

ОТЗЫВ
официального оппонента доктора технических наук
Мошкина Владимира Ивановича
на диссертационную работу Косимова Бахтиёра Исматуллоевича
«Разработка и исследование вентильного двигателя с когтеобразными полюсами привода пильгерстана для изготовления бесшовных труб», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Диссертационные исследования Косимова Б.И. направлены на совершенствование металлургического производства бесшовных труб для нефтегазового комплекса. Решение научных и производственных задач в этом направлении способствует повышению доходной части бюджета страны и улучшению ее экономических показателей.

Актуальность темы

Добыча нефти и газа для России по-прежнему остается основным источником дохода. Несмотря на пессимистические прогнозы об ограниченности углеводородов, эта отрасль будет устойчиво развиваться еще в течение нескольких десятков лет. Соответственно вся инфраструктура, которая обеспечивает это производство, должна модернизироваться и совершенствоваться. Технология пильгерстанового производства переживает новый виток в своем развитии: совершенствуются режимы ковки, повышается производительность, заменяется морально и физически устаревшее оборудование на новое, более надежное, с меньшими габаритными размерами и энергетическими потерями. Диссертация Косимова Б.И., посвященная модернизации привода пильгерстана для производства бесшовных труб, направлена на решение этих важных и актуальных задач.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и пяти приложений. Работа изложена на 146 страницах, из них 113 страниц основного текста. Работа содержит 47 иллюстраций, 97 аналитических выражений, 3 таблицы, библиографический список из 225 наименований.

В первой главе соискатель описывает технологию производства, показывает основные проблемы приводов этого класса на примере реального пилигримового стана Челябинского трубопрокатного завода. Замена устаревшего крупногабаритного тихоходного коллекторного двигателя с низкими энергетическими показателями является одной из таких проблем. На основе сравнительного анализа из нескольких возможных вариантов соискатель выбирает

вентильный двигатель с когтеобразными полюсами с возбуждением от кольцевого постоянного магнита. Основным преимуществом предлагаемого двигателя является возможность его сборки без дополнительной дорогостоящей оснастки.

Во второй главе рассматриваются вопросы по созданию расчетной модели двигателя. Несмотря на то, что конструкция магнитной системы с когтеобразными полюсами достаточно хорошо известна, методика ее расчета для крупных машин до конца не отработана. Это связано с большими потоками рассеяния, которые достаточно трудно учесть, но которые могут насыщать отдельные участки магнитопровода. Математическая модель построена на основе метода схем замещения. С одной стороны она достаточно проста, с другой – ее можно использовать в большом количестве оптимизационных циклов при поиске наилучшего показателя качества.

Третья глава посвящена вопросам оптимального проектирования двигателей этого класса. Отличительной особенностью предлагаемой системы оптимизации является ее гибкость, то есть возможность рассчитывать большое количество оптимальных вариантов в зависимости от проектных ситуаций, предложенных конкретными техническими заданиями. Для этого процесс оптимизации разбит на уровни. Уровень определяется количеством фиксированных независимых переменных. Каждый уровень формализован. Для него определены константы, ограничения, независимые переменные и критерии качества. Такой подход позволяет проводить оптимизационные расчеты для двигателей с когтеобразными полюсами других назначений.

В четвертой главе подробно описывается созданная соискателем система анализа полученных на предыдущем этапе вариантов оптимальных расчетов. Она построена на использовании известных CAD-систем, использующих метод конечных элементов, но все они объединены в единую оболочку, что упрощает анализ и повышает его качество. Создание системы анализа, которая представляет собой практически цифровой двойник реального двигателя, вполне оправдано, так как разработка подобных крупногабаритных электрических машин связана с большими техническими рисками и материальными затратами.

Пятая глава посвящена анализу теплового состояния двигателя в режиме пуска и в установившемся рабочем режиме. Тепловой анализ пускового режима важен для данного привода. Электродвигатель в целом не успевает прогреться, но пиковые токовые нагрузки могут вызвать локальные перегревы в пазу и лобовых частях якорной обмотки. Для окончательного снятия технических рисков в проектной системе рассчитывается поле температур на основе применения метода конечных элементов. Термическая модель получается достаточно точной, так как все потери в нее передаются от этапа электромагнитного расчета, выполненного так же на основе метода конечных элементов. Таким образом, си-

стема анализа решает связанную электродинамическую и термодинамическую задачи.

В заключении содержатся выводы, сделанные по результатам всей работы, определяются направления дальнейших исследований.

Научная новизна

Применение крупногабаритного двигателя с когтеобразными полюсами для тихоходного привода является инновационным решением. К новизне следует отнести и предложенную технологию сборки двигателя без специальной оснастки, которая исключает одностороннее тяжение. К научной новизне следует отнести методику оптимального проектирования, которая приспособлена к двигателю этого класса и которая учитывает режимы его работы. Новым подходом является решение связанной электромагнитной и тепловой задачи. Научный интерес представляет методика расчета магнитной системы с когтеобразными полюсами.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Разработанные методики синтеза и анализа крупногабаритного двигателя с когтеобразными полюсами являются дальнейшим развитием теории вентильных электрических машин. Проектная система предназначена для данной конструкции, но основные подходы и концепции ее создания можно трансформировать для проектных систем других типов электрических машин.

