

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04 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 22 декабря 2021 протокол № 5

О присуждении Харитонову Андрею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Анализ системы электроснабжения постоянного тока летательных аппаратов» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 18 октября 2021 г., протокол № 11, диссертационным советом Д.212.173.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Харитонов Андрей Сергеевич 1971 года рождения, в 2003 году окончил обучение в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по специальности – «Управление и информатика в технических системах», выдан диплом, присуждена квалификация инженер.

В 2007 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт автоматики и электрометрии» Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 05.13.18 – «Математическое

моделирование, численные методы и комплексы программ», нормативный период обучения с 01.10.2002 по 14.01.2007.

Работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» в должности ассистента кафедры проектирования технологических машин.

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, старший научный сотрудник Золотухин Юрий Николаевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии» Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория № 9, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Панфилов Дмитрий Иванович, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», дирекция, научный руководитель;

Смоленцев Николай Иванович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», доцент кафедры технической электроники, помощник ректора по научной работе;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск;

в своем положительном заключении, подписанном Гарганеевым Александром Георгиевичем, доктором технических наук, профессором Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики, и утвержденном Сухих Леонидом Григорьевичем, доктором физико-математических наук, проректором по науке и трансферу **указала, что** диссертация Харитонов А.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании

выполненных автором исследований представлено решение важной научно-технической задачи анализа перспективной системы электроснабжения постоянного тока летательных аппаратов на базе синхронного генератора с комбинированным возбуждением, анализ способов выбора параметров и разработка энергоэффективных алгоритмов управления синхронным генератором и полупроводниковыми преобразователями электрической энергии. Диссертация 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), а её автор, Харитонов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 3 публикации отмечены в наукометрических системах «Web of Science» и «Scopus», 11 публикаций в прочих изданиях (в том числе в материалах всероссийских конференций). Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 75 %, общий объем – 10,97 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Параллельная работа однофазных инверторов напряжения на общую нагрузку в составе систем электроснабжения / С. А. Харитонов, А. С. Харитонов, А. И. Христюлова, Е. Я. Букина // Электропитание. - 2019. – № 4. – С. 26–41;

2. Основные энергетические характеристики системы постоянного тока «синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов – активный выпрямитель» при переменной частоты вращения вала генератора/ С. А. Харитонов, А. С. Харитонов, // Электропитание. - 2021. –№ 2. – С. 9–18;

3. Kharitonov S. A. Analytical research of electromagnetic processes in direct current starter-generator system «Synchronous generator with combined excitation – active rectifier» (generation mode), / S. A. Kharitonov, A. S. Kharitonov, D. L. Kaluzhskij // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) / Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018): тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 6. – С. 13-20. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545947;

4. Kharitonov S. A. Evaluation of electrical parameters in the system 'synchronous generator with permanent magnets - active rectifier' / S. A. Kharitonov, A. S. Kharitonov, P. A. Bachurin // The 19 international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM 2018: proc., Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2018. – IEEE Computer Society, 2018. – P. 593-597. - ISBN 978-153865021-9. - DOI: 10.1109/EDM.2018.8435097;

5. Zero sequence astatic control of three-phase four-leg voltage source inverter of power supply system [Electronic resource] / A. S. Kharitonov, S. A. Kharitonov, A. I. Khristolyubova, E. Y. Bukina, I. A. Bakhovtsev // 1 International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE), Novosibirsk, 10–11 Dec. 2020. – Novosibirsk: IEEE, 2020. – P. 136–144. - Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9314655>. - Title from screen - DOI: 10.1109/PIERE51041.2020.9314655;

6. Алгоритмы управления и электромагнитные процессы в системе генерирования переменного тока с синхронным генератором и активным выпрямителем / С. А. Харитонов, Н. И. Бородин, А. А. Стенников, М. А. Маслов, Д. В. Коробков, А. С. Харитонов, А. В. Левин, М. М. Юхнин, Э. Я. Лившиц // Техническая электродинамика. Темат. вып. Силовая электроника и энергоэффективность-Киев, 2004. -Ч.2-С.47-54;

7. Система генерирования электрической энергии "переменная скорость - постоянная частота" на базе синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов и инверторов напряжения. / С. А. Харитонов, Н. И. Бородин, Д. В. Коробков, М. А. Маслов, А. С. Харитонов, А. В. Левин, М. М. Юхнин, Э. Я. Лившиц // Сборник тезисов. IX симпозиум, Электротехника 2030. Перспективные технологии электроэнергетики. Московская обл. 29-31 мая 2007. С. 3001-3002;

8. Результаты разработки системы генерирования электрической энергии типа "переменная скорость - постоянная частота". / Н. И. Бородин, Д. В. Коробков, А. В. Левин, Э. Я. Лившиц, М. А. Маслов, В. В. Машинский, А. С. Харитонов, С. А. Харитонов, А. Ю. Храмов, М. М. Юхнин // "Силовая интеллектуальная электроника". 2007. - №1(7). - С. 17-20;

