

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 12 марта 2019 г., № 3

О присуждении Копылову Андрею Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование конструкции синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с применением генетического алгоритма» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты принята к защите 18 декабря 2018 г., протокол № 2 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 Копылов Андрей Михайлович, 1991 года рождения, в 2014 году окончил ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», диплом магистра с отличием № 101618 0307582, в 2018 году окончил очную аспирантуру при ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», диплом об окончании аспирантуры № 101618 0990946.

Копылов Андрей Михайлович работает в должности ассистента кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» в ФГБОУ ВО «Казанский

государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Сафин Альфред Робертович, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», доцент.

Официальные оппоненты:

1. **Макаров Валерий Геннадьевич**, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра «Электропривод и электротехника», заведующий кафедрой;

2. **Нурбосынов Дуйсен Нурмухамедович**, доктор технических наук, профессор, ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт», кафедра «Электро- и теплоэнергетика», заведующий кафедрой

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Драгуновым Виктором Карповичем, проректором по научной работе, Курбатовым Павлом Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электромеханика, электрические и электронные аппараты», **указала**, что представленные в рассмотренной работе результаты исследований вносят важный вклад в повышение энергетической эффективности электромеханических линейных преобразователей, а также развитие методов их проектирования. Вынесенные на защиту научные положения в достаточной мере обоснованы и соответствуют поставленным целям и решаемым задачам. Учитывая новизну, теоретическую и

экспериментальную обоснованность сформулированных положений, научную и практическую значимость результатов, можно сделать заключение, что диссертационная работа «Совершенствование конструкции синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с применением генетического алгоритма» является завершённой научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Копылов Андрей Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации общим объёмом 4,54 печатных листа и авторским вкладом 1,15 печатных листа; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных SCOPUS / Web Of Science – 2, объёмом 0,98 печатных листа и авторским вкладом 0,34 печатных листа; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по специальности диссертации 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты – 2, объёмом 1,11 печатных листа и авторским вкладом 0,29 печатных листа; в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК по другим специальностям – 2, общим объёмом 0,98 печатных листа и авторским вкладом 0,2 печатных листа; свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 5, объёмом 1,01 печатных листа и авторским вкладом 0,17 печатных листа; работ, опубликованных в материалах и тезисах международных научных конференций – 3, общим объёмом 0,46 печатных листа и авторским вкладом 0,15 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. Копылов, А. М. Разработка электрической машины возвратно-поступательного действия модульного типа / А. М. Копылов, А. Р. Сафин, Р. Р. Гибадуллин, Л. В. Долomanюк, А. Н. Цветков // **Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.** – 2016. – № 9-10. – С. 102 – 108. – ISSN: 1998-9903. (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК №1551 на дату публикации 10.2016). 7 с./2 с. (0,39 п.л./0,11 п.л.)

2. Копылов, А. М. Выбор и оптимизация конструктивных параметров обратимой электрической машины возвратно-поступательного движения / А. Р. Сафин, И. В. Ившин, А. М. Копылов, Е. И. Грачева, А. Н. Цветков // **Электроника и электрооборудование транспорта.** – 2017. – № 3. – С. 10 – 17. – ISSN: 1812-6782. (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК №1416 на дату публикации 07.2017). 8 с./2 с. (0,72 п.л./0,18 п.л.)

3. Kopylov, A. M. Selection And Justification Of Design Parameters For Reversible Reciprocating Electric Machine / I. V. Ivshin, A. R. Safin, A. N. Tsvetkov, A. M. Kopylov // **International Journal of Applied Engineering Research.** – 2015. – № 12. – С. 31427 – 31440. – ISSN: 0973-4562. (База данных Scopus на дату публикации 03.2015). 14 с./5 с. (0,55 п.л./0,2 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все положительные. В 7 отзывах содержатся следующие замечания:

1) В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрооборудование» ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» (г. Вологда) **Немировского Александра Емельяновича** и старшего преподавателя кафедры «Электрооборудование» **Никифорова Владислава Евгеньевича** имеется замечание:

– В автореферате не представлено описание и разработанный автором контрольно-измерительный стенд, при помощи которого проводились испытания экспериментального образца.

2) В отзыве кандидата технических наук, ведущего инженера отдела энергообеспечения и энергоэффективности управления энергетики ПАО

«Татнефть» им. В.Д. Шашина (г. Альметьевск) **Мухоргова Ивана Сергеевича** имеется замечание:

– При различных температурах рабочие характеристики постоянных магнитов имеют некоторый разброс, который может существенно влиять на выходные параметры электрических машин. Хотелось бы видеть, как этот факт влияет на рассмотренные параметры движения индуктора.

3) В отзыве кандидата технических наук, доцента, заведующей кафедрой «Электротехника и энергообеспечение предприятий» НХТИ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (г. Нижнекамск) **Тумаевой Елены Викторовны** имеются замечания:

1. В автореферате не представлены технические характеристики разработанного экспериментального образца электрической машины возвратно-поступательного действия.

2. Не указано, чем подтверждается оптимальность полученной конструкции статора и индуктора.

3. Из автореферата осталось неясным, проводилось ли технико-экономическое обоснование разрабатываемой модели электрической машины.

4) В отзыве доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск) **Шевченко Александра Федоровича** и кандидата технических наук, доцента кафедры «Электромеханика» **Вяльцева Георгия Бенциановича** имеются замечания:

1. В цели заявлено повышение КПД путем совершенствования конструкции статора и индуктора. Про совершенствование конструкции статора нет ни слова.

2. Полученная конструкция индуктора оптимизирована для уменьшения краевых эффектов изображённой на рис.2-3 модели со статором длиной 45 мм (судя по рисунку). Не описано, как эта оптимизированная конструкция масштабируется в длину.