Основным практическим результатом является создание комплекса программ, с помощью которых можно решить широкий круг конкретных технических задач. Программный комплекс составлен по модульному принципу и отдельные программы, например, расчет магнитной системы, расчет теплового состояния по методу эквивалентных схем замещения, можно использовать в инженерных расчетах.

Рекомендации по использованию результатов работы

Представленная научная работа имеет конкретного заказчика в лице ПАО «Челябинский трубопрокатный завод». По техническому заданию этого предприятия были инициированы все исследования. Законченная научно-исследовательская работа, доведенная до разработки трехмерных твердотельных моделей реального прототипа, предложена для модернизации существующего производства руководству ПАО «ЧЗТП». Челябинский завод «Русские электродвигатели», специализирующийся на производстве крупногабаритных электродвигателей для нефтегазового комплекса, рассматривает возможность изготовления разработанного двигателя на своем производстве.

Основные теоретические результаты работы внедрены в учебный процесс для подготовки студентов старших курсов бакалавриата направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника»

Достоверность результатов работы

В работе применены хорошо проверенные практикой известные методы по проектированию электрических машин, такие как метод эквивалентных схем замещения, методы нелинейного программирования, метод конечных элементов, что является основой достоверности полученных результатов. Для анализа использованы лицензионные CAD-системы, которые приспособлены для решения поставленных в работе задач. Грамотное их применение и наглядное представление полученных результатов является дополнительным подтверждением их достоверности. Следует отметить и применение новейших инженерных технологий, таких как изготовление масштабных прототипов с применением 3D-принтера, которые подтвердили правильность конструкторских решений и собираемость конструкции.

Апробация диссертации и публикации автора

Участие соискателя в международных и региональных научных конференциях подтверждает тот факт, что данные научные исследования были представлены научному сообществу для анализа и обсуждения. Основные разделы научной работы опубликованы, имеются статьи в высокорейтинговых журналах базы Scopus квартиля Q2, что говорит о достаточно высоком уровне полученных результатов.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация соответствует специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты. Полученные в работе научные результаты соответствуют п. 2 «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов», п. 3 «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии», п. 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» паспорта специальности.

Автореферат

Автореферат отражает основное содержание диссертации, выполнен в соответствии со всеми предъявляемыми к нему требованиями.

Вопросы и замечания по работе

По представленной к защите работе имеются следующие вопросы и замечания

1. Количество действующих в мире и в России приводов пильгерстана неуклонно сокращается. Имеется ли целесообразность проводить научные исследования по их совершенствованию? Возможно ли использование результатов Ваших исследований и применение самой проектной системы для приводов других назначений?
2. В математической модели задается индукция в воздушном зазоре и по этому параметру подбираются остальные размеры магнитной системы. В реальной практике проектирования делается наоборот: задаются размеры магнитной системы, а средняя индукция в воздушном зазоре является выходным параметром. Как будет работать модель, если будет задана нереальная и недостижимая индукция в воздушном зазоре, например, больше 2,0 Тл?
3. Для мощных вентильных двигателей характерна большая реакция поля якоря на поле индуктора. А при больших нагрузках возможен эффект опрокидывания поля возбуждения. Для когтеобразного полюса нет возможности разместить на нем компенсационную обмотку. Учитывался ли этот эффект в данном приводе?
4. При полной габаритной оптимизации одним из критериев был выбран минимум массы активных материалов. При этом в работе указано, что в новом приводе исключается массивный маховик и вся его инерционная масса переносится на ротор двигателя. Зачем тогда надо вводить критерий минимума массы в этот уровень оптимизации?
5. При вращении ротора с когтеобразными полюсами должны возникнуть сильные воздушные потоки, которые будут обдувать лобовые части якорной обмотки. Учен ли этот охлаждающий эффект в тепловых моделях в подсистеме Анализа?
6. Из автореферата и рукописи не понятно, какие типы коммутации вентильного двигателя рассматривались в системе анализа. Этому вопросу в работе следовало бы уделить отдельное внимание.
7. В работе нет информации об источнике питания и системе управления приводом. От выбора этой аппаратуры могут существенно зависеть выходные параметры двигателя, его статические и динамические характеристики.

Данные замечания носят дискуссионный характер и не снижают положительного впечатления от работы.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа на тему «Разработка и исследование вентильного двигателя с когтеобразными полюсами привода пильгерстана для изготовления бесшовных труб» выполнена на высоком уровне с использованием современных

методов исследований и представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.09.01- «Электромеханика и электрические аппараты» (отрасль наук - технические): п. 2 «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов», п. 3 «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии», п. 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».

Работа соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ». **Косимов Бахтиёр Исматуллоевич** заслуживает присуждения ученой степени **кандидата технических наук** по специальности 05.09.01- «Электромеханика и электрические аппараты».

Официальный оппонент, доктор технических наук (05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты), доцент, заведующий кафедрой «Энергетика и технология металлов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганский государственный университет»



Мошкин Владимир Иванович

31.10.2020

640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4,
Тел.: +7(3522) 65-49-99

E-mail: wimosh@mail.ru,

Я, Мошкин Владимир Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Подпись Мошкина В.И. заверяю:

