

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
Общества с ограниченной ответственностью
«Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
доктор технических наук, профессор

Халютин С. П.

« 02 » сентября 20 22 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации
на диссертацию ДЕЖИНОЙ Ирины Николаевны на тему
«Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода
с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых
материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и
электрические аппараты»

Актуальность темы диссертации.

Одним из перспективных направлений совершенствования авиационной техники является повышение уровня её электрификации, в пределе – переход на полностью электрические летательные аппараты, в которых в качестве тяговой силовой установки используются двигатели, приводящиеся во вращение от электромеханических приводов. И если для самолётов малой авиации возможности создания таких приводов на базе классических конструкций электрических машин очевидны, то для средне- и дальнемагистральных широкофюзеляжных воздушных судов создание электрических машин мощностью в несколько мегаватт является достаточно сложной научно-технической технологической задачей. Не является очевидным также и выбор между распределёнными электрическими силовыми установками и классическим вариантом двухдвигательных воздушных судов. Также нет определенной ясности в том, необходимо ли изменять конструкцию (геометрию) фюзеляжа при использовании электрических силовых установок или просто заменять существующие воздушно-реактивные двигатели на электрические приводы в винтах (импеллерами). Важно, что при проектировании электрических машин, которые должны использоваться в электрических силовых установках, необходимо обеспечить минимизацию полетной массы всей установки при выполнении требований по мощности (в том числе по перегрузочной способности). Кроме проблем с приводами силовых установок возникают дополнительные задачи, связанные с обеспечением

Отдел документационного
обеспечения МАИ

ем электроэнергией (ЭЭ) электрических силовых установок. Ввиду того, что применение химических аккумуляторных батарей невозможно из-за их низкой удельной энергии, в качестве источника ЭЭ могут быть применены гибридные установки, где также появляется необходимость создания электрической машины (генератора), мощность которой соизмерима с мощностью двигателей.

В связи с тем, что в настоящее время в мире не существует авиационных электроэнергетических систем, позволяющих реализовать полностью электрический самолёт большой размерности, задача выбора типа и разработки методики проектирования авиационных электрических машин большой мощности (более мегаватта) является весьма актуальной. Одним из путей решения этой задачи – использование свойств сверхпроводимости для обеспечения повышенной удельной мощности электромеханического преобразователя, поэтому тема диссертационной работы Дежиной И. Н., которая посвящена методике проектирования электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников, является **актуальной**.

Связь работы с планами авиационной отрасли науки и народного хозяйства.

В настоящее время в мире и в России проводится ряд научно-исследовательских работ, направленных на создание самолетов на электрической тяге, в том числе и с применением гибридных силовых установок. В этих работах принимают участие ведущие институты авиационной отрасли (ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИАС и др.). Конкретных результатов, которые бы показали преимущества электрических самолётов над традиционными пока не выявлено, как минимум по причине отсутствия двигателей и генераторов необходимой мощности. Работы по созданию сверхпроводящих электрических машин находятся в русле работ по электрификации самолетов.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

1. Создана аналитическая методика расчета магнитных полей и параметров сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода, позволяющая проводить быструю оценку влияния параметров на их основные характеристики.

2. Разработан алгоритм численного расчета в трехмерной постановке, позволяющий производить оценку влияния лобовых частей сверхпроводниковых обмоток на основные параметры и характеристики криогенных электрических машин без ферромагнитопровода.

3. Предложен численный способ автоматизированного расчета критического тока в катушках из высокотемпературных сверхпроводниковых лент в зависимости от величины внешнего магнитного поля и температуры.

Значимость полученных результатов для науки и практики.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на этапах эскизного и технического проектирования криогенных электрических машин с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых лент 2-го поколения, а также для проектирования магнитных систем на их основе.

Материалы диссертационной работы могут быть использованы в гражданских и военных учебных заведениях, осуществляющих подготовку специалистов в области разработки электромеханических преобразователей и проектирования магнитных систем на основе сверхпроводниковых материалов, в том числе МГТУ им Баумана, МАИ, МЭИ, МИФИ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.

Обоснованность и достоверность результатов исследований определяется корректной постановкой задач, адекватностью принятых допущений, применением широко известных методов и средств численного моделирования, а также совпадением основных теоретических выводов с экспериментально полученными данными, как при имитационном моделировании, так и при натуральных экспериментах.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка работ, опубликованных по теме диссертации, трех приложений и списка цитируемых источников, включающего 78 наименований, в которых раскрыты основные положения диссертации. Общий объем диссертации составляет 174 страницы, включая 76 рисунков и 23 таблицы.

Приведенные в диссертации материалы исследований, последовательность изложения материала и представленные результаты свидетельствуют о завершенности работы, что подтверждается грамотной постановкой решаемых задач, их решению и говорит о её внутреннем единстве.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Соответствие паспорту специальности.