9. Результаты разработки и испытаний системы генерирования электрической энергии на базе синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов и

инвертора напряжения. / Н. И. Бородин, Д. В. Коробков, А. В. Левин, Э. Я. Лившиц, М. А. Маслов, А. С. Харитонов, С. А. Харитонов, М. М. Юхнин // Техническая электродинамика. Темат. вып. Силовая электроника и энергоэффективность. - Киев, 2007. - Ч.1. - С.15-18;

10. Kharitonov S. A. An analytical analysis of a wind power generation system included synchronous generator with permanent magnets and voltage source inverter. / S. A. Kharitonov, A. S. Kharitonov, N. V. Bedina // EUROCON 2007. The international conference on "Computer as a tool". - 2007. - P.2741-2748;

11. Стартер-генераторная система для вспомогательной силовой установки / С. А. Харитонов, М. А. Жарков, А. С. Харитонов [и др.] // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2017. - Т. 20, № 5. - С. 50-66. - DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-5-50-66;

12. Стартер-генераторная система постоянного тока. Имитационная модель и результаты математического эксперимента (часть 1 - Генераторный режим) / Д. В. Коробков, А. С. Харитонов, М. А. Жарков, С. А. Харитонов, Д. Л. Калужский [и др.] // Электропитание. - 2017. - № 3. - С. 30-45;

13. Харитонов С. А. Стабилизация напряжения в системе электроснабжения с магнитоэлектрическим генератором / С. А. Харитонов, Д. В. Макаров, А. С. Харитонов // Электропитание. - 2017. - № 1. - С. 16-37;

14. Анализ электромагнитных процессов в системе генерирования постоянного тока на базе магнитоэлектрического генератора и активного выпрямителя / С. А. Харитонов, А. С. Харитонов, П. А. Бачурин, С. П. Халютин // Электропитание. - 2017. - № 4. - С. 4-10;

15. Харитонов С. А. Анализ процессов в системе электроснабжения типа "Синхронный генератор с постоянными магнитами - активный выпрямитель" / С. А. Харитонов, А. С. Харитонов, П. А. Бачурин // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского: сб. докл. по материалам 15 Всерос. науч.-техн. конф. – Москва: Изд. дом академии им. Н. Е. Жуковского, 2018. – № 6. – С. 433-442;

16. Стартерный режим работы трёхкаскадного бесконтактного генератора / А. В. Сапсалева, А. С. Харитонов, Н. П. Савин, О. Б. Давыденко, Е. Г. Касаткина // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии (ИНФО–2019):

сб. тр. 16 междунар. науч.-практ. конф., Сочи, 1–10 окт. 2019 г. – Москва: Ассоц. выпускников и сотр. ВВИА им. проф. Жуковского, 2019. – С. 11-15.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов, все положительные:

1. Отзыв кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, заведующего кафедрой "Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» **Румянцева М. Ю.** – замечания относятся к отсутствию патентов на изобретение и полезную модель, а также отсутствие количественной оценки энергоэффективности системы.

2. Отзыв доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения» **Харламова В. В.** и кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электрические машины и общая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения» **Москалева Ю. В.** – замечания связаны с учетом нелинейности характеристик магнитной цепи синхронного генератора, а также, по необходимости, уточнения, насколько возможно улучшить массогабаритные показатели системы.

3. Отзыв кандидата технических наук, главного конструктора ПАО «Авиационная корпорация «Рубин» **Третьяка В. И.** – замечания связаны с отсутствием в работе инженерной методики расчета параметров системы электроснабжения, а также с отсутствием в работе освещения электростартерного режима работы системы электроснабжения.

4. Отзыв доктора технических наук, старшего научного сотрудника, начальника научно-исследовательского отдела ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт» **Давидова А. О.** – замечания связаны с отсутствием рассмотрения в работе КПД системы электроснабжения, а также с отсутствием в автореферате оценок массогабаритных показателей системы и их сравнения с существующими аналогами.

5. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электроника и автоматика физических установок» Северского технологического института –

филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» **Щипкова А. А.** – замечания связаны с опечатками в автореферате, с отсутствием учета пульсационной составляющей в работе DC/DC преобразователя в структурной схеме полной модели системы электроснабжения, а также с тем, что для явнополусного синхронного генератора случай работы с $\cos\varphi=1$ не подтвержден рассчитанными зависимостями.

6. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электротехники и авиационного оборудования» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) **Решетова С. А.** – замечания связаны с неточностью термина «система электроснабжения», с отсутствием в автореферате математической модели объекта исследования, с необходимостью пояснения назначения блока задержки в имитационной модели, с неясностью из автореферата, проводилось ли в работе сравнение рассмотренного варианта системы с системами, построенными на основе других типов генераторов.

