработаны и внедрены** в ООО «Интмаш» и учебный процесс ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» методика расчета параметров силовых элементов преобразователя с фазовым управлением, способы управления параллельно включенными преобразователями напряжения, схемотехнические и конструктивные решения, позволяющие уменьшить массогабаритные показатели системы электропитания для гальванических установок;

**определены** перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования для модульных систем электропитания широкого класса применения;

**создана** программа комплексного расчета параметров высокочастотного полупроводникового преобразователя с фазовым управлением;

**представлены рекомендации** по созданию систем управления параллельно работающими высокочастотными преобразователями постоянного напряжения в составе систем электропитания гальванических установок.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены с применением сертифицированного оборудования и характеризуются удовлетворительной воспроизводимостью и согласуются с результатами расчетов;

**теория** построена на известных, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также на известных положениях математического анализа и основ схемотехники;

**идея базируется** на анализе и обобщении результатов применения полупроводниковых преобразователей в составе систем электропитания, построенных на основе параллельного включения преобразователей напряжения, а также на передовом опыте исследований алгоритмов управления данными преобразователями;



**использованы** сравнения авторских данных, полученных с применением разработанных математических и имитационных моделей, с данными экспериментальных и теоретических исследований, полученными ранее по рассматриваемой тематике;

**установлено** качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных аналитических и численных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание полагать разработанные модели адекватными;

**использованы** современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования, а также физического эксперимента с использованием современного контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.

**Личный вклад соискателя состоит** в сборе и анализе исходных данных, проведении аналитического обзора по тематике исследования, разработке математических и имитационных моделей, разработке алгоритмов оптимизации числа активных модулей в системе электропитания в области малой выходной мощности, разработке макетных образцов и проведении физического эксперимента, написании программы для ЭВМ, подготовке публикаций по выполненной работе;

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: проводились ли испытания на электромагнитную совместимость и каковы их результаты; недостаточно полно исследована нагрузка и не в полном объеме сформулированы требования, предъявляемые технологическим процессом осаждения металла к преобразователю; каково назначение блока « $ZON_{CAN}$ » в блок-схеме системы управления; почему максимум КПД приходится на половину от номинальной мощности преобразователя, а не на максимальную мощность.

Соискатель Луфт С.В. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: испытания на электромагнитную совместимость не проводились, однако запланированы на

будущее; необходимо обеспечить режим стабилизации выходного тока от 0 до 100% с ограничением выходного напряжения, режим стабилизации выходного напряжения от 0 до 100% с ограничением выходного тока; блок «ZOH<sub>CAN</sub>» имитирует присутствующую в системе задержку при передаче данных микроконтроллером по шине CAN; большую часть рабочего времени гальванические системы электропитания работают на мощностях ниже номинальной, что обусловлено спецификой технологических процессов осаждения металла.

На заседании 08 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по повышению энергетической эффективности систем электропитания гальванических установок, имеющей значение для электротехнической отрасли, присудить Луфту С.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 19, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель  
диссертационного



Востриков Анатолий Сергеевич

Ученый секретарь  
диссертационного

Дыбко Максим Александрович

08 сентября 2022