

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ОмГТУ»)**


УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и
инновационной деятельности
Фефелов Василий Федорович
10 _____ 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Омский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ОмГТУ»)**

Диссертация «Методы проектирования и разработка тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов» выполнена на кафедре «Электрическая техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Татевосян Андрей Александрович работал в ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» в должностях ассистента, старшего преподавателя, доцента (с июня 2008 года) кафедры «Электрическая техника».

В 2002 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» по специальности 100400 «Электроснабжение».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка и моделирование линейного магнитоэлектрического привода для испытания вязкоупругих свойств эластомеров» защитил в 2005 году в диссертационном совете Д 212.178.03, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Омский государственный технический университет» Министерства образования Российской Федерации. Ученая степень кандидата технических наук присуждена «9» декабря 2005 г., диплом № КТ 178001.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор *Андреева* Елена Григорьевна, профессор кафедры «Электрическая техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

По итогам обсуждения диссертации «Методы проектирования и разработка тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов» принято следующее заключение.

1. Актуальность

Работа выполнена на актуальную тему – разработка научно-методологических основ, методов и алгоритмов проектирования тихоходных синхронных машин с постоянными магнитами для обеспечения энергоэффективной и надежной работы в эксплуатационных режимах в составе высокотехнологичных электротехнических комплексов (ВЭТК).

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили получить новые научно обоснованные технические решения, рекомендации, методики, модели и алгоритмы расчета, внедрение которых вносит существенный вклад в область разработки тихоходных синхронных машин с постоянными магнитами (СМПМ) в составе ВЭТК конкретного назначения с учетом их режима работы и внешних воздействующих факторов.

Разработанные математические модели тихоходных СМПМ в генераторном и двигательном режимах объединяют математические модели отдельных подсистем, учитывающие процессы различной физической природы. Параметры построенных математических моделей зависят от выбора конструктивной схемы СМПМ и определяются на предварительной стадии проектирования решением задачи оптимизации магнитной системы и уточнением их значений на поверочной стадии расчетов с использованием методов конечно-элементного анализа магнитных полей. Математические модели СМПМ с учетом принятых допущений обеспечивают расчет параметров с погрешностью не более 7% в сравнении с данными эксперимента.

Доказана принципиальная возможность использования решения задачи оптимизации для определения условий достижения максимума КПД (электромагнитного усилия, удельной выходной мощности) для тихоходного синхронного двигателя с постоянными магнитами, работающего в составе электропривода длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора.

Предложен критерий оптимальности максимум удельной выходной мощности и решена задача оптимизации для синхронных машин с постоянными магнитами в составе приводных и генерирующих комплексов при условии использования минимума массы активных материалов.

Предложены новые конструктивные схемы синхронных генераторов модульного типа и с общим цилиндрическим магнитопроводом, позволяющие получить улучшенные пусковые и эксплуатационные характеристики: уменьшить остаточный момент, а также повысить жесткость внешней характеристики.

Предложен метод формирования численного проекционно-сеточного алгоритма на регулярной триангуляционной сети для расчетов осесимметричных и трехмерных полевых моделей тихоходных синхронных

магнитоэлектрических машин, с использованием выведенных рекуррентных соотношений для плоского и объемного «регулярного элемента» на основе численного конечно-элементного анализа.

2. Научная новизна результатов работы

1. Предложен метод создания энергоэффективных тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин с постоянными магнитами в составе высокотехнологичных электротехнических комплексов генерирования электроэнергии и электропривода, отличающийся от известных тем, что совместное решение уравнений, описывающих состояние электромагнитной и механической частей СМПМ, основывается на использовании итеративного процесса, уточняющего заданный в качестве начального приближения закон движения индуктора.

2. Предложен метод оптимального проектирования тихоходных СМПМ, отличающийся от известных тем, что дана математическая постановка задачи оптимизации и получено ее решение, устанавливающее взаимосвязь конструктивных параметров с энергетическими показателями работы электрической машины, доставляющая максимум целевой функции (коэффициент полезного действия, электромагнитное усилие) в зависимости от закона движения подвижной части и условия минимума массы активных материалов, что позволяет на стадии поверочных расчетов уточнить пусковые и эксплуатационные характеристики электрической машины, сократить временные и материальные затраты на проектирование.