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. **Панфилов Дмитрий Иванович** – доктор технических наук, является специалистом в области силовой электроники, микропроцессорной техники, моделирования процессов в системах силовой электроники на компьютерах, разработке энергоэффективных алгоритмов управления устройствами силовой и энергетической электроники. **Смоленцев Николай Иванович** – кандидат технических наук, специалист в сфере возобновляемых источников энергии, автономных систем электроснабжения, интеллектуальных сетей, информационных технологий. **ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»** один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками авиационных систем электроснабжения, а также

способов управления электромеханическими и полупроводниковыми преобразователями в их составе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены способы выбора основных параметров синхронного генератора с комбинированным возбуждением и способы управления полупроводниковым преобразователем и синхронным генератором, входящими в состав системы электроснабжения постоянного тока, позволяющие минимизировать потребление системой реактивной мощности в процессе функционирования, и, как следствие, уменьшить её массу и габариты;

разработаны два типа математической модели системы электроснабжения постоянного тока на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением и активного выпрямителя напряжения на базе инвертора напряжения – первый тип, с учетом переменных составляющих в токах синхронного генератора, второй тип, упрощенный, по основным гармоникам токов и напряжений генератора;

доказана перспективность применения систем электроснабжения постоянного тока на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением и активного выпрямителя напряжения при построении современных высокоэнергоэффективных систем электроснабжения летательных аппаратов, в которых минимизируются перетоки реактивной мощности;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения предложенных способов управления синхронным генератором с комбинированным возбуждением и полупроводниковым преобразователем в составе системы электроснабжения постоянного тока, направленных на снижение величины потребления синхронным генератором реактивной мощности и, как следствие, уменьшение массы и габаритов системы;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** прямое и обратное преобразование $abc-dq$ координат, прямое и обратное преобразование $abc-\alpha\beta$ координат, метод переключающих функций, а также метод временной деформации, методы имитационного моделирования;

изложены положения, направленные на разработку математических моделей, которые базируются на представлении электрических и электромеханических систем в виде эквивалентных электрических схем;

раскрыта проблема снижения величины коэффициента мощности синхронного генератора за счёт ухудшения спектрального состава входного напряжения активного выпрямителя напряжения при малых глубинах модуляции с условием обеспечения стабильности напряжения на нагрузке с изменением частоты вращения вала синхронного генератора;

изучены зависимости ряда основных электрических параметров системы электроснабжения постоянного тока на основе синхронного генератора с комбинированным возбуждением и активного выпрямителя напряжения от величин изменения частоты напряжения синхронного генератора, тока нагрузки и коэффициента модуляции активного выпрямителя напряжения; определена связь варианта выбора параметров синхронного генератора с уровнем генерируемой реактивной мощности активным выпрямителем напряжения;

проведена модернизация алгоритма управления возбуждением синхронного генератора с комбинированным возбуждением для стабилизации его напряжения при изменении частоты вращения вала генератора, алгоритма управления активным выпрямителем напряжения при синхронизации по ЭДС и напряжению синхронного генератора;

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

разработаны и внедрены: способы управления возбуждением синхронного генератора и выбора его основных параметров при изменении частоты вращения вала генератора, способ управления активным выпрямителем напряжения при его питании от синхронного генератора, минимизирующий потребление реактивной мощности с синхронизацией активного выпрямителя напряжения по ЭДС и напряжению генератора;

определены перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования для систем электроснабжения постоянного тока летательных аппаратов на основе синхронного генератора с комбинированным

возбуждением и активного выпрямителя напряжения при изменении частоты вращения вала генератора;

создана система практических рекомендаций по выбору основных параметров синхронного генератора с комбинированным возбуждением при его работе в составе системы электроснабжения постоянного тока;

представлены и обоснованы рекомендации по выбору основных параметров системы электроснабжения постоянного тока на базе синхронного генератора с комбинированным возбуждением и активного выпрямителя для применения на летательных аппаратах, в которых частота вращения вала генератора изменяется в широком диапазоне.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением сертифицированного измерительного 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 законах электротехники;

идея базируется на анализе и развитии методов теории электрических машин и силовой электроники применительно к решению прикладных задач повышения энергоэффективности передачи, распределения и преобразования электрической энергии в автономных системах электроснабжения с электромеханическими и полупроводниковыми преобразователями;

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

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание считать адекватными разработанные математические модели;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования, а также

физического эксперимента с применением современного контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.

Личный вклад соискателя состоит: в непосредственном участии при разработке задач исследования, проведении аналитического обзора по тематике исследования, изложении и обобщении теоретических и практических результатов работы, разработке математических и имитационных моделей, разработке способов управления возбуждением синхронного генератора, а также выборе электромагнитных параметров системы, разработке энергоэффективных алгоритмов управления активным выпрямителем напряжения в составе системы электроснабжения постоянного тока, проведении физического эксперимента на макетном образце;

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для электротехнической отрасли, и соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 11.09.2021).

На заседании 22 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Харитонову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 19, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Исполняющий обязанности пред
диссертационного совета

С.В. Брованов

Ученый секретарь
диссертационного совета

М.А. Дыбко

22 декабря 2021 г.