

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.082.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 мая 2022 г., № 54

О присуждении Мартынову Кириллу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод совершенствования энергетических характеристик асинхронных двигателей путём применения совмещённых обмоток» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты принята к защите 01 марта 2022 г., протокол № 51 диссертационным советом Д 212.082.06, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, приказ № 552/нк от 23.05.2018 г.

Соискатель Мартынов Кирилл Владимирович, 19 февраля 1991 года рождения.

В 2013 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» с отличием (диплом ОК №11584).

В 2016 году окончил очную аспирантуру при ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» по направлению «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве».

В 2021 году являлся экстерном ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Работает в должности старшего преподавателя кафедры «Электротехника, электрооборудование и электроснабжение» в ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Электротехника, электрооборудование и электроснабжение» ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Пантелеева Лариса Анатольевна, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра «Электротехника, электрооборудование и электроснабжение», заведующая кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. **Немировский Александр Емельянович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», кафедра «Электрооборудование», профессор;

2. **Синюкова Татьяна Викторовна**, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра электропривода, доцент

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, в своем положительном отзыве, утверждённом Фефеловым Василием Федоровичем, кандидатом химических наук, доцентом, проректором по научной и инновационной деятельности, подписанном Бубновым Алексеем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электрическая техника» **указала**, что полученные в работе результаты исследования имеют существенное

значение для повышения эффективности электрических машин. Поставленные автором задачи раскрыты достаточно полно, выводы и рекомендации обоснованы. Диссертационная работа представляет собой самостоятельно выполненное законченное исследование, которое удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК, в том числе требованиям п. 9 «Положение о присуждении учёных степеней», соответствует научной специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты», а её автор, Мартынов Кирилл Владимирович, заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы по теме диссертации общим объёмом 8,76 печатных листа и авторским вкладом 5,03 печатных листа; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных SCOPUS/WebOfScience – 1, объёмом 0,56 печатных листа и авторским вкладом 0,28 печатный лист; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по специальности диссертации 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты – 2, объёмом 1,68 печатных листа и авторским вкладом 0,84 печатных листа; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по другим специальностям – 2, общим объёмом 1,18 печатных листа и авторским вкладом 0,59 печатных листа; патентов на изобретение – 1, объёмом 0,24 печатных листа и авторским вкладом 0,12 печатных листа; патентов на полезную модель – 1, объёмом 0,19 печатных листа и авторским вкладом 0,1 печатных листа; свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 1, объёмом 0,5 печатных листа и авторским вкладом 0,25 печатных листа; работ, опубликованных в других изданиях – 13, общим объёмом 4,41 печатных листа и авторским вкладом 2,85 печатных листа.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Мартынов, К. В. Совершенствование конструкции обмотки статора

асинхронного двигателя / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 1(26). – С. 5-12.

2. Noskov, V. A. Improving the Efficiency of Alternating-Current Machine Windings / V. A. Noskov, L. A. Panteleeva, K. V. Martynov // Russian Electrical Engineering. – 2018. – Vol. 89. – No 1. – P. 32-35.

3. Перспективы применения совмещённой обмотки для снижения электрических потерь в статоре / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 1(39). – С. 18.

4. Мартынов, К. В. Определение пусковых характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(67). – С. 62-68.

5. Исследование распределения токов по фазам в асинхронном электродвигателе с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев, Е. В. Дресвянникова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 5. – С. 150-159.

6. Мартынов, К. В. Оценка энергетических характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, Л. А. Пантелеева, И. А. Благодатских // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 6. – С. 109-118.

На диссертацию и автореферат поступило **8** отзывов, все положительные. В **8** отзывах содержатся следующие замечания:

1) В отзыве доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Систем автоматизированного проектирования», «Электрификация и автоматизация», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» (г. Нижний Новгород) **Серебрякова Александра Сергеевича** имеются вопросы и замечания:

1. На стр. 8 указано, что при анализе МДС совмещённой обмотки было принято допущение, что к обмотке подводится синусоидальное напряжение. А как будет влиять несинусоидальное напряжение на МДС?

2. На стр. 8 предложение не закончено «Решение производилось с

помощью программного пакета Maple, что позволяет.». Что позволяет?

3. На стр. 9 в предложении «Как видно из рисунка 5» следует сослаться на рис. 6.