3. Предложен метод оптимизации конструкций магнитных систем тихоходных СМПМ в составе ВЭУ и ЛМЭП, отличающийся от известных тем, что на основе выбранного критерия оптимальности, получены соотношения, обеспечивающие максимум удельной полезной мощности, исходя из заданных технических условий на проектирование.

4. Предложен метод формирования численных проекционно-сеточных трехмерных моделей магнитного поля тихоходных СМПМ, отличающийся от известных методов возможностью использования «регулярного элемента», для которого получены рекуррентные соотношения, позволяющие максимально автоматизировать процесс формирования глобальной системы линейных алгебраических уравнений в методе конечных элементов, сократив тем самым временные и материальные затраты.

5. Разработаны методики, алгоритмы оптимального проектирования предложенных конструктивных схем тихоходных СМПМ в составе электротехнического комплекса на заданный закон движения подвижной части, включающие тепловые расчеты и отличающиеся от известных учетом особенностей рабочего процесса.

6. Предложена методика идентификации опытных образцов постоянных магнитов для конструирования тихоходных СМПМ в составе электротехнического комплекса, отличающаяся от известных тем, что в ее

основе используется идентификация по критерию одинаковой объемной намагниченности.

7. Определен новый принцип формирования системой управления закона движения подвижной части линейной тихоходной СГПМ в двигательном режиме в составе электротехнического комплекса длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора, отличающийся от известных тем, что при удовлетворении требования к обеспечению угла сдвига фаз между законом движения подвижной части и электромагнитной силы обеспечивается максимум КПД электромеханического преобразователя.

8. Предложен способ стабилизации выходного напряжения ВЭУ на основе тихоходных СГПМ модульного типа, который отличается от известных тем, что позволяет обеспечить системой управления на базе нейронной сети стабилизацию напряжения в зависимости от скорости ветра и коэффициента загрузки.

9. Предложен новый способ повышения выходного напряжения СГПМ с общим цилиндрическим магнитопроводом в составе ВЭУ, отличающийся от известных тем, что повышение выходного напряжения достигается применением новой конструктивной схемы магнитной системы ротора и магнитопровода статора, позволяющей реализовать последовательное соединение выпрямительных блоков к каждой фазе СГПМ с уменьшением переменной составляющей напряжения.

3. Научная и практическая значимость результатов

1. На основе единого подхода разработан комплекс математических моделей реализованных в пакетах программ ANSYS, ELCUT, Matlab вариантов конструктивных схем тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин с постоянными магнитами в составе ВЭТК, обеспечивающих широкие возможности для решения задач анализа и синтеза, внедрение которых в практику проектирования позволит сократить сроки выполнения проектных работ и повысить их качество.

2. Предложен метод формирования численного проекционно-сеточного алгоритма на регулярной триангуляционной сети для расчетов осесимметричных и трехмерных полевых моделей тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в цилиндрической (2D) и прямоугольной (3D) системе координат, используя выведенные рекуррентные соотношения для плоского и объемного «регулярного элемента» численного конечно-элементного анализа, что позволяет максимально автоматизировать процесс формирования глобальной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) метода конечных элементов, минуя этап построения элементных систем уравнений.

3. Разработаны инженерные методики оптимального проектирования магнитных систем тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин по заданным выходным параметрам в соответствии с выбранным критерием оптимальности.

4. Разработаны инженерные методики расчета выходных параметров рабочего процесса тихоходных СМПМ в составе ВЭТК конкретного назначения и режима работы при заданном законе движения ротора, учитывающие процессы теплопередачи между элементами магнитной системы.

5. Разработаны испытательные стенды для экспериментального исследования опытных образцов тихоходных СМПМ в составе ВЭТК и идентификации постоянных магнитов из сплава NdFeB в опытной партии по критерию одинаковой объемной намагниченности.

6. Предложены принципы технической реализации систем управления ВЭТК ВЭУ и ЛМЭП, позволяющие повысить энергоэффективность СМПМ.

