

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 мая 2016 года протокол № 1

О присуждении Топоркову Дмитрию Михайловичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Зубцовые пульсации момента в машинах с дробными обмотками и возбуждением от постоянных магнитов» по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» принята к защите 17 марта 2016 г., протокол № 2, диссертационным советом Д212.173.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», 630073, г. Новосибирск, ул. Карла Маркса, д. 20, утвержден приказом № 105/нк от 11.04.2012 года.

Соискатель Топорков Дмитрий Михайлович 1988 года рождения, в 2012 году **окончил магистратуру** в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет по направлению 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии».

Работает ассистентом в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертация **выполнена** на кафедре электромеханики факультета мехатроники и автоматизации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, **Шевченко Александр Федорович**, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования, факультет мехатроники и автоматизации, кафедра электромеханики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Беспалов Виктор Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», институт электротехники, кафедра электромеханики, профессор кафедры ;

Цукублин Анатолий Борисович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», энергетический институт, кафедра электротехнических комплексов и материалов, доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» в своем положительном заключении, подписанном Павленко Александром Валентиновичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электромеханика и электрические аппараты», Пахоминым Сергеем Алесандровичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Электромеханика и электрические аппараты», Холодковой Ниной Николаевной, ученым секретарем Ученого совета ЮРГПУ (НПИ) и утвержденном проректором по научной работе и инновационной деятельности, доктором технических наук, доцентом Кравченко Олегом Александровичем **указала, что** представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация Топоркова Д.М. «... является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи уменьшения пульсаций момента в машинах с постоянными магнитами и дробными зубцовыми обмотками, имеющей значение для развития электромашиностроительной отрасли.

Содержание работы соответствует областям исследования паспорта специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а именно:

пункту 1 – «Анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе функционирования электрических, электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов».

пункту 2 – «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов».

Диссертация «Зубцовые пульсации момента в машинах с дробными обмотками и возбуждением от постоянных магнитов» соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Топорков Дмитрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 работ в материалах международных и всероссийских конференций. Авторский вклад в опубликованных работах, в объеме 2,08 печатных листов, составляет не менее 80 %.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Топорков Д.М. Исследование пульсаций момента синхронных магнитоэлектрических машин с дробными зубцовыми обмотками / Д.М. Топорков, А.Ф. Шевченко, А.Г. Приступ // Электротехника. – 2014. - №12. – С. 36-40.

2. Топорков Д.М. Исследование способов уменьшения пульсаций момента в магнитоэлектрических синхронных машинах с дробными зубцовыми обмотками / Д.М. Топорков, А.Г. Приступ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. - №6. – С. 14-17.

3. Топорков Д.М. Особенности конструкции и проектирования энергоэффективных магнитоэлектрических электродвигателей общепромышленного назначения / Д.М. Топорков, А.Г. Приступ, А.Ф. Шевченко, В.В. Корнеев, О.И. Новокрещенов // Электротехника. – 2014. - № 12. – С. 41-44.

4. Топорков Д. М. Исследование зубцовых пульсаций момента в синхронных машинах с постоянными магнитами и дробными зубцовыми обмотками / Д. М. Топорков; науч. рук. А. Ф. Шевченко // Студент и научно-технический прогресс. Мехатроника и автоматизация: материалы 52 междунар. науч. студ. конф., Новосибирск, 11–18 апр. 2014 г. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2014. – С. 54.

5. Топорков Д. М. Аналитическое исследование пульсаций момента в синхронных машинах с постоянными магнитами / Д. М. Топорков // Электромеханика, электротехнологии, электрические материалы и компоненты

(МКЭЭЭ–2014): тр. 15 междунар. конф., Крым, Алушта, 21–27 сент. 2014 г. – [Б. м.: б. и.], 2014. – С. 110-113.