2) В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (г. Москва) **Строчегово Владимира Фёдоровича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (г. Москва) **Андреева Сергея Андреевича** и кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (г. Москва) **Кабдина Николая Егоровича** имеются вопросы и замечания:

1. На третьей странице автореферата говорится о «способах и методах повышения энергетической эффективности электродвигателей». Непонятно: в чём заключается разница между способом и методом?

2. В абзаце, называемом «Степень достоверности результатов» сообщается, что достоверность подтверждается повторяемостью полученных результатов. В то же время нигде далее это положение не раскрывается.

3. В абзаце, называемом «Теоретическая значимость работы» присутствует весьма странное утверждение, что эта значимость заключается в возможности анализа конструкций ...

4. В автореферате большое внимание уделяется исследованию 11-й и 13-й пространственных гармоник. Но почему же автор не исследует гармоники более низких частот? – Ведь известно, что пятая и седьмая гармонические составляющие существенно влияют на пусковой и минимальный моменты асинхронных двигателей!

3) В отзыве кандидата технических наук, доцента кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» (г. Ижевск) **Свинцовой Нины Фёдоровны** имеются вопросы и замечания:

1. Нет уточнений анализа исследований машин с совмещённой обмоткой каких авторов был проведён, что позволил выявить их возможные преимущества перед стандартными.

2. Не понятно смысла завершения предложения на с.8 автореферата: «Решение производилось с помощью программного пакета Maple, что позволяет.».

3. По рисунку 6 нет пояснений о наличии вертикальной оси между значениями 0,6 и 0,8 относительного числа витков внешних катушек.

4. После рисунка 6 в выводе указана ссылка на рисунок 5, хотя по тексту выводы предполагаю должна быть ссылка на рисунок 6.

5. На рисунке 12 указаны результаты исследований в словесной обобщённой характеристике без представления цифровых данных, уточняющих на сколько, снижается или на сколько и чего именно выгодно («Применение однослойных совмещённых обмоток наиболее выгодно, если при замене не увеличивается относительный шаг катушки $\beta_{кт}$ Результаты исследования показали, что применение в них совмещённой обмотки, теоретически может привести к снижению электрических потерь.»).

6. По данным 4 главы нет уточнения почему выбран при замере тока холостого хода диапазон напряжений от 150 до 230 В с шагом 10 В (диапазон указан по данным рисунка 9).

7. На странице 13 автореферата указан вывод («Коэффициент мощности испытываемых двигателей практически не отличается несмотря на меньшее потребление реактивной мощности АД с совмещённой обмоткой.»), в котором непонятно коэффициент не отличается по сравнению с ошибкой опыта, погрешностью измеряемого прибора и практически не отличается – это на сколько именно выявлены измерения.

8. При расчёте капитальных затрат непонятно на какой период (год,

месяц) были учтены цены ввиду нестабильных цен на рынке.

4) В отзыве доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электромеханика и электрические аппараты» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск) **Лобова Бориса Николаевича** имеется вопрос:

1. На основании чего автор рекомендует использование совмещённых обмоток только для двигателей, работающих в продолжительных режимах работы?

5) В отзыве кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехники» ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет» (г. Благовещенск) **Усенко Валентина Ивановича** имеются замечания:

1. Не использованы современные программы имитационного моделирования.

2. Не оценены преимущества ДСО в частотно-регулируемых приводах с переменной нагрузкой.

6) В отзыве кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электротехника» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск) **Штенникова Игоря Валентиновича** и кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электротехника» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск) **Стародубцевой Валерии Александровны** имеются замечания:

1. В автореферате не приведены механические характеристики двигателей со стандартной и совмещённой обмотками, что не даёт полного представления о достоинствах последних.

2. В автореферате отсутствует анализ погрешности измерений в ходе экспериментальных исследований.

7) В отзыве кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» ФГБОУ ВО

«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» (г. Саратов) **Шлюпикова Сергея Владимировича** и кандидата технических наук, старшего преподавателя кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» (г. Саратов) **Верзилина Андрея Александровича** имеются вопросы и замечания:

1. По результатам исследования видно, что двигатель с совмещённой обмоткой обладает меньшими потерями, чем двигатель со стандартной обмоткой. Однако из автореферата неясно какие именно составляющие потерь сократились.

