

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента
Табачниковой Татьяны Владимировны на диссертацию
Петрова Тимура Игоревича на тему
**«Метод комплексной топологической оптимизации ротора синхронного
электрического двигателя с постоянными магнитами»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Актуальность темы исследования

Приводы синхронных электрических машин являются подсистемой множества промышленных, транспортных и бытовых систем, для примера это - электрические/гибридные электромобили, ветряные генераторы, бытовые приборы, самолеты, насосы, вентиляторы и т.д. В некоторых случаях производительность, размер, стоимость и эффективность этой подсистемы имеют наиболее важное значение для работоспособности или конкурентоспособности двигателя. Часто разработчику системы необходимо понять, является ли выбранная подсистема «оптимальной» для рассматриваемого приложения. Компромисс между различными показателями производительности подсистемы электрических машин также представляет большой интерес для разработчика системы. Точно так же необходимо понять, будет ли улучшение определенного материала для применения в электрических машинах представлять значительный интерес для определенных приложений. Критические материалы (с точки зрения стоимости, доступности и т.д.) необходимо заменить более доступными, если существует угроза дефицита поставок.

Для всех этих сценариев требуется автоматизированный инструмент проектирования, который может оптимизировать конструкцию в соответствии с требованиями конечного пользователя и помочь определить правильную комбинацию топологии, материалов, геометрии и электрической нагрузки для достижения нескольких целей.

Объектом исследования является синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ)

Предметом исследований – метод проектирования и создания роторов СДПМ.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод об актуальности проводимых в диссертации Петрова Т.И. исследований. Работа посвящена повышению энергоэффективности синхронного двигателя путем увеличения

вращающего момента с учетом ограничений на объем постоянных магнитов, максимально допустимую температуру статора СДПМ и механических напряжений в роторе СДПМ.

Общая характеристика работы

Диссертация Петрова Т.И. общим объемом 178 стр., состоит из введения, 4 глав, заключения, списка работ автора в количестве 12 наименований (11 статей, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ) и списка использованной литературы, содержащего 101 ссылку.

Основные научные результаты работы, их новизна

К основным научным результатам диссертационного исследования, характеризующим его новизну, отнесем:

1. Разработан алгоритм изменения геометрической модели СДПМ для повышения скорости проектирования, включающий в себя упрощение формы пазов, приведение модели к отдельному сектору двигателя и минимизацию размера сетки для МКЭ.

2. Разработаны алгоритм и метод КТО конструкции ротора СДПМ для оценки возможности повышения вращающего момента и снижения объема ПМ, а также распределения материалов в роторе при достижении максимального вращающего момента с учетом электромагнитных, тепловых процессов и определения прочностных характеристик.

3. Разработана программа, реализующая метод КТО ротора СДПМ, перебор вариантов расположения материалов в теле ротора реализован на основе ГА с циклической проверкой тепловых и прочностных параметров.

Практическая значимость результатов работы

Разработанное математическое и программное обеспечение для реализации КТО ротора СДПМ, технология по модернизации синхронных двигателей с постоянными магнитами актуальны для проектных организаций и могут быть использованы для разработок новых двигателей. Даная технология может быть реализована в виде компьютерного приложения, которое можно интегрировать в существующие программы САПР.

Работа проводилась в рамках грантов РФФИ «Комплексная топологическая оптимизация роторов синхронных электрических машин с постоянными магнитами» № 19-37-90134 и «Разработка метода проектирования и топологической оптимизации роторов синхронных двигателей с постоянными магнитами для привода станков-качалок с целью повышения энергоэффективности нефтедобычи» № 18-48-160023,

Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013-2020 годы, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218, договор № ДР-936/17 от 26 октября 2017 года с участием ФГБОУ ВО «КГЭУ» и АО «ЧЭАЗ».

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертации апробированы на различных международных и российских конференциях по профилю темы диссертации:

Конкурс "Энергоэффективное оборудование и технологии" в рамках Татарстанского международного форума по энергоресурсоэффективности и экологии (г. Казань, 21-23 апреля, 2021); "Sustainable energy and power engineering 2021" (Kazan, Russia, 18-20 February, 2021); "Sustainable energy systems: innovative perspectives" (Russia – India, October 29-30, 2020, Saint-Petersburg, Russia); "High speed turbomachines and electrical drives conference 2020" (14-15 th of May 2020, Prague, Czech Republic); «International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency» (г. Липецк, 2019); «International conference on physics and photonics processes in nano sciences 2019» (Eluru, 2019); «International Scientific Electric Power Conference» (г. Санкт-Петербург, 2019); «WPEF 2018» (г. Казань, 2018); заседания кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «КГЭУ» (2016-2021 гг.).