7. Выработаны рекомендации по проектированию тихоходных СГПМ в модельном ряду ВЭУ мощностью 0,1-30 кВт, линейных магнитоэлектрических приводов тихоходных длинноходовых поршневых компрессоров с возможностью сжатия газа до давления 2 МПа и испытательных стендов, предназначенных для исследования вязкоупругих свойств опытных образцов эластомеров.

Результаты работы внедрены в: НТК «Криогенная техника», г. Омск; ООО «Тор», г. Санкт-Петербург; ПАО «Россети» АО «Янтарь Энерго», г. Калининград, а также в учебном процессе Энергетического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

В НТК «Криогенная техника» внедрение осуществлялось путем:

- передачи методик проектирования оптимальных конструкций тихоходных линейных магнитоэлектрических двигателей для привода поршневого компрессора по критерию максимума КПД (минимума удельных относительных потерь в элементах электропривода);

- расчета линейного магнитоэлектрического двигателя для привода поршневого компрессора на развиваемое тяговое усилие 100 Н и 3000 Н по предложенным методикам оптимального проектирования.

В ООО «ТОР» внедрение осуществлялось путем:

- передачи алгоритмов расчета осесимметричных и трехмерных магнитных полей на основе «регулярного элемента» в части уравнений задачи магнитостатики для двумерного и трехмерного анализа относительно векторного магнитного потенциала для треугольного и тетраэдрического конечного элемента первого порядка;

- успешной проверки предложенных уравнений и использования в программе ELCUT в качестве элементных уравнений магнитостатики в осесимметричном анализе, записанных относительно функции магнитного потока;

- планирования использования уравнений, полученных на основе предложенных алгоритмов к применению в разрабатываемой версии ELCUT для трехмерной задачи магнитостатики.

В ПАО «Россети» АО «Янтарь Энерго», внедрение осуществлялось путем:

- передачи методик оптимального проектирования тихоходных синхронных магнитоэлектрических генераторов используемых в составе ветроэнергетических установок по критерию максимума КПД;
- проведения расчета ветроэнергетической установки по предложенным методикам оптимального проектирования на основе синхронных генераторов с общим цилиндрическим магнитопроводом и модульного типа с независимыми магнитопроводами.

Материалы диссертации нашли применение в учебном процессе при разработке лекционных курсов «Математическое моделирование электротехнических устройств», «Методы идентификации объектов электротехнических комплексов и систем», выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ для студентов направлений 13.03.02 и 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет».

4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Личный вклад автора заключается в постановке задачи, выборе направлений и методов исследования, в разработке алгоритмов и программ, в проведении экспериментальных исследований, в разработке технических решений и практической реализации в макетных образцах тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в составе высокотехнологичных электротехнических комплексов, обобщении полученных результатов.

В работах и изобретениях автору принадлежат:

- идея применения общего подхода к проектированию оптимальных конструкций магнитных систем тихоходных СМПМ, входящих в состав высокотехнологичных электротехнических комплексов (ВЭТК), работающих в генераторном и двигательном режимах, удовлетворяющих выбранному критерию оптимальности;
- идея применения трехмерного «регулярного элемента» в виде шестиугольной призмы и математическая формулировка рекуррентных соотношений глобальной СЛАУ для расчета магнитного поля с использованием метода конечных элементов;
- математические модели для исследования динамических характеристик СМПМ в составе электротехнических комплексов.

Все результаты, составляющие научную новизну диссертации и выносимые на защиту, получены автором лично.

5. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью постановок задач, обоснованностью принятых допущений и адекватностью используемых при исследованиях математических моделей, методов, а также сопоставлением полученных данных с данными исследований других авторов, качественным совпадением и достаточной сходимостью результатов расчетов и эксперимента, апробацией предварительных и окончательных результатов диссертационной работы.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация соответствует специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты в части:

1. Предложенное аналитическое решение задачи оптимизации для отыскания законов изменения тока и напряжения, при котором достигается минимум удельных потерь (максимум КПД электромеханического преобразователя энергии) для СМПМ работающих в двигательном и генераторном режимах, метод идентификации постоянных магнитов по критