

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06 марта 2019 г. № 1

О присуждении Малыгину Игорю Вячеславовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование возможности применения трехфазного якоря с кольцевыми обмотками в электрических машинах малой мощности в условиях воздействия радиационных полей» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты принята к защите 19 декабря 2018 г. (протокол заседания № 24) диссертационным советом Д 212.285.03, созданным на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Малыгин Игорь Вячеславович, 1990 года рождения.

В 2013 году окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника; в 2017 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты;

работает в должности старшего преподавателя кафедры «Электрические машины» Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Электрические машины» Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Пластун Анатолий Трофимович, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Уральский энергетический институт, кафедра «Электрические машины», профессор.

Официальные оппоненты:

Ганджа Сергей Анатольевич – доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, кафедра теоретических основ электротехники, заведующий кафедрой;

Приступ Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», кафедра электромеханики, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск – в своем положительном отзыве, подписанном Киселевым Александром Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом отделения электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики, и Дементьевым Юрием Николаевичем, доктором PhD, кандидатом технических наук, руководителем отделения электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики, указала, что диссертация Малыгина И.В. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной

поиску необходимой конструкции магнитной системы, совместимой с неорганическими типами изоляции. Результаты исследования могут лечь в основу нового типа электрических машин переменного тока. Диссертация Малыгина И.В. удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, ее содержание соответствует специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Другие публикации представлены в виде 8 статей, опубликованных в научном журнале (1), трудах международных (1) и российских (6) научных конференций. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 5,58 п.л., авторский вклад – 2,97 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **Malygin I.V., Plastun A.T.** Synchronous motor with ring windings electromagnetic torque calculation algorithm with Ansys package usage [Электронный ресурс] // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Chelyabinsk, Russia, 19-20 May 2016, DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7911487, 2017 IEEE (Scopus, Web of Science).

2. **Tikhonova O., Malygin I., Plastun A.** The modeling and the calculation of the subexciter with permanent magnets by dint of “ANSYS Maxwell” [Электронный ресурс] // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Chelyabinsk, Russia, 19-

20 May 2016, DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7911630, 2017 IEEE (Scopus, Web of Science).

3. **Tikhonova O., Malygin I., Plastun A.** Electromagnetic calculation for induction motors of various designs by “ANSYS Maxwell [Электронный ресурс] // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, Russia, 16-19 May 2017, DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076294, 2017 IEEE (Scopus, Web of Science).

4. **Plastun A.T., Tikhonova O.V., Malygin I.V.** Non-conventional rule of making a periodically varying different-pole magnetic field in low-power alternating current electrical machines with using ring coils in multiphase armature winding [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 313, Issue 1, 19 February 2018, DOI: 10.1088/1757-899X/313/1/012002 (Scopus, Web of Science).

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. **Казакова Юрия Борисовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Содержит замечания:

1.1. Одной из особенностей исследуемой конструкции якоря с кольцевыми обмотками является наличие отъемных зубцовых наконечников. Это приводит к дополнительным зазорам, что не оценено при оценке эффективности машины;

1.2. Оригинальная конструкция машины требует детального теплового анализа, что выполнено не было.

2. **Исмагилова Флюра Рашитовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой электромеханики и **Вавилова Вячеслава Евгеньевича**, кандидата технических наук, доцента кафедры электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный университет». Содержит замечания:

2.1. На стр. 12 и рисунке 8 указано, что максимальная индукция в ЭМПЭ с КО в зоне зубцовых сердечников имеет величину от 1,96 до 2,19 Тл. При этом рекомендаций по выбору типов магнитомягких материалов для подобных магнитных систем не приведено, что возможно вызвано ограниченностью объема автореферата.

2.2. Для классической конструкции синхронного ЭМПЭ максимальные и минимальные значения тангенциальных сил имеют разную величину (максимальное 800 Н, минимальное -1000 Н), представлялось бы целесообразным пояснить данный эффект.

2.3. Автором, в автореферате, представлен значительный объем экспериментальных исследований, но при этом не представлено сравнения исследуемой ЭМПЭ с КО с классическими ЭМПЭ по различным характеристикам.

2.4. Имеется ряд оформительских замечаний по оформлению автореферата.

3. Тубиса Якова Борисовича, кандидата технических наук, действительного члена Академии электротехнических наук РФ, главного научного сотрудника ПАО «Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт электромашиностроения», г. Владимир. Содержит вопросы и замечания:

3.1. Чем обусловлено применение программы ELCUT, проводящей расчеты в двумерном режиме, при определении сил, действующих на зубцовый наконечник?

3.2. Насколько возрастают затраты материалов при изготовлении асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками?

4. Захарова Алексея Вадимовича, доктора технических наук, ученого секретаря НТС, ведущего специалиста по математическому моделированию и расчетам ПАО «Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт электромашиностроения», г. Владимир. Содержит замечания:

4.1. В работе исследована и подтверждена работоспособность электрических машин с кольцевыми обмотками в нормальных условиях. Экспериментальных исследований машин при воздействии радиационных полей не проводилось. В какой мере полученные результаты могут быть расширены на область применения, обозначенную в названии темы?

4.2. На наш взгляд значительный интерес представляет зависимость магнитных потерь от напряжения и магнитной индукции, которая может быть получена в опыте холостого хода, но указанная зависимость отсутствует в автореферате.

4.3. На наш взгляд было бы целесообразно, кроме удельных окружных усилий, используемых при сравнении с электродвигателями классической конструкции, привести данные о КПД машин с кольцевыми обмотками.

5. Рабченя Владимира Николаевича, директора ПАО «Силовые машины, ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт» и **Корнеева Константина Викторовича**, кандидата технических наук, заместителя начальника отдела по проектированию горно-металлургических, транспортных и энергетических электрических машин ПАО «Силовые машины ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт», г. Санкт-Петербург. Содержит замечания:

5.1. В автореферате не отражены условия, связанные с воздействием радиационных полей и учет их воздействия на рассматриваемый тип асинхронных двигателей.

5.2. В автореферате не приведено сравнение результатов испытаний разработанного двигателя с кольцевыми обмотками (АДКО) и двигателя в габаритах которого он выполнен (ДМ112SA6).

6. Петрушина Александра Дмитриевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Тяговый подвижной состав» ФГБОУ ВО

«Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону. Содержит замечания:

6.1. В автореферате отсутствуют данные по потерям и КПД электрической машины с кольцевыми обмотками.

6.2. В отсутствие данных о потерях не ясно сможет ли быть реализовано полученное автором значение электромагнитного момента электрической машины с кольцевыми обмотками в длительном режиме из-за ограничений по нагреву.

7. Бутакова Валерия Михайловна, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электротехнические комплексы и системы» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». Содержит замечания:

7.1. В работе не учтено влияние радиации на изоляции электротехнической стали магнитопровода.

7.2. Из третьей главы не ясно, для каких марок электротехнической стали проведены исследования влияния геометрических размеров участков магнитной цепи и числа зубцовых наконечников на зубцовом сердечнике якоря с кольцевыми обмотками на тангенциальную составляющую электромагнитной силы.

7.3. В пятой главе, посвященной экспериментальному исследованию макетного образца асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками, не приведены его рабочие характеристики, что затрудняет его сравнение с традиционными асинхронными двигателями.

8. Лукьянова Евгения Анатольевна, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Робототехника и мехатроника» и **Карнаухова Николая Федоровича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Робототехника и мехатроника» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону. Содержит замечания:

- 8.1. По тексту автореферата нет пояснений, что такое Q и почему $Q=1, 2$ и для какого случая принимаются такие значения?
- 8.2. Анализ графических зависимостей удалного окружного усилия (рис. 11) синхронного двигателя с кольцевыми обмотками (СДКО) и нескольких генераторов ветряных станций (мощностью до 30 кВт) показывает на *существенное* различие сравниваемых переменных (в 1,3-2 раза) в первом приближении. Аналогия в результатах анализа просматривается и для асинхронных двигателей (рис. 12).
- 8.3. В приведенных результатах (с.23) – «рекомендациях» выполненных исследований (пункт 6.2) записано: «требуется выполнять магнитную систему типа АДКО на большей высоте оси вращения относительно классической конструкции магнитной системы той же мощности». В такой трактовке вывод совершенно непонятен и трудно применим без количественной оценки.
- 8.4. В автореферате отсутствует краткая поясняющая информация, каким способом или конструктивными изменениями в двигателе соискателю удалось подавить моменты от гармонических составляющих магнитного поля и достигнуть желаемого результата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и исследованиями в области исследования и разработки конструкций специальных электрических машин, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан способ расчета электромагнитного момента синхронной электрической машины, а также рекомендации по выбору значений индукции магнитного поля в отдельных элементах конструкции магнитной цепи якоря с кольцевыми обмотками и по проектированию асинхронных двигателей с кольцевыми обмотками;

предложен способ формирования магнитной системы якоря с кольцевыми обмотками, позволяющий уменьшить влияние моментов от высших нечетных гармоник на результирующий электромагнитный момент;

обоснована необходимость разработки специальной конструкции электрической машины для эффективного применения неорганической изоляции;

разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками.

Теоретическая значимость исследования заключается в подтверждении справедливости принципа формирования переменного вращающего разноименнополюсного магнитного поля в якоре электрической машины с кольцевыми обмотками, а также разработке рекомендаций по выбору магнитной индукции по участкам магнитной цепи якоря с кольцевыми обмотками;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы: возможности математических пакетов для ЭВМ, реализующих для расчета магнитных полей метод конечных элементов;

выявлено влияние геометрических параметров магнитной цепи якоря с кольцевыми обмотками на величину электромагнитного момента синхронной электрической машины с кольцевыми обмотками;

изложены результаты определения рекомендуемых значений индукции по участкам магнитной цепи якоря с кольцевыми обмотками, определения радиальных механических сил, действующих на зубцовые наконечники и результаты экспериментальных исследований экспериментального образца асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками.

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

разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками, на основе проведенных

испытаний разработаны рекомендации для проектирования данного класса электродвигателей;

создан способ расчета электромагнитного момента синхронного двигателя в пакете ANSYS, позволяющий уменьшить время проводимых расчетов;

представлены экспериментальные исследования асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками, включающие в себя опыты холостого хода, короткого замыкания, снятие механической характеристики и экспериментальное определение индуктивного сопротивления рассеяния.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследований, в частности, испытаний асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками;

теория построена на использовании известных положений теории электромеханики;

использованы научные труды российских и зарубежных специалистов, материалы научно-технических конференций и семинаров, руководящие документы;

установлено качественное и количественное соответствие результатов теоретических исследований с результатами испытаний асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками. Испытательное оборудование было поверено метрологическими службами.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии на всех этапах выполнения научной работы: разработке способов численного расчета электромеханических преобразователей с кольцевыми обмотками; подготовке и выполнении расчетов; постановке и проведении испытаний; разработке рекомендаций для проектирования асинхронных двигателей с кольцевыми обмотками, обобщении результатов и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационная работа Малыгина И.В. соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, касающиеся разработки конструкции электрической машины с кольцевыми обмотками и имеющие существенное значение для развития страны.

На заседании 06 марта 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Малыгину И.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16 против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Сарапулов Федор Никитич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зюзев Анатолий Михайлович

06 марта 2019 г.

