

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.2.377.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук,

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 марта 2023 г., № 11

О присуждении Саяхову Ильдусу Финатовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка безжелезных дисковых электрических машин с магнитной сборкой Хальбаха для летательных аппаратов» по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы принята к защите 10 января 2023 года (протокол № 3) диссертационным советом 24.2.377.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», Минобрнауки России, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказ №1172/нк от 12.10.2022 г.

Соискатель Саяхов Ильдус Финатович 23 мая 1992 года рождения.

В 2016 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», в 2020 году - очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». В период с 2016 по 2020 гг. работал старшим преподавателем на кафедре электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». С 2022 г. и по настоящее время работает старшим преподавателем кафедры электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – д.т.н., проф., проф. кафедры электромеханики Исмагилов Флюр Рашитович, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Минобрнауки РФ.

Официальные оппоненты:

1. Ганджа Сергей Анатольевич, д.т.н., проф., профессор кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск;

2. Князев Алексей Сергеевич, к.т.н., старший преподаватель 15 кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования ФГКВУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова», г. Краснодар,

– дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном зав. кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Румянцевым Михаилом Юрьевичем и утвержденном проректором по научной работе Драгуновым Виктором Карповичем, указала, что диссертационная работа Саяхова Ильдуса Финатовича является законченной научно-квалификационной работой. Автором разработаны элементы методики проектирования безжелезных дисковых электрических машин, которые позволяют определить начальные геометрические размеры активных частей статора и ротора для последующего построения компьютерной модели и расчета с использованием метода конечных элементов. Произведена параметрическая оптимизация постоянных магнитов в магнитной сборке Хальбаха на основе компьютерной модели безжелезной дисковой электрической машины, которая позволила выявить оптимальные соотношения размеров постоянных магнитов для улучшения массогабаритных и энергетических характеристик проектируемой безжелезной дисковой электрической машины. Разработана методика и получены результаты параметрической оптимизации дисковой электрической машины с обмотками из высокотемпературных сверхпроводников, в которой впервые на основе уточненной компьютерной модели получены оптимальные соотношения размеров пазов статора. Саяхов Ильдус Финатович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 17 работ, в том числе по теме диссертации - 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 10 работ (в т.ч. 6 в журналах, входящих в БД Scopus и Web of Science); получены 3 патента РФ на изобретения, 1 патент на полезную модель и 3 свидетельства о регистрации программы ЭВМ. Объем научных изданий – 4,35 п.л., авторский вклад – 2 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Саяхов И.Ф. Электромагнитный и тепловой анализ электрических машин из композитных материалов / Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, И.Ф. Саяхов, Е.А. Ематин // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2020. – № 2. – С. 52–61.
2. Sayakhov I.F. Analysis of performance of disc - type high – speed generators design with PMs / F.R. Ismagilov, V. E. Vavilov, I.F. Sayakhov // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, (ICIEAM 2018), Москва, 15–18 мая 2018 г.
3. Sayakhov I. Review of the application of composite materials in electrical machines International / F. Ismagilov, N. Uzhegov, V. Vavilov, I. Sayakhov // International Review of Electrical Engineering. – 2020. – Т. 15. – №1. – С 31–40.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ведущей организации – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Замечание: на с. 52, приведено выражение (27), в котором фигурирует наибольший общий делитель числа полюсов и пазов статора. Было бы более информативно привести таблицу значений данного параметра для разного числа пазов и полюсов;
2. официального оппонента д.т.н., проф., Ганджи С.А., г. Челябинск. Замечание: в работе отмечены преимущества аксиальных машин, но не сделан акцент на их недостатках. Для этого типа машин затруднен отвод тепла из дискового якоря, что необходимо учитывать при выборе электромагнитных нагрузок. Затруднена сборка из-за наличия неподвижного дискового статора между двумя вращающимися дисковыми роторами. Особенно сложно собрать многодисковую конструкцию, которая была указана в диссертации. Вопросам технологии для этого класса электрических машин в диссертации уделено недостаточно места.
3. официального оппонента к.т.н., Князева А.С., г. Краснодар. Наиболее существенное замечание: в 4 главе не представлено детальное описание конструкционной части дисковых ЭМ со сверхпроводниковыми обмотками, при этом рассматривается конструкция с магнитопроводом на статоре. Однако, в главе 3 представлена и исследована другая конструкция - с безжелезным магнитопроводом статора;
4. д.т.н., доц., зав. кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Хакимьянова М.И., г. Уфа. Замечание: на стр. 8 приведено выражение (1) для расчета крутящего момента дисковой электрической машины за счет известных размеров активной части. При этом отсутствуют выражения для расчета при проектировании оптимального соотношения внешних и внутренних диаметров статора и ротора;
5. к.т.н., проф., руководителя научно-образовательного центра «Альтернативная энергетика», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева», Зайнутдиновой Л.Х., г. Астрахань. Замечание: не рассматривается способ управления частотой вращения и крутящим моментом дискового электродвигателя;
6. д.т.н., начальника подразделения 2300, ФАУ «ГосНИИАС», Зыбина Е.Ю., г. Москва и д.т.н., проф. главного научного сотрудника лаборатории 2310, ФАУ «ГосНИИАС», Киселева М.А., г. Москва. Замечание: низкое качество предоставленных в автореферате иллюстраций (мелкий шрифт, плохая читаемость);
7. д.т.н., проф., профессора кафедры «Тепловые двигатели и установки», ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» Миловзорова Г.В., г. Ижевск. Замечание: безжелезный статор довольно сложно изготовить, при этом в автореферате не приведены методы его изготовления;
8. д.т.н., доц., проф. кафедры «Электроника и микроэлектроника», ФГБОУ ВО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», Петушкова М.Ю., г. Магнитогорск. Замечание: в автореферате не приведены выражения для расчета обмоточных данных и размеров катушек статора;
9. д.т.н., доц., зав. кафедрой «Электротехника и электромеханика», ФГАОУ ВО