3. Рисунок 3 создает впечатление того, что в модели не применялись периодические граничные условия, необходимые в данной задаче.

4. В тексте автореферата заявляется, что оптимизируемым параметром является КПД, однако в тексте диссертации приведена информация об оптимизации параметра максимум «коэффициента электромагнитной силы»  $C_{MW}$  (полный текст диссертации, стр. 64, табл. 3.3). Польза от максимизации значения этого коэффициента неочевидна.

5) В отзыве кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» КТИ (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский технический университет» (г. Камышин Волгоградской обл.), **Сошинова Анатолия Григорьевича** и доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» **Угарова Геннадия Григорьевича** имеются вопросы и замечания:

1. Относительно каких существующих электрических машин и образцов получен более высокий КПД?

2. Величина КПД исследуется только в генераторном режиме работы электрической машины, пренебрегая двигательным.

6) В отзыве кандидата физико-математических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроэнергетика и автоматизация промышленного производства» Политехнического института (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (г. Мирный), **Семёнова Александра Сергеевича** содержится замечание:

– В автореферате отсутствует схема соединения электрических обмоток статора рассматриваемой электрической машины.

7) В отзыве кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Теоретические основы электротехники» ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» (г. Красноярск) **Боярской Наталии Петровны** имеются замечания:

1. Как показано на рисунке 5, с ростом частоты увеличивается расхождение между данными расчёта и измерений, и возможно, что при

стандартной частоте это станет проблемой, подтверждение или опровержение этого предположения не исследовалось.

2. Отсутствуют какие-либо указания на проведение экономического анализа предложенной конструкции синхронной машины.

3. В названии диссертации указано, что применяется генетический алгоритм. Однако в автореферате не представлены особенности его применения.

**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.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** имитационная модель синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами, учитывающая конструктивные параметры машины, а также усилия на шток индуктора и длину его хода;

**разработаны** алгоритмы и программы для оптимизации конструктивных параметров статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами;

**предложен** генетический алгоритм для топологической оптимизации индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами;

**доказана** достоверность разработанной имитационной модели синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами, учитывающей конструктивные параметры машины, а также усилия на шток индуктора и длину его хода.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** эффективность применения разработанных алгоритмов и программ для проектирования и оптимизации конструктивных параметров

синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых методов теории электромеханических линейных преобразователей, теории электрических цепей, в том числе численные методы исследования и метод конечно-элементного анализа;

**изучено** влияние конструктивных параметров статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами на её КПД.

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

**разработаны и внедрены** (имеется акт внедрения) в процесс проектирования ООО «СреднеВолжскСельЭлектроСетьСтрой» (г. Казань) и в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань) алгоритмы и программы для оптимизации конструктивных параметров статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами;

**определены** оптимальные конструктивные параметры статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами мощностью до 10 кВт для достижения КПД равного 0,8;

**создана** в программном комплексе *Matlab/Simulink* имитационная модель синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами, которая позволяет на этапе проектирования учитывать конструктивные параметры электрической машины, а также усилия на шток индуктора и длину его хода;

**создан** экспериментальный образец электрической машины возвратно-поступательного действия в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-



технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», соглашение о предоставлении субсидии от 20 октября 2014 г. № 14.577.21.0121 на основе алгоритмов и программ для оптимизации конструктивных параметров статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

**для экспериментальных работ** применены апробированные методики и показана воспроизводимость результатов измерений для различных условий проведения эксперимента;

**теория** не противоречит известным из литературы данным и согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными работами других авторов;

**идея базируется** на анализе результатов моделирования в программном комплексе *Matlab/Simulink*, экспериментальных исследований работы экспериментального образца синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами;

**установлено** соответствие полученных данных результатам, представленным в независимых источниках по данной тематике; соответствие результатов экспериментальных работ, полученных автором при исследовании экспериментального образца синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами, результатам моделирования в программном комплексе *Matlab/Simulink*;

**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 имитационной модели синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами, учитывающей конструктивные параметры машины, а также усилия на шток индуктора и длину его хода, в разработке алгоритмов и программы для оптимизации

конструктивных параметров статора и индуктора, в самостоятельном проведении теоретических и лабораторных исследований и натурных экспериментов, в моделировании в программном комплексе *Matlab/Simulink*, в анализе и сравнении теоретических и экспериментальных результатов исследования, подготовке докладов, выступлений на конференциях и написании статей.

Диссертационный совет рекомендует использовать результаты диссертационного исследования Копылова А.М. в научно-исследовательских учреждениях и лабораториях, занимающихся исследованием, разработкой и применением силовых электромеханических преобразователей энергии, а также в научно-образовательном процессе в средних образовательных учреждениях с математическим и техническим уклоном, в профильных высших учебных заведениях. Полученные в работе результаты могут быть использованы в ЗАО «МПОТК «Технокомплект» (г. Дубна), ООО «ЭнергоСпецСтройСервис» (г. Москва), ООО «Техмаш-Энерго» (г. Екатеринбург), ГК «ЭнергоПроф» (г. Казань) и других предприятиях и организациях, занимающихся производством и эксплуатацией электрических генераторов.

Диссертация Копылова А.М. «Совершенствование конструкции синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с применением генетического алгоритма» соответствует критериям п. 9 – 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи повышения энергетической эффективности синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия, имеющей значение для развития отрасли энергетики, занимающейся созданием и проектированием электромеханических линейных преобразователей с улучшенными характеристиками.

На заседании 12 марта 2019 года, протокол № 3, диссертационный совет принял решение присудить Копылову А.М. ученую степень кандидата

технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 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 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета

Ваньков Юрий Витальевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Зиганшин Шамиль Гаязович

12 марта 2019 г.