Работа соответствует паспорту специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты» по пункту 5 – «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Основные результаты исследования и его отдельные положения имеют достаточно хорошую апробацию. Они докладывались и обсуждались на: международной научно-практической конференции «Электротехнические комплексы и системы» (г. Уфа, РФ, 2017 г.); международной научной конференции XLIII «Гагаринские чтения 2017» (г. Москва, РФ, 2021 г.); конференции «Иосифьяновские чтения 2017» (г. Истра, РФ, 2021 г.); международной конференции по прикладной сверхпроводимости EUCAS 2019 (г. Глазго, Шотландия, 2019 г.); международной научной конференции по электротехническим комплексам и системам (International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems), (г. Уфа, Россия, 2020 г.); XLV международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2019» (г. Москва, 2019 г.) и XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2021» (г. Москва, 2021 г.); международной конференции по прикладной сверхпроводимости EUCAS 2021 (г. Москва, РФ, 2021 г.).

По теме диссертационной работы опубликовано 14 научных работ, включая 2 статьи в журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и 6 статей в изданиях, индексируемых международными базами Scopus и WoS. Имеется 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель.

Замечания.

1. Неудачно сформулирована цель работы, она повторяет предмет исследования, хотя должна отражать достижение определенных показателей (повышение эффективности, улучшение удельных характеристик, сокращение времени и т.п.).

2. В работе не определено на что претендует соискатель (в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении. . .») – на решение актуальной научной задачи или на новые научно обоснованные технические или технологические решения. Чёткая постановка научной задачи в работе отсутствует.

3. Степень разработанности темы исследования представлена слабо, нет информации о работах компании СуперОкс и МАИ, не представлены в списке используемой литературы работы В. В. Костюка и Б. И. Каторгина.

4. При обосновании достоверности результатов соискатель ссылается на процессы верификации моделей и сопоставления результатов численного моделирования и экспериментальных исследований, но не на результаты верификации и сопоставления.

5. Электромагнитный расчет, приведенный во втором разделе диссертации выполнен без учета, во-первых, теплового поля машины, во-вторых, не учтены нестационарные режимы его работы. Кроме того, текст второй главы повторяет некоторый материал книги «Инновационные

технологии в энергетике. Книга 3. Прикладная высокотемпературная сверхпроводимость» без ссылки на неё, несмотря на то, что автор диссертации является соавтором этой монографии.

6. Автор утверждает, что получены аналитические выражения для расчета магнитных полей и параметров криогенных машин с различными экранами, а на самом деле в работе выполнены расчеты для 3-х внешних экранов в двумерной постановке задачи.

7. При исследовании сверхпроводниковой электрической машины не определен критерий выбора типов внешних экранов их характеристики (геометрические параметры, масса, материалы и т.п.).

8. В третьем разделе расчеты выполнены в известной среде пакета Comsol Multiphysics и заслуга автора заключается только в представлении расчетной модели в основном с фиксированными параметрами. Из этого следует, что приведенное сравнение аналитического и численного расчётов не подтверждают точности аналитического расчёта, т.к. выполнены практически по одним методикам.

9. Выводы о том, что реализация крупных ПЭС с электрической тягой возможна только на основе сверхпроводниковых электрических машин с удельной мощностью свыше 15 кВт/кг – не подкреплены соответствующими оценками и расчетами. В частности, не понятно, какая масса рассматривается в оценке удельной мощности, учитывается ли масса инфраструктуры, обеспечивающей работу сверхпроводниковой электрической машины, а также масса экрана.

10. Не совсем понятно выражение: «средняя конструктивная плотность тока в ОЯ».

Вывод.

Диссертационная работа Дежиной И. Н. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи создания методики расчета магнитных полей для электрических машин с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками с учетом влияния полей лобовых частей и 3-х видов экранов, которая имеет важное значение для развития авиационной техники.

Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, ДЕЖИНА Ирина Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Диссертация, автореферат и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании научно-технического совета (НТС) Общества с ограниченной ответственностью «Экспериментальная мастерская НаукаСофт» (протокол

заседания № 08/132-22 от 31.08.2022 года), в котором участвовали 10 из 12 членов НТС, из которых 6 докторов технических наук, 4 кандидата технических наук.

Ученый секретарь НТС,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



А. О. Давидов

Почтовый адрес: Россия, 129085, г. Москва, улица Годовикова, д. 9, стр. 1,
Общество с ограниченной ответственностью
«Экспериментальная мастерская НаукаСофт».

Телефон: +7 (495) 255-36-35.

E-mail: contacts@naukasoft.ru.

*С отзывом ознакомлена 06.09.2022
Резина А. Н. Проф.*