2. Чем обусловлен выбор электропривода вентилятора при экономической оценке применения совмещённой обмотки вместо стандартной?

8) В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой электроэнергетики Политехнического института ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск) **Пантелеева Василия Ивановича** имеется замечание:

1. Содержание автореферата не позволяет судить о том, насколько разработанные автором схемы обмоток более эффективны (с точки зрения энергетики АД), чем известные типы совмещённых обмоток (в частности, обмоток типа «славянка», «wanlass» и др.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Официальный оппонент Немировский Александр Емельянович является доктором технических наук по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве», экспертом в области эксплуатации и проектирования электрических двигателей.

Официальный оппонент Синюкова Татьяна Викторовна является кандидатом технических наук по специальности 05.09.03 –

«Электротехнические комплексы и системы», экспертом в области повышения энергетической эффективности электрического привода и механизмов, технологических комплексов в различных отраслях промышленности.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск, занимается научной деятельностью по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий. В рамках научного направления кафедры «Электрическая техника» выполняются следующие работы – разработка, моделирование и исследование электрических машин, диагностирование неисправностей асинхронных электродвигателей. Сотрудники кафедры имеют соответствующие публикации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана одно-двухслойная схема совмещённой обмотки, обладающая теми же электромагнитными свойствами, что и совмещённая укороченная обмотка, но при этом имеющая более простую технологию укладки, сопоставимую по трудоёмкости с укладкой однослойной обмотки;

разработана схема совмещённой обмотки с пониженным содержанием высших пространственных гармоник в кривой распределения магнитодвижущей силы (МДС);

предложена и обоснована методика определения электрических потерь в статоре при замене его стандартной обмотки на совмещённую;

доказана эффективность применения совмещённых обмоток вместо стандартных при ремонте асинхронных двигателей, с целью повышения их коэффициента полезного действия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано положение, что с увеличением числа пазов статора коэффициент дифференциального рассеяния для совмещённой обмотки уменьшается сильнее, чем для стандартной;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов теоретической электротехники;

изучено влияние соотношения числа проводников внешних катушек к внутренним на коэффициент дифференциального рассеяния совмещённой двухслойной обмотки с расширенными фазными зонами;

изложена методика определения изменения электрических потерь в статоре при замене его стандартной обмотки на совмещённую;

изучено влияние изменения конструкции обмотки статора на её эквивалентное активное сопротивление, для однослойных обмоток наибольшее снижение эквивалентного активного сопротивления при замене стандартной обмотки на совмещённую составляет 6,7% при чётном числе пазов, приходящихся на полюс и фазу, и 5,3% при нечётном;

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

разработана и внедрена (имеется акт внедрения) одно-двухслойная совмещённая обмотка в процесс ремонта асинхронного двигателя на участке перемотки в ООО «Восточный»;

определены конструктивные параметры статора, при которых применение совмещённой обмотки вместо стандартной приведёт к снижению его эквивалентного активного сопротивления;

определено соотношение чисел проводников внешних катушек к внутренним, равное 3 к 1, при котором коэффициент дифференциального рассеяния совмещённой двухслойной обмотки с расширенными фазными зонами принимает минимальное значение, а амплитуды 11-й и 13-й гармоники МДС становятся меньше в 8 и 6,5 раз, соответственно, по сравнению с аналогичными гармониками совмещённой двухслойной укороченной обмотки;

создана программа на языке программирования Python для автоматического перерасчёта стандартной обмотки статора на совмещённую,

которая позволяет получить обмоточные данные в нескольких вариантах и для разных диаметров проводов;

представлены рекомендации по выбору схемы включения теплового реле для защиты асинхронных двигателей с совмещённой обмоткой с параллельным соединением фаз «звезды» и «треугольника».

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном измерительном оборудовании;

идея базируется на анализе диаграмм Гёргеса для получения оптимального распределения витков фаз обмотки, при котором в кривой распределения МДС относительное содержание высших пространственных гармоник минимально;

установлено соответствие полученных автором из гармонического анализа МДС данных результатам, представленным в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики экспериментальных исследований, сбора и обработки получаемых данных.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах получения результатов, представленных в диссертации и публикациях, в разработке новых схем совмещённых обмоток, позволяющих упростить их технологию изготовления и снизить содержание высших гармоник в кривой распределения МДС, в разработке методики определения изменения электрических потерь в статоре при замене его стандартной обмотки на совмещённую, в разработке методики и создании алгоритма перерасчёта стандартной обмотки на совмещённую, в создании экспериментального двигателя с совмещённой обмоткой и испытательного стенда, в обработке и интерпретации экспериментальных результатов исследований, в подготовке публикаций и докладов на конференциях.