Публикации по материалам диссертационного исследования

Отметим, что все основные результаты диссертации опубликованы в 21 печатной работе, из них 5 статей в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS/Web Of Science, 6 статей в журналах, входящих в перечень ВАК (в том числе 3 статьи в журнале, входящем в перечень ВАК по специальности диссертации), 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 9 публикаций в материалах всероссийских и международных научных конференций. Автореферат достаточно полно отображает основные положения диссертации.

Сведения о внедрении результатов диссертационной работы

Полученные автором результаты использовались:

- при разработке алгоритмов и методик комплексной топологической оптимизации роторов синхронных электрических машин с постоянными магнитами по гранту Российского фонда фундаментальных исследований

(РФФИ) № 19-37-90134, 2019-2021 г;

- в процессе проектирования СДПМ энергетической компанией ООО «ЭнергоГазСервис».

Обоснованность и достоверность результатов

Подтверждается корректными допущениями, принятыми в работе, применением современных методов моделирования и обработки экспериментальных данных, получением результатов, совпадающих с результатами работ других авторов по данной тематике.

Положительные стороны диссертационного исследования

В работе с использованием метода комплексной топологической оптимизации на базе генетического алгоритма получены важные результаты – усовершенствованная конструкция ротора СДПМ, что позволило повысить энергетические характеристики за счёт увеличения вращающего момента

Полученные теоретические результаты подтверждены экспериментальными исследованиями, что говорит о достоверности полученных результатов.

Полученные теоретические результаты доведены до практической реализации и использованы в стенде и экспериментальном образце СДПМ, который выполнен при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90134, создан в ФГБОУ ВО «КГЭУ», лаборатория кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

На программу, разработанную автором при выполнении исследований, получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № № 2019610240.

Работа доведена до логического завершения: теория соответствует практике, созданные инструментарии использования полученных результатов прошли апробацию и внедрены.

Замечания по работе

1) В таблице 1.1. содержится информация, что в программе COMSOL Multiphysics нет «Возможности автоматизации своим инструментариом», однако в данной программе есть широкие возможности по автоматизации собственным инструментариом, что является большим преимуществом, чем вышеназванное. Понятие «Дружественный интерфейс» является субъективным понятием.

2) На рисунке 1.14 представлен алгоритм ГА, и в тексте указано, что это адаптированная под конкретное исследование блок-схема, не указано какие конкретно изменения внесены в данный алгоритм.

3) Чем объясняется в главе 2, что при проведении экспериментальных исследований и увеличении тока до 40 А, мощность опытного образца двигателя не увеличилась до 15 кВт?

4) На стр. 75 сказано, что «Для оценки перспективности КТО необходимо предварительно оценить значения вращающего момента для СДПМ. С этой целью изменяется стандартное положение магнитов на V- или W-образные магниты, с сохранением объемов ПМ. В нашем случае, расположили магниты как на рисунке 2.13». Из текста не ясно, каким образом выбирается тип магнитов и их расположение.

5) Не представлено реализованное решение в программе ЭВМ перехода от оптимизации по вращающему моменту к тепловой оптимизации, и к последующему прочностному.

6) Какая технико-экономическая оценка проведена для практической реализации ввода в эксплуатацию модернизированного двигателя?

7) В тексте диссертации встречается незначительное количество опечаток и синтаксических ошибок.

Перечисленные выше замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

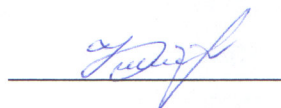
Диссертационная работа Петрова Тимура Игоревича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития теории и практики повышения эффективности электромеханических преобразователей (соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней»).

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку; в диссертации содержатся сведения о практическом использовании полученных результатов; предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями (соответствует п. 10 «Положения о присуждении ученых степеней»). Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях (соответствует п. 11 «Положения о присуждении ученых степеней»), число

публикаций соответствует требованиям, установленным п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней».

Вышеизложенное является основанием считать, что представленная диссертационная работа «Метод комплексной топологической оптимизации ротора синхронного электрического двигателя с постоянными магнитами» полностью соответствует требованиям, предъявляемым «Положением о присуждении ученых степеней» к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Петров Тимур Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
доцент,
заведующий кафедрой
«Электро- и теплоэнергетика»
ГБОУ ВО «Альметьевский
государственный
нефтяной институт»



Табачникова Татьяна
Владимировна

«16» ноября 2021 г.

Адрес: 423450, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Ленина, д. 2,

Тел.: +7(8553) 31-01-00

e-mail: tvtab@mail.ru

Подпись Табачниковой Т. В.
удостоверяется
Начальник отдела кадров
АГНИ Норд Норкина С. А.

