

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 №4

О присуждении Жаркову Максиму Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Анализ электромагнитных процессов в стартер-генераторной системе на основе трехкаскадного синхронного генератора» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 18 октября 2021 г., протокол № 12, диссертационным советом Д.212.173.04 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 Жарков Максим Андреевич 1988 года рождения, в 2013 году окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации магистр по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника». В 2016 году завершил обучение в очной аспирантуре 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 ведущим инженером-конструктором Института

силовой электроники и старшим преподавателем кафедры электроники и электротехники в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

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;

Румянцев Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ", Заведующий кафедрой Электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), г. Москва

в своем положительном заключении, подписанном Решетовым Сергеем Александровичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Электротехники и авиационного электрооборудования», и утвержденном Воробьевым Вадимом Вадимовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе и инновациям **указала, что** диссертация Жаркова М.А. является

завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методики проектирования стартер-генераторных систем для трехкаскадных авиационных генераторов, которая имеет важное значение для развития авиационной техники, что позволит обеспечить конкурентоспособность отечественной авиационной промышленности. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Жарков Максим Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 32 опубликованные работы по теме диссертации, из которых 5 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 15 публикаций, входящих в международную систему цитирования «Scopus» и/или «Web of Science», 3 патента на изобретение РФ. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 75%, общий объем – 15,332 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Левин А.В., Халютин С.П., Давидов А.О., Жмуров Б.В., Харитонов С.А., Жарков М.А., Харитонов А.С. / Стартер-генераторная система для вспомогательной силовой установки // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2017. - №5. – С. 55-66.

2. Жарков М.А., Сидоров В.Е., Преображенский Е.Б., Балагуров М.В., Дубкова Р.Ю., Харитонов С.А./ Непосредственный преобразователь частоты для стартер-генераторной системы маршевого двигателя // Доклады АН ВШ РФ. – 2018. – № 3 (40). – С. 7–25.

3. Жарков М.А., Сапсалева А.В., Харитонов С.А., Зиновьев Г.С., Жуловян В.В./Анализ использования демпферной обмотки для создания пускового момента трехкаскадного синхронного генератора // Доклады АН ВШ РФ. – 2018. – № 4 (41). – С. 64-76.

4. Жарков М.А./ Анализ формирования электромагнитного момента трехкаскадного синхронного генератора для реализации электростартерного устройства// Электропитание. - 2021. - № 2. – С. 19–26.

5. Жарков М.А., Сараханова Р.Ю., Сальвассер А.А., Хорошев М.А./ Динамические процессы системы генерирования на основе трехкаскадного синхронного генератора и цифрового блока регулирования напряжения// Электропитание. - 2021. - № 3.

6. Патент № 2680287 С1 Российская Федерация, МПК F02С 7/00. Способ запуска газотурбинного двигателя: № 2018100313: заявл. 09.01.2018: опубл. 19.02.2019 / А. В. Сапсалеv, М. А. Жарков, С. А. Харитонов, П. А. Бачурин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «НГТУ».

7. Патент № 2717477 С1 Российская Федерация, МПК F02N 11/14, H02P 1/50, F02С 7/00. Способ запуска газотурбинного двигателя: № 2019124156: заявл. 25.07.2019: опубл. 23.03.2020 / А. В. Сапсалеv, М. А. Жарков, А. С. Харитонов [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «НГТУ».

8. Mathematical model of the starter system based on a three-stage synchronous generator with damping cage/**Maksim A. Zharkov**, Sergey A. Kharitonov, Vasiliy S. Simin, Korobkov D.V., Volkov A.G., Bessonov I.O.// 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 2015), Altai. – Novosibirsk: NSTU, 2015.- P. 422-426.

9. **Zharkov M.A.**, Bachurin P.A., Kharitonov S.A., Korobkov D.V., Sarakhanova R.Yu., Simin V.S. /Experiment results of laboratory tests of electrical starting system powered by a DC source//17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 2016), Altai, Erlagol, 30 June – 4 July 2016. – Novosibirsk: NSTU, 2016.- P. 623-627.