6. Топорков Д. М. Расчет зубцовых пульсаций момента в синхронных машинах с постоянными магнитами / Д. М. Топорков; науч. рук. А. Ф. Шевченко // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: 20 междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Москва, 27–28 февр. 2014 г.: тез. докл. – Москва: Издат. дом МЭИ, 2014. – Т. 2. – С. 156.

7. Топорков Д.М. Энергоэффективные магнитоэлектрические электродвигатели общепромышленного назначения / А. Ф. Шевченко, А. Г. Приступ, О. И. Новокрещенов, Д. М. Топорков, В. В. Корнеев // Электромеханика, электротехнологии, электрические материалы и компоненты (МКЭЭЭ–2014): тр. 15 междунар. конф., Крым, Алушта, 21–27 сент. 2014 г. – [Б. м.: б. и.], 2014. – С. 75-77.

8. Топорков Д. М. Исследование дополнительных пульсаций момента в синхронных машинах с возбуждением от постоянных магнитов / Д. М. Топорков; науч. рук. А. Ф. Шевченко // Материалы 53 международной научной студенческой конференции (МНСК-2015). Мехатроника и автоматизация, 11–17 апр. 2015 г. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2015. – С. 93.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

1. Отзыв от **Исмагилова Флюра Рашитовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет». Замечания об отсутствии геометрических размеров и параметров исследуемых экспериментально электрических машин, а также об отсутствии указания наименований программных продуктов, в которых выполнялось численное моделирование.

2. Отзыв от **ОАО «Силовые машины» завод «Электросила»**, подписанный кандидатом технических наук **Калачиковым Павлом Николаевичем**, кандидатом технических наук **Озолиным Алексеем Юрьевичем**, кандидатом технических наук **Корнеевым Константином Викторовичем**, утвержденный техническим директором **Кварацхелия Борисом Валериановичем**. Замечания связаны с отсутствием в автореферате: сравнения результатов экспериментальных и аналитических исследований, а также численных расчетов; указания диапазона мощностей машин, для которого

применимы полученные результаты, марки стали и механизма учета насыщения стали в выражениях проводимости воздушного зазора.

3. Отзыв от **Горелова Валерия Павловича**, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля наук РФ, профессора кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта». Замечания касаются оформления и того, что экспериментальная часть ограничена результатами испытаний машин только с тангенциальным расположением магнитов.

4. Отзыв от **Макарочева Юрия Александровича**, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой электромеханики и автомобильного электрооборудования и **Зубкова Юрия Валентиновича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры электромеханики и автомобильного оборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет». Замечания касаются: того, в каких практических случаях может наблюдаться величина относительного статического эксцентриситета, равная 0,8; природы добавочного момента, зависимость которого изображена на рисунке 15; того как реакция якоря повлияет на величину зубцовых пульсаций и добавочного момента от эксцентриситета.

5. Отзыв от доцента кафедры робототехники и автоматизации производственных систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кандидата технических наук, доцента **Ваганова Михаила Александровича**. Замечания касаются: неполного соответствия содержания автореферата названию работы; излишней информации о схемах дробных обмоток; отсутствия в автореферате аналитического или графического представления функций проводимости воздушного зазора и магнитодвижущей силы магнитов, представляемых в работе в виде рядов Фурье. Автор отзыва выражает сомнение того, что при коэффициенте полюсного перекрытия $\alpha_p = 0.93$ и $\alpha_p = 0.96$ электромагнитный момент уменьшится несущественно, а также сомнения относительно величины амплитуды основной гармоники зубцовых пульсаций

момента и ее вклада в кривую момента. Автору отзыва не ясно, что результатом сравнения двух методов расчета может являться вывод, что оптимизация ширины открытия паза позволяет уменьшить зубцовые пульсации момента в 2-8 раз.

6. Отзыв от **Серикова Александра Владимировича**, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электромеханика», **Янченко Андрея Вячеславовича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». Замечания касаются: неконкретности вывода о повышении точности изготовления машин для уменьшения эксцентриситета; неясности по аналитическим выражениям; отсутствия информации о личном вкладе автора.

