

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента

Зубкова Юрия Валентиновича

на диссертацию Чуйдука Ивана Александровича

«Синтез и анализ вентильных электродвигателей комбинированного возбуждения для электротрансмиссий наземных транспортных средств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2.

«Электротехнические комплексы и системы».

На отзыв представлены:

- Диссертация
- Автореферат диссертации.

Актуальность темы диссертации

Гибридный и электротранспорт в настоящее время активно развивается в России и за рубежом. Эта тенденция обусловлена следующими основными факторами: моральным старением существующих механических трансмиссий на базе ДВС, повышенными требованиями к экологии городской среды, развитием новых материалов, комплектующих, накопителей энергии. Существующее многообразие электротрансмиссий говорит об активном исследовании, которое находится на начальной стадии развития. Не определена окончательно компоновка основных силовых узлов и агрегатов, не решен вопрос с типом тягового двигателя, идут поиски оптимальных методов управления транспортным средством, совершенствуются методы проектирования. Представленная к защите работа Чуйдука И.А. лежит в направлении этих исследований, поэтому ее можно признать важной и актуальной как с точки зрения научных изысканий, так и с точки зрения инженерной практики.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа по своей структуре и объему соответствует требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям. Содержательная часть включает в себя введение, 5 глав, заключение, список

литературы. Работа изложена на 145 страницах, из них 107 страниц основного текста, содержит 48 иллюстраций, 142 аналитических выражений, 2 таблицы, 2 приложения.

Во введении показана актуальность выбранной темы, степень научной разработанности исследуемой темы, задачи исследования, объект и предмет исследования, примененные в работе методы исследования, научная новизна и положения, выносимые на защиту, соответствие паспорту специальности, практическая значимость и результаты внедрения, апробация и публикации по теме диссертационного исследования.

В первой главе проведен сравнительный анализ различных вариантов электротрансмиссий и тяговых электродвигателей для их реализации. Выбран базовый вариант электротрансмиссии и тягового электродвигателя. Использован вентильный электродвигатель комбинированного возбуждения обращенной конструкции в качестве приводного электродвигателя для мотор-колеса, как наиболее полно удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к характеристикам транспортного средства. После выбора базового варианта трансмиссии и типа тягового двигателя разработана расчетная математическая модель, являющаяся базой для оптимизации геометрии.

Вторая глава реализует систему синтеза вентильного двигателя комбинированного возбуждения на основе многоуровневой однокритериальной оптимизации. Система содержит 8 уровней - от полной габаритной оптимизации до поверочного расчета.

Третья глава посвящена анализу электромагнитных и тепловых процессов вентильного двигателя комбинированного возбуждения на базе программной среды Ansys Electronics Desktop.

В четвертой главе разработана математическая модель управления ВЭКВ в составе мотор-колеса электротрансмиссии транспортного средства. Представлен алгоритм управления по цепи якоря и по цепи возбуждения. Разработана программа цифрового тестирования электротрансмиссии на базе мотор-колеса при прохождении транспортным средством конкретной трассы.

В пятой главе описана разработка конструкции макетного образца мотор-колеса на базе вентильного двигателя комбинированного возбуждения. Основой данной конструкции служат выходные данные системы проектирования. Представлены результаты испытаний макетного образца мотор-колеса.

Заключение содержит выводы, сделанные по результатам всей работы. Определены направления дальнейших исследований в области теории и инженерной практики.

Цель диссертации заключалась в разработке компьютерных методов проектирования вентильного электродвигателя комбинированного возбуждения для мотор-колеса электромеханической трансмиссии транспортных средств на основе математического, имитационного и компьютерного моделирования, параметрической многоуровневой оптимизации.

Научная новизна диссертации. Применение электродвигателей комбинированного возбуждения для электротрансмиссий является не типичным решением, которое требует дополнительного исследования. В работе сделана попытка разработки методик проектирования электродвигателей этого класса применительно к тяговому приводу электротрансмиссий. Диссертант предлагает комплекс программ, с помощью которых можно сделать синтез и анализ электродвигателя для конкретного технического задания. При этом автором разработан:

- расчетная математическая модель вентильного электродвигателя комбинированного возбуждения, составленная на основе метода схем замещения и предназначенная для синтеза оптимальной геометрии активных частей;

- математическая модель, которая позволяет комплексно оценить электромагнитное и тепловое состояние;

- алгоритм эффективного управления вентильным электродвигателем комбинированного возбуждения.

Набор предложенных новаций является развитием теории вентильных электродвигателей комбинированного возбуждения

Теоретическая и практическая значимость результатов работы. С точки зрения теоретического вклада работа является продолжением развития теории вентильных машин комбинированного возбуждения в части расчета магнитной системы, методов параметрической многоуровневой оптимизации, методов анализа электромагнитного и теплового состояния на основе математического, имитационного и компьютерного моделирования. Основным практическим результатом можно считать создание проектной системы, реализующий расчеты различных проектных ситуаций. К практической значимости следует отнести разработку инструкторской документации, изготовление и тестирование макетного образца, подтверждающее теоретически положения.

Рекомендации по использованию результатов работы. Разработанная проектная система нацелена на создание ряда вентильных двигателей для электротрансмиссий транспортных средств. Данную проектную систему следует рекомендовать к внедрению на электромашиностроительных предприятиях по производству электродвигателей малой и средней мощности: НПО «Электромашина», г. Челябинск, СКБ «Турбина», г. Челябинск, «Снежинский завод специальных электрических машин», г. Снежинск. Результаты теоретических исследований следует внедрить в учебный процесс по профилю электрооборудования и электромеханики. Работа поддержана грантом ФСИ РФ.

