

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., проф. Гечи Владимира Яковлевича на диссертационную работу Дежиной Ирины Николаевны «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Актуальность темы диссертационной работы

Представленная диссертационная работа Дежиной И. Н. посвящена исследованию и созданию перспективных сверхпроводниковых электрических машин с высокой удельной мощностью для применения их в дальнейшем на борту современных летательных аппаратов. Существующие методики расчета электрических машин традиционного исполнения не позволяют в полной мере проводить корректные расчеты основных параметров полностью сверхпроводниковых машин. Акцентируя внимание на новых подходах к аналитическим расчетам и моделированию, можно учитывать ряд важных моментов при расчете электрических машин на основе сверхпроводимости: зависимость токонесущих свойств ленты от внешнего магнитного поля, радиус изгиба ленты, влияние лобовых частей катушек и многие другие особенности. Таким образом, автор предлагает решение **научной задачи** по разработке аналитической и численной методик расчета и проектирования криогенных электрических машин без ферромагнитопровода, с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов.

Степень обоснованности научных результатов и выводов

Основные положения и результаты диссертационной работы подтверждаются корректным использованием математического аппарата, а также верификацией результатов, полученных путем аналитических расчетов, численного моделирования и автоматизированного расчета в сопоставлении с результатами экспериментальных исследований.

В диссертационной работе получены следующие научные результаты:

1. Предложен способ увеличения удельной мощности электрических машин за счет применения высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) лент 2-го поколения при изготовлении катушек ротора и статора, а также, отказ от тяжелых электротехнических сталей и медных обмоток;

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«05 09 2022»

2. Создана аналитическая методика расчета двумерных магнитных полей и основных параметров сверхпроводниковых электрических машин без ферромагнитопровода;

3. Методика численного расчета в двумерной и трехмерной постановках, позволяющая производить оценку влияния лобовых частей сверхпроводниковых обмоток на основные параметры и характеристики криогенных электрических машин без ферромагнитопровода;

4. Приведена оценка достоверности разработанной аналитической методики за счет сопоставления с результатами численного моделирования в двумерной постановке;

5. Разработан инженерный подход для автоматизированного расчета критического тока в сверхпроводниковых катушках в зависимости от величины внешнего магнитного поля и криогенной температуры.

Практическая значимость результатов диссертационной работы

1. Проведен обзор существующих и разрабатываемых в настоящее время электрических машин, в том числе и сверхпроводниковых, который показал, что даже лучшие образцы не обладают необходимым для применения их на борту перспективных летательных аппаратов значением удельной мощности.

2. Для быстрой оценки и расчета основных параметров полностью сверхпроводниковой электрической машины с различными внешними экранами, построения основных характеристик и распределения магнитных полей была создана аналитическая методика расчета в двумерной постановке.

3. Разработан алгоритм численного расчета в двумерной и трехмерной постановке, позволяющий учитывать и оценивать влияние лобовых частей катушек на основные параметры ВТСП электрических машин.

4. Выявлено влияние соотношения угла полюсного раскрытия, зависящего от числа пар полюсов, и активной длины криогенной электрической машины на точность получаемых решений по разработанной аналитической методике.

5. Создан способ автоматизированного расчета критического тока в сверхпроводниковых катушках в зависимости от величины магнитного поля и криогенной температуры.

Структура и объем диссертационной работы

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

Во введении обоснована актуальность темы исследования, новизна и практическая значимость диссертационной работы, сформулирована цель и

поставлены задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, представлена апробация и структура работы.

В первой главе описаны современные сверхпроводниковые материалы, которые используются для изготовления перспективных электрических машин, представлен обзор существующих мировых разработок в области сверхпроводниковых электрических машин с высокими удельными показателями и их применение, рассмотрены некоторые концепции электрических самолетов и применения криогенного топлива в авиации. Приведен обзор достоинств и недостатков разработанных ранее технических решений в области создания сверхпроводниковых электрических машин.

Во второй главе изложена аналитическая методика расчета сверхпроводниковой электрической машины без ферромагнитопровода с различными типами внешних экранов и обмотками на основе ВТСП лент 2-го поколения. Представлены и описаны результаты аналитических расчетов.

В третьей главе были рассмотрены численные методы поверочного расчета магнитных полей и параметров сверхпроводниковой электрической машины без ферромагнитопровода и производилось сопоставление результатов аналитического и численного расчетов. Описано каким образом были получены численные решения методом конечных элементов (МКЭ), процедура и особенности численного расчета СП электрической машины без ферромагнитопровода как в двумерной, так и в объемной постановке.

В четвертой главе диссертации описана методика расчета критического тока от величины магнитного поля и криогенной температуры в катушках из высокотемпературных сверхпроводниковых лент 2-го поколения и результаты сравнения численного расчета с экспериментом.

В Заключение представлены выводы по диссертационной работе.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе не используются сведения и данные из известной книги А. В. Левина «Электрический самолет от идеи до реализации».

2. В диссертационной работе не в полной мере осязаны вопросы системы криостатирования рассматриваемого класса электрических машин. Не ясно, каким образом будет организовано её размещение на борту.

3. Автор недостаточно ярко отражает новизну разработанной методики и её отличие от уже существующих методик расчета электрических машин.

4. Рис. 1.3 (стр. 19) и рис. 4.2, а (стр. 118) – один и тот же рисунок. Неясно, зачем его повторять.

5. Содержание 2 главы достаточно полно отражено в статье с участием соискателя - Н.С. Иванова, И.Н. Кобзевой (Дежиной), КЛ. Ковалева и В.С. Семенихина «Аналитическая методика расчета полностью сверхпроводниковой электрической машины я летательных аппаратов», входящей в академический

сборник статей «Инновационные технологии в энергетике. Книга 3. Прикладная сверхпроводимость» Российской академии наук, однако в диссертации ссылка на эту работу отсутствует.

6. Выявленная особенность математической модели, связанная с увеличением погрешности расчета при числе пар полюсов $p \neq 4$ и $p \neq 5$ (стр. 102), на мой взгляд, заслуживает пояснения.

7. Учет влияния лобовых частей в аналитической методике (стр. 114 – 115) практически всегда проводится с помощью специальных коэффициентов. Неясно, почему в работе это не сделано.

Заключение по диссертационной работе

Несмотря на все замечания, диссертационная работа Дежиной Ирины Николаевны представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальных задач в области сверхпроводниковых электрических машин. Данная работа соответствует специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

На основании всего изложенного можно сказать, что диссертационная работа «Криогенная электрическая машина без ферромагнитопровода с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а ее автор Дежина И. Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
заместитель генерального директора
по научной работе АО «Корпорация «ВНИИЭМ»



Геча Владимир Яковлевич

Контактная информация:

Фактический адрес: 105187, г. Москва, ул. Вольная, дом 30,

E-mail: vniiem@vniiem.ru, redactori@mcc.vniiem.ru

Телефон: (495) 365-30-63

Сайт организации: <https://www.vniiem.ru/ru/>

*С отзывом ознакомлена
07.09.2022
4 Дежина И.Н. [подпись]*