7. Отзыв от профессора кафедры «Теоретическая электротехника и электромеханика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», доктора технических наук, профессора **Шакирова Мансура Акмеловича**. Замечания касаются: отсутствия в автореферате обзора существующих достижений и литературы по рассматриваемой тематике; того, что в работе не учитывается влияние магнитодвижущей силы статорной обмотки; отсутствии информации о характере влияния эксцентриситета на кривую момента; вопроса, как автор оценивает возможность использования гармонического ротора в машинах с дробными обмотками.

8. Отзыв от профессора кафедры электромеханических систем и электроснабжения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)», доктора технических наук, профессора **Кононенко Константина Евгеньевича**. Автор отзыва указывает на наличие опечаток в тексте автореферата, а также спрашивает в какой степени допустимо применение гармонического анализа для получения приемлемой погрешности при насыщенном магнитопроводе.

9. Отзыв от профессора кафедры малого бизнеса в сварочном производстве имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,

доктора технических наук, профессора **Радченко Татьяны Борисовны** и доцента кафедры малого бизнеса в сварочном производстве имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко, кандидата технических наук, доцента **Киселева Вадима Сергеевича**. Замечания касаются отсутствия в автореферате информации, где могут применяться результаты работы помимо проектирования электромеханических усилителей руля, и отсутствия полученного математического описания гармонических составов исследованных экспериментально электрических машин.

10. Отзыв от профессора кафедры «Электротехника и электротехнологические системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук, профессора **Сарапулова Федора Никитича** и доцента кафедры «Электротехника и электротехнологические системы», кандидата технических наук, доцента **Праха Владимира Алексеевича**. Замечания касаются: отсутствия в автореферате информации о том, насколько справедливо применение полученных применительно к машинам с радиальным намагничиванием магнитов соотношений к машинам с роторами коллекторного типа; отсутствия результатов количественного сопоставления гармонического состава пульсаций момента по данным эксперимента с результатами расчета по предложенным моделям.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновываются их широкой известностью и многолетней плодотворной работой в области электромеханических преобразователей энергии, близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Топоркова Д.М.

Доктор технических наук, профессор, член Академии электротехнических наук РФ, старший член международной организации IEEE **Беспалов Виктор Яковлевич** является крупным специалистом в области динамических режимов работы электрических машин и их проектирования, разработки миниатюрных электромеханических преобразователей, двигателей для горных машин, транспорта и пр. Кандидат технических наук, доцент **Цукублин Анатолий Борисович** известен своими работами в области ветроэнергетических установок, тяговых электрических машин, в том числе с возбуждением от постоянных магнитов, имеет большое количество публикаций по тематике, близкой к

диссертационной работе. **ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова»** - один из крупнейших университетов России, занимающихся, в том числе, вопросами исследования, проектирования и совершенствования электромеханических преобразователей энергии. Коллектив кафедры «Электромеханика и электрические аппараты» ЮРГПУ (НПИ), возглавляемый доктором технических наук, профессором Павленко Александром Валентиновичем также хорошо известен в научном сообществе своими научными и практическими результатами в области электромеханических преобразователей энергии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея описания природы зубцовых пульсаций момента и добавочного момента от статического эксцентриситета ротора в синхронных машинах с дробными зубцовыми обмотками и возбуждением от постоянных магнитов при отсутствии тока в обмотке статора, позволившая выявить причины, обуславливающие эти паразитные эффекты;

предложены способ уменьшения зубцовых пульсаций момента путем оптимизации ширины открытия паза, оригинальный подход определения кривой распределения удельной магнитной проводимости воздушного зазора с учетом эффекта насыщения стали и выпучивания потока в область открытия паза;

доказаны перспективность использования предложенного метода уменьшения пульсаций в практике проектирования и производства электрических машин с возбуждением от постоянных магнитов, а также наличие зависимости зубцовых пульсаций момента от числа зубцов статора, полюсов ротора, геометрии воздушного зазора;

