

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

Копылова Андрея Михайловича

на тему *«Совершенствование конструкции синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с применением генетического алгоритма»*, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

### **Актуальность работы**

В настоящее время существует ряд объектов, где использование традиционных генераторов вращающегося типа либо невозможно, либо требует установки механического преобразователя возвратно-поступательного движения во вращательное, что приводит к нерациональности этих генераторов. К таким объектам относятся: системы генерирования электроэнергии, использующие энергию морских волн, системы генерирования со свободнопоршневыми двигателями внутреннего сгорания, электрические амортизаторы и другие.

Наибольшее распространение в настоящее время получили цилиндрические линейные двигатели. При этом наличие непосредственного прямого действия исполнительного органа в цилиндрических линейных двигателях определяет их преимущество относительно плоских линейных двигателей. Это обусловлено отсутствием сил одностороннего притяжения, а также меньшей инертностью подвижной части, что определяет их высокие динамические качества. Исходя из вышеизложенного, автором принято в качестве объекта исследования синхронная электрическая машина возвратно-поступательного действия (ЭМВПД) с постоянными магнитами (ПМ). Предметом исследований – параметры основных конструктивных частей: статора и индуктора синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами.

С учетом вышеизложенного, исследование, ориентированное на разработку средств моделирования и анализа цилиндрических линейных двигателей с магнитоэлектрическим возбуждением с целью получения рациональных конструктивных решений является весьма актуальной темой.

### **Общая характеристика работы**

#### **Структура и объем диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 10 приложений. Основная часть работы изложена на 148 страницах машинного текста, который поясняют 59 рисунков и 11 таблиц, список литературы содержит 103 наименования.

## **Основные научные результаты работы, их новизна**

К основным научным результатам диссертационного исследования, характеризующим его новизну, можно отнести:

1. Разработанную имитационную модель синхронной ЭМВПД с ПМ, учитывающую конструктивные параметры электрической машины, а также усилия на вал индуктора и длину его хода.

2. Разработанные алгоритмы и программы для оптимизации конструктивных параметров статора и индуктора синхронной ЭМВПД с ПМ, где критерием оптимизации является КПД при заданных условиях.

3. Разработанный генетический алгоритм для топологической оптимизации индуктора синхронной ЭМВПД с ПМ.

## **Практическая значимость результатов работы**

Практическая значимость результатов работы состоит в возможности практического использования разработанной ЭМВПД и разработанной методики совершенствования конструктивных параметров электрической машины, имитационной модели, а также алгоритмов и программ для оптимизации топологии элементов рассматриваемой электрической машины.

Разработана конструкторская документация и изготовлен экспериментальный образец электрической машины возвратно-поступательного действия в рамках реализации 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, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0121.

## **Апробация результатов диссертации**

Результаты диссертации апробированы на восьми международных конференциях по профилю темы диссертации.

## **Публикации по материалам диссертационного исследования**

Отметим, что все основные результаты диссертации опубликованы в 14 печатных работах, из них 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных SCOPUS/Web Of Science, 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК (в том числе 2 статьи в журнале, входящем в перечень по специальности диссертации), 5 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ и 3 публикации в материалах всероссийских и международных научных конференций. Автореферат достаточно полно отображает основные положения диссертации.

## **Сведения о внедрении результатов диссертационной работы**

Полученные автором результаты использовались:

- в экспериментальном образце ЭМВПД, разработанном в рамках соглашения с Минобрнауки РФ от «20» октября 2014 г. № 14.577.21.0121. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) *RFMEFI57714X0121*;

- при разработке нового метода проектирования и программно-аппаратного комплекса для повышения энергоэффективности и надежности линейных электрических машин возвратно-поступательного действия по гранту Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) совместно с Правительством Республики Татарстан, в рамках соглашения № 216/647-С, проект № 17-48-160438, 2017 г;

- в процессе проектирования ООО «СреднеВолжскСель ЭлектроСетьСтрой»;

- в учебном процессе кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «КГЭУ» при подготовке магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Внедрение результатов диссертации подтверждено соответствующими актами.