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Кавалерова Б.В., г. Пермь. Замечание: в автореферате не рассматривается использование явления сверхпроводимости, хотя третья декларируемая задача – анализ применения высокотемпературных сверхпроводников;

10. д.т.н., проф., профессора кафедры электротехники, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Коняева А.Ю., г. Екатеринбург. Замечание: следовало более четко описать конструкции машин со сверхпроводниковой обмоткой статора, сопоставление которых дано в 4 главе.

11. д.т.н., доц., профессора кафедры «Электрическая техника» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», Хамитова Р.Н., г. Омск. Замечание: нечетко показаны предельно возможные значения удельной мощности для данных ЭМ в зависимости от их основных размеров и обмоточных данных.

12. к.т.н., доцента кафедры электрооборудования и электротехнических систем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет», Поповой М.В., г. Балашиха. Замечание: из автореферата недостаточно понятно какие ограничения применения ВТСП материалов были учтены при использовании их в составе обмоток статора ЭМ.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, новизна исследований и практическая значимость работы, а также то, что Саяхов Ильдус Финатович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и опытом работы в области электрических машин и электротехнических комплексов, а также публикациями по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– элементы методики проектирования безжелезных дисковых электрических машин, позволяющие расширить область применения магнитной сборки Хальбаха в качестве магнитной системы электрической машины;

предложены:

– нетрадиционный подход к разработке дисковой конструкции электрической машины;

– методика расчета, позволяющая определить геометрические размеры и соотношения в дисковой электрической машине на основе аналитических выражений;

доказана: приемлемая точность разработанной модели дисковой электрической машины при экспериментальных исследованиях;

новых понятий не вводилось.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказана: адекватность разработанных моделей электромагнитных процессов и

методики расчета дисковых электрических машинах;

изложены тенденции развития дисковых электрических машин для привода винта самолета;

раскрыты проблемы в задаче снижения веса двигателей, связанные с плотностью магнитных и конструкционных материалов и необходимостью обеспечения больших значений прочности и индукции;

изучены вопросы применения высокотемпературных сверхпроводников в составе обмоток дисковых электрических машин;

проведена модернизация методики проектирования за счет введения коэффициента относительного углового размера постоянных магнитов в магнитной сборке Хальбаха, увеличение которого позволяет повысить величину магнитной индукции в воздушном зазоре;

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

разработаны и внедрены:

– методика параметрической оптимизации постоянных магнитов в магнитной сборке Хальбаха на основе компьютерной модели безжелезной дисковой электрической машины, обеспечивающая повышение магнитной индукции в воздушном зазоре;

– методика параметрической оптимизации дисковой электрической машины с обмотками из высокотемпературных сверхпроводников, позволяющая оптимизировать размеры паза статора;

определены перспективы практического использования дисковых электрических машин в качестве привода воздушного винта летательных аппаратов, что позволяет выделить целевой сегмент реализации результатов работы и провести оценку экономической составляющей конечной продукции.

предложены рекомендации в части оптимальных соотношений размеров постоянных магнитов для улучшения массогабаритных и энергетических характеристик безжелезной дисковой электрической машины.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с применением поверенного и сертифицированного оборудования кафедры «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»;

теория построена с использованием корректного математического аппарата и обоснованных допущений. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и полученных результатов базируется на доказанных и корректно использованных выводах, сравнении результатов компьютерного моделирования с данными, полученными экспериментальным путем;

идея базируется на обобщении и дальнейшем развитии передового опыта зарубежных и российских ученых, работающих в области электрических машин для летательных аппаратов;

использовано сравнение авторских экспериментальных и расчетных данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике из независимых источников;

установлено, что полученные результаты не противоречат результатам, представленным в независимых источниках;

Личный вклад соискателя состоит в разработке компьютерных моделей и проведении параметрической оптимизации постоянных магнитов в магнитной сборке Хальбаха и размеров паза статора в дисковой электрической машине с высокотемпературными сверхпроводниковыми обмотками, создании макетного образца безжелезной дисковой электрической машины.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Скажите пожалуйста, что такое угловой размер магнита и почему он так обозначается и в каких единицах этот угловой размер измеряется? (Грачев П.Ю.).

2. На слайде 7, в выражении в скобках разница соотношения в первой степени минус в третьей степени, поясните как Вы получили данное соотношение и почему считаете что это справедливо? (Казаков Ю.Б.).

Соискатель Саяхов И.Ф. ответил и частично согласился с замечаниями на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 21 марта 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Саяхову Ильдусу Финатовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы за решение научной задачи по улучшению энергетических показателей при проектировании безжелезных дисковых ЭМ с магнитной сборкой Хальбаха, имеющей важное значение для развития электротехники.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за присуждение степени - 11, против - нет.

Председатель диссертационного
совета 24.2.377.06



Стариков Александр Владимирович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.377.06

Стрижакова Елена Владимировна

21 марта 2023 г.