введены – новые понятия и термины не введены.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о возможности уменьшения зубцовых пульсаций момента путем формирования кривых распределения удельной магнитной проводимости воздушного зазора и магнитодвижущей силы, создаваемой постоянными магнитами, не содержащих в своем спектральном составе определенных гармонических составляющих;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс

существующих базовых методов исследования, в том числе метод гармонического анализа, численный метод моделирования магнитного поля, экспериментальное определение момента;

изложены условия возникновения зубцовых пульсаций момента, добавочного момента от эксцентриситета и влияющие на их величину факторы;

раскрыты практические недостатки существующих методов уменьшения зубцовых пульсаций момента, приводящих к усложнению конструкции электрических машин с постоянными магнитами и/или уменьшению электромагнитного момента;

изучено влияние геометрии воздушного зазора (ширины открытия паза, коэффициента полюсного перекрытия) на величину зубцовых пульсаций момента и влияние степени эксцентриситета на величину добавочного момента;

проведена модернизация существующего метода определения кривой распределения удельной магнитной проводимости воздушного зазора в машине со статическим эксцентриситетом ротора; полученное аналитическое выражение момента позволяет устанавливать особенности физического процесса возникновения добавочных моментов в функции числа полюсов, величины эксцентриситета и других параметров.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены подход уменьшения зубцовых пульсаций момента и рекомендации по определению оптимальной ширины открытия паза машин с постоянными магнитами;

определены перспективы практического использования результатов диссертационного исследования при проектировании электрических машин с дробными зубцовыми обмотками и возбуждением от постоянных магнитов;

создана совокупность практических рекомендаций, позволяющая определить оптимальные с точки зрения минимума зубцовых пульсаций момента значения ширины открытия паза в машинах с различным числом пазов на полюс и фазу и радиальным расположением магнитов;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию аналитического описания кривой распределения удельной магнитной проводимости воздушного зазора с учетом насыщения стали и выпучивания магнитного потока в область открытия паза в машинах с радиальным расположением магнитов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены с применением сертифицированного поверенного измерительного оборудования и характеризуются высокой воспроизводимостью;

теория построена на известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики проектирования, производства и эксплуатации электрических машин с дробными зубцовыми обмотками и возбуждением от постоянных магнитов, а также на обобщении передового опыта отечественных и зарубежных исследований в области электромеханических преобразователей энергии;

использованы данные экспериментальных и теоретических исследований, полученные ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современная измерительная аппаратура, численное моделирование магнитного поля методом конечных элементов в программном продукте FEMM 4.2, а также методы сбора и обработки полученных экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в: формулировании цели и постановке задач исследования, подготовке обзора литературных источников по тематике диссертации, проведении аналитических, численных и экспериментальных исследований, обосновывающих основные положения работы, выносимые на защиту. Автором получено математическое описание механизма зубцовых пульсаций момента в машинах с постоянными магнитами, исследовано влияние геометрии воздушного зазора на зубцовые пульсации момента, предложено математическое описание кривой распределения удельной магнитной проводимости воздушного зазора в машинах с радиальным расположением магнитов, получено аналитическое выражение для добавочных моментов от статического эксцентриситета ротора (совместно с д.т.н., профессором Шевченко А.Ф.), создана экспериментальная установка и проведены измерения (совместно с к.т.н., доцентом Приступом А.Г. и асс. Корнеевым В.В.), обобщены полученные результаты, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту. Подготовлены основные публикации по выполненной работе (совместно с д.т.н.,

профессором Шевченко А.Ф., к.т.н., доцентом Приступом А.Г., ст. преподавателем Новокрещеновым О.И. и асс. Корнеевым В.В.).

На заседании 26 мая 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Топоркову Д.М. ученую степень кандидата технических наук.



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «нет» человек, проголосовали: за - 19, против - «нет», недействительных бюллетеней - «нет».

Заместитель председателя
диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор




Харитонов Сергей Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор

Нейман Владимир Юрьевич

26.05.2016 г.