Диссертационный совет рекомендует использовать результаты диссертационного исследования Мартынова К.В. в научно-исследовательских

учреждениях и лабораториях, занимающихся исследованием и разработкой асинхронных двигателей, а также в организациях, на которых осуществляется ремонт электрических машин. Полученные в работе результаты могут быть использованы в ОАО «Электросила» (г. Санкт-Петербург), ООО «Русэлпром. Электрические машины» (г. Москва), АО «ЭЛДИН» (г. Ярославль), АО «СЭЗ» (г. Саратов), ОАО «Уралэлектро» (г. Медногорск), ООО ПО «Электромашина», ЗАО «Удмуртский электроремонтный завод» (с. Завьялово) и других предприятиях и организациях, занимающихся проектированием, созданием и ремонтом электрических двигателей.

Диссертация Мартынова К.В. на тему: «Метод совершенствования энергетических характеристик асинхронных двигателей путём применения совмещённых обмоток» соответствует критериям п. 9 – 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи повышения энергетической эффективности асинхронного двигателя, имеющей значение для развития отрасли энергетики, занимающейся созданием и проектированием электромеханических преобразователей с улучшенными характеристиками.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания

От ведущей организации:

1. В диссертации не представлен анализ потерь в статоре асинхронного двигателя при изменении конфигурации обмотки.

2. В настоящее время исследование магнитной системы электрических машин проводят с применением полевых методов расчета магнитного поля, однако, в диссертации такое моделирование не проведено.

От официальных оппонентов:

3. В работе рассматривается совмещённая обмотка только с параллельным соединением фаз «звезды» и «треугольника», но не

обосновывается в чём её преимущества и недостатки по сравнению с последовательным соединением?

4. Во второй главе предлагаются схемы совмещённой обмотки, которые имеют, по мнению автора, более простую технологию укладки, но нигде не говорится на сколько снижается трудоёмкость изготовления таких обмоток.

Соискатель Мартынов К.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Применение совмещённой обмотки позволяет снизить электрические потери в обмотке статора двигателя, так как она обладает меньшим эквивалентным активным сопротивлением. Кроме того, уменьшение относительного содержания высших гармоник способствует уменьшению добавочных потерь. Анализ составляющих потерь был проведён для режима холостого хода и показал качественное совпадение опытных данных с теорией.

2. С замечанием согласен. Анализ электрических машин с использованием методов теории поля позволяет учитывать нелинейность магнитных материалов и особенности конструкции сердечников. Однако, в настоящей работе не предполагалось изменение конфигурации магнитной цепи, поэтому для достижения поставленной цели было принято решение ограничиться методами теории цепей.

3. Совмещённая обмотка с параллельным соединением обладает следующими потенциальными преимуществами:

- для изготовления фаз обмотки требуется больше число витков, что позволяет более точно при перерасчёте подобрать их число, для сохранения заданной величины магнитного потока;

- переключение с последовательного соединения на параллельное можно использовать при пуске двигателя, как это делается в стандартной обмотке при пуске со «звезды» на «треугольник».

- переключение с параллельного соединения на последовательное возможно для повышения эффективности работы двигателя при низких нагрузках.

4. По технологии укладки предлагаемые схемы не сильно отличаются от однослойных схем совмещённых обмоток, при этом их электромагнитные свойства соответствуют двухслойным обмоткам. По данным из открытых источников, если за единицу взять норму намотки двухслойной обмотки, то для определения нормы намотки однослойной обмотки это значение нужно умножить на 0,85.

На заседании 17 мая 2022 года, протокол № 54 , диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний, занимающейся созданием и проектированием электромеханических преобразователей с улучшенными характеристиками, принял решение присудить Мартынову К.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0.

Председатель

диссертационного совета

Ваньков Юрий Витальевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зиганшин Шамиль Гаязович

17 мая 2022 г.