10. **M.A. Zharkov**, S.A. Kharitonov, A.V. Sapsalev, A.S. Kharitonov/ Starting Mode of Three-Stage Brushless Generator Operation//17th International Ural Conference on AC Electric Drives (ACED), Ekaterinburg, Russia, 26-30 March 2018. - IEEE, 2018. – P.1-4.

11. **M.A. Zharkov**, V.E. Sidorov/ Electric Starter System for Launching a Gas Turbine Aircraft Engine//20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 2019), Altai. – IEEE, 2019. – P. 700-704.

12. **M. A. Zharkov**, S. A. Kharitonov, V. E. Sidorov and R. Y. Dubkova, "The Analysis of the Reactive Launch of Three-stage Synchronous Generator for Aviation Starter-Generator

Device," 2019 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS), Ufa, Russia, 2019, pp. 1-5.

13. L.G. Zotov, V.P. Razinkin, **M.A. Zharkov**, V.V. Atuchin, "Flying apparatus DC–DC starter-generator converter based on switching capacitor structures". Electrical Engineering. 2019.

14. **M. A. Zharkov** and R. Y. Sarakhanova, "Analysis of Current State of the Starting Device for Aircraft Gas Turbine Engines," 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Chelyabinsk, Russia, 2020, pp. 383-388

15. **M. A. Zharkov**, R. Y. Sarakhanova and D. A. Kurochkin, "Experimental Results of Starting a Three-Stage Synchronous Generator Using a Reactive Torque," 2021 XVIII International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED), 2021, pp. 1-4.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все положительные:

1. Отзыв кандидата технических наук, доцента, заместителя генерального директора по сбыту Закрытого акционерного общества "ЭРАСИБ" **Иванцова В.В.** – замечание относится к отсутствию в автореферате описания критерия эффективности энергопотребления пускового устройства.

2. Отзыв кандидата технических наук, главного конструктора Публичного акционерного общества "Авиационная корпорация "Рубин" **Третьяка В.И.** – замечания связаны с отсутствием пояснения структуры и типа преобразователя системы стабилизации и отсутствия расшифровки аббревиатур.

3. Отзыв заместителя генерального директора по инновационным разработкам АО «Аэроэлектромаш» **Довгаленока В.М.**, кандидата технических наук, главного специалиста отделения электрических машин АО «Аэроэлектромаш» **Куприянова А.Д.** – замечания связаны с условиями работы демпферной обмотки и процесса синхронизации с помощью подвозбудителя.

4. Отзыв к.т.н., доцента, **Путилина К.П.**, доцента кафедры «Возобновляемые источники энергии, электрические системы и сети» «Севастопольского государственного университета», к.т.н., доцента, **Горпинченко А.В.**, доцента кафедры «Возобновляемые источники энергии, электрические системы и сети» «Севастопольского государственного университета» - замечания связаны с допущенной ошибкой в формуле; в отсутствии структуры ТСГ; вопросы связанные с режимом

запуска с помощью инвертора напряжения; вопросы связанные с аналитическими выражениями для системы ТСГ-инвертор напряжения; с отсутствием численных показателей в автореферате.

5. Отзыв к.т.н., доцента, **Негадаева В.А.**, доцента кафедры «Электропривода и автоматизации» «Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева» - замечания связаны с формулировкой положений, выносимых на защиту.

6. Отзыв к.т.н., доцента, **Щипкова А.А.**, доцента кафедры «Электроника и автоматика физических установок» Северского технологического института – филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» - замечания связаны с явнополусным исполнением ротора и синтезом параметров регуляторов.

7. Отзыв доктора технических наук, профессора, **Харламова В.В.**, Заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника» «Омского государственного университета путей сообщения», кандидата технических наук, доцента, **Москалева Ю.В.**, доцента кафедры «Электрические машины и общая электротехника» «Омского государственного университета путей сообщения» - замечания связаны с пульсациями момента и отсутствием пояснения аббревиатур.

8. Отзыв кандидата технических наук, доцента, **Вавилова В.Е.**, Заведующего кафедрой «Электромеханика» «Уфимского государственного авиационного технического университета», **Жеребцова А. А.**, Начальника научно-расчетного отдела НИИ «Электротехнические комплексы и системы» кафедры «Электромеханика» «Уфимского государственного авиационного технического университета» - замечания связаны с вопросом преимущества применения трехкаскадных генераторов в авиации и с отсутствием расшифровки аббревиатур.