Достоверность результатов работы. Достоверность научных положений, содержащихся в диссертации, подтверждается результатами тестирования макетного образца. Работоспособность системы проектирования была проверена на реальном проекте по созданию электроболида для международных соревнований по программе «Формула-студент». Работоспособность и технологичность разработанной конструкции проверена на масштабной модели, изготовленной по технологии 3D-принтера и на макетном образце.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам направлений исследования научной специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы:

п. 1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования»,

п. 2. «Разработка научных основ проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов, систем и их компонентов»,

п.3. «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления» паспорта специальности.

Апробация диссертации и публикации. Диссертация удовлетворяет требованию ВАК о публикации основных результатов в аккредитованных и приравненных к ним научных журналах. По результатам диссертационной работы опубликовано 11 работ, из них 6 статей в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 5 работ индексируются в базе данных Scopus; 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему и содержанию.

Вопросы и замечания по работе

1. В научной новизне, практической значимости, положениях, выносимых на защиту, декларируется создание проектной системы по разработке вентильного двигателя комбинированного возбуждения инновационной конструкции на основе **физического**, математического, имитационного и компьютерного моделирования, параметрической многоуровневой

оптимизации. Какое физическое моделирование реализовано в работе, и как оно связано с разработкой проектной системы?

2. Не совсем понятно, почему «габаритные размеры» двигателя включены в число варьируемых параметров? Это скорее либо ограничение, либо показатель качества, а величина воздушного зазора как раз должна варьироваться, поскольку она напрямую влияет на характеристики машины, диссертант же относит ее к константам.

3. В машине с внешним ротором понятия «диаметр расточки якоря» не существует (формула 1.6).

4. Каким образом изготавливаются секции якорной обмотки? Вопрос связан с формой зубца статора (трапецеидальный). Если секция состоит из прямоугольных шин (жесткая), как показано на рис. 1.5.1, как ее уложить в паз?

5. В работе не оговорены число полюсов машины, тип якорной обмотки (распределенная, сосредоточенная). Эти параметры существенно влияют на магнитные потери в сердечнике и постоянных магнитах.

6. В габаритах мотор-колеса магнитная система имеет минимальные геометрические размеры и насыщается при больших нагрузках. Как влияет насыщение на регулировочные характеристики вентильного двигателя комбинированного возбуждения?

7. Глава 2 посвящена вопросам оптимального проектирования, однако в результатах не приведены примеры оптимизационных расчетов и данные спроектированных мотор-колес. Что дала проектная система синтеза с точки зрения уменьшения массы, повышения КПД и т.д.?

8. «Анализ электромагнитных процессов показал, что приведенные на рис. 3.2.2-3.2.5 кривые основных параметров и характеристик соответствуют параметрам реального макетного образца ВЭКВ, а также характеристикам, полученным на этапе синтеза» (стр. 70). Параметры и характеристики макета не приведены, сравнить не представляется возможным.

9. При решении тепловой динамической задачи важно учесть изменение тепловыделений в активных частях машины во времени, этого в предложенной тепловой схеме замещения нет. Решается стационарная задача.

10. Выражения 4.30-4.33 рассчитывают потери в зубцах и спинке статора отдельно от магнитных полей, создаваемых обмоткой возбуждения и постоянными магнитами. Это не корректно, так как в машине один магнитный поток и принцип наложения в данном случае не применим из-за нелинейности магнитной цепи. Почему бы не использовать данные полевых расчетов со значениями индукции в зубцах и спинке?

11. В главе 4 тестировался «цифровой» двигатель, параметры которого (мощность, частота вращения) не соответствуют ранее синтезированному. Почему?

12. Основное преимущество мотор-колеса – отсутствие редуктора. Вы его применяете для повышения частоты вращения двигателя и сокращения его массы. Может быть, имело смысл перейти к другому типу трансмиссии?

Заключение по диссертации

Диссертация Чуйдука Ивана Александровича «Синтез и анализ вентильных электродвигателей комбинированного возбуждения для электротрансмиссий наземных транспортных средств», является законченной научно-квалификационной работой, которая по содержанию, объекту и направлению исследований, полученным новым научно обоснованным результатам соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа выполнена лично, на актуальную тему, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость, содержит решение актуальной задачи разработки приводного двигателя для электротрансмиссии гибридного и электротранспорта.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, установленным в пункте 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский

федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Чуйдук Иван
Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.4.2 –Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, доктор технических наук (докторская диссертация
защищена по специальности 05.09.01 –Электромеханика и электрические
аппараты), доцент, профессор кафедры электромеханики и автомобильного
электрооборудования федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Самарский
государственный технический университет»

443100, г. Самара, ул. Первомайская, 18, каб. 134.,
Сот. +7(846)242-37-90, e-mail: zub577@mail.ru

Я, Зубков Юрий Валентинович, даю согласие на включение своих
персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного
совета, и их дальнейшую обработку

Зубков Юрий Валентинович



Дата составления отзыва «29» августа 2023г.

Подпись д.т.н., доцента, профессора Зубкова Ю.В. заверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ ВО

«Самарский государственный технический университет»



Ю.А. Малиновская