### **Обоснованность и достоверность результатов**

Достоверность и обоснованность теоретических результатов и выводов диссертации подтверждается корректным использованием при решении поставленных задач математических методов, экспериментальной обоснованностью принятых допущений, сопоставлением результатов с общеизвестными, опубликованными в научно-технической литературе исследованиями.

### **Положительные стороны диссертационного исследования**

В работе с использованием имитационной модели и численных методов, а также с применением разработанного генетического алгоритма получены важные результаты – усовершенствованная конструкция магнитной сборки индуктора и расположения обмоток статора, что позволило повысить КПД синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами за счёт увеличения электромагнитной мощности.

Полученные теоретические результаты подтверждены экспериментальными исследованиями, что говорит о достоверности полученных результатов.

Разработанная имитационная модель верифицирована путём сопоставления расчётных и экспериментальных показателей, полученных при исследовании созданного экспериментального образца ЭМВПД с ПМ.

Полученные теоретические результаты доведены до практической реализации и использованы в экспериментальном образце ЭМВПД, разработанном в рамках соглашения с Минобрнауки РФ от «20» октября 2014 г. № 14.577.21.0121. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) *RFMEFI57714X0121*, а также при разработке нового метода проектирования и программно-аппаратного комплекса для повышения энергоэффективности и надежности линейных электрических машин возвратно-поступательного действия по гранту Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) совместно с Правительством Республики Татарстан, в рамках соглашения № 216/647-С, проект № 17-48-160438, 2017 г.

На алгоритмы и программы, разработанные автором при выполнении исследований, получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015615063, 2015663605, 2016611030, 2016663776, 2016663776.

Очевидна преемственность методики исследований с известными научными школами, что говорит об использовании проверенных теорией и практикой подходов к вопросам проведения исследований и обеспечивает достоверность полученных результатов.

Работа доведена до логического завершения: теория соответствует практике, созданные инструментарии использования полученных результатов прошли апробацию и внедрены.

### **Вопросы и замечания**

По содержанию диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Что понимается автором под термином «электромагнитная мощность» и как её повышение влияет на КПД рассматриваемой электрической машины?
2. Чем обусловлена необходимость в применении генетического алгоритма, и чем она превосходит по сравнению с параметрической оптимизацией конструкции индуктора?
3. Учитывались ли особенности технологии заводского изготовления элементов рассматриваемой электрической машины при совершенствовании их конструкции?

Вышеуказанные замечания по диссертационной работе и автореферату не снижают научной ценности диссертационной работы.

**Заключение.** Диссертационная работа Копылова Андрея Михайловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку; в диссертации содержатся сведения о практическом использовании полученных результатов; предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по

сравнению с другими известными решениями. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, число публикаций соответствует требованиям, установленным п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней».

Учитывая вышеизложенное, считаю, что оппонируемая кандидатская диссертация по научному содержанию, новизне исследований, обоснованности выводов, практической значимости результатов, по изложению и оформлению соответствует требованиям раздела II. Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Копылов Андрей Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент, д.т.н.,  
заведующий кафедрой электро- и  
теплоэнергетики ГБОУ ВО  
«Альметьевский государственный  
нефтяной институт»



Нурбосынов  
Дуйсен Нурмухамедович  
«06» 02 2019г.

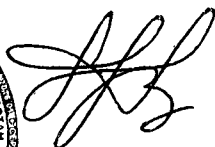
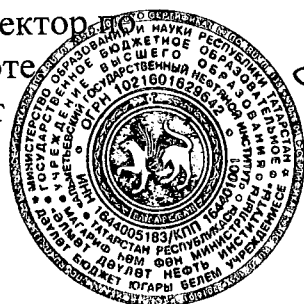
Докторская диссертация защищена по  
специальности 05.09.03 –  
Электротехнические комплексы и  
системы

Адрес: 423450, г. Альметьевск, ул. Р.  
Фахретдина, 42, тел.: (8553) 31-0100  
e-mail: nurbosinovdn@mail.ru



Handwritten signature: Нурбосынов Д. Н.  
Official stamp of the Ministry of Education and Science of the Republic of Tatarstan.  
Handwritten signature: Дуйсен Нурмухамедович

Первый проректор по  
учебной работе  
к.п.н., доцент



Иванов Алексей Федорович