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 и исследования синхронных электродвигателей для различных применений от

высокоточных гироскопов до генераторов систем электроснабжения автономных объектов, а также синхронных электроприводов. Имеет большое количество публикаций по темам, близким к диссертационной работе. **Румянцев Михаил Юрьевич** – кандидат технических наук, специалист в сфере исследования и разработки высокоскоростных синхронных генераторов для бортовых систем электроснабжения летательных аппаратов, а также вопросами запуска электротурбомашин. **ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»** - один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками в области концепции полностью электрического самолета, создания современных систем электроснабжения летательных аппаратов, разработки алгоритмов управления полупроводниковыми преобразователями электрической энергии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмические решения для описания электромагнитного момента трехкаскадного синхронного генератора при околонулевых скоростях вращения вала, позволяющие реализовать стартер-генераторную систему с использованием одного электромеханического преобразователя, а также макетные образцы полупроводниковых преобразователей, реализующие предложенные алгоритмы;

предложена новая математическая модель системы запуска газотурбинного двигателя на основе трехкаскадного синхронного генератора;

доказана перспективность применения трехкаскадного синхронного генератора в качестве пускового устройства для авиационного газотурбинного двигателя;

новые понятия **не введены**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана энергетическая эффективность применения предложенных алгоритмов управления инвертором напряжения в составе стартер-генераторной системы, направленных на формирование электромагнитного момента трехкаскадного синхронного генератора;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** прямое и обратное

преобразование *abc-dq*-координат, теория обобщенного вектора, метод гармонического анализа, метод переключающих функций;

изложены положения, направленные на разработку математических моделей, которые базируются на использовании метода переключающих функций с учетом реализации алгоритма широтно-импульсной модуляции;

раскрыта необходимость анализа процесса насыщения трехкаскадного синхронного генератора при формировании максимального момента на околонулевых скоростях вращения вала;

изучены зависимости ряда параметров стартер-генераторной системы при различных стратегиях изменения угла управления тока инвертора;

проведена модернизация существующих математических моделей синхронного трехкаскадного генератора в режиме генерирования, в части обобщения постоянной времени системы и составления комплексной передаточной функции объекта.

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

разработаны и внедрены: способы управления системой запуска на основе трехкаскадного синхронного генератора, способ бездатчиковой синхронизации системы управления в двигательном режиме в рамках работ, выполняемых совместно с АО «Аэроэлектромаш»;

определены перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертационного исследования для авиационных стартер-генераторных систем широкого класса применения;

создана система практических рекомендаций по применению разработанных моделей при проектировании полупроводниковых преобразователей для применения в стартер-генераторных системах, обеспечивающих различные режимы работы;

представлены рекомендации по совершенствованию системы стабилизации напряжения трехкаскадного генератора в режиме генерирования, в части унификации устройства для всего диапазона мощностей существующих авиационных генераторов.

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 основ электротехники;

идея базируется на анализе и обобщении методов управления электромеханическими преобразователями энергии в составе стартер-генераторной системы, 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 математических и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание считать разработанные математические модели эффективными;

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.

Личный вклад соискателя состоит: в непосредственном участии автора при постановке задач, обосновании и выборе методов решения, в разработке математических и имитационных моделей, разработке алгоритмических методов создания электромагнитного момента трехкаскадного генератора, в анализе полученных результатов, в создании макетных образцов полупроводниковых преобразователей (совместно с сотрудниками ИСЭ НГТУ), в разработке методик испытаний и в проведении экспериментальных исследований (совместно с сотрудниками ИСЭ НГТУ, Холдинг «Технодинамика», АО «Аэроэлектромаш», АО «Сарапульский электрогенераторный завод», ПАО «Авиационная корпорация «Рубин»), а также в интерпретации достигнутых результатов.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для электротехнической отрасли, и соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 22 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Жаркову М.А. 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 0, недействительных бюллетеней 0.

Исполняющий обязанности
диссертационного совета

С.В. Брованов

Ученый секретарь
диссертационного совета

М.А. Дыбко

22 декабря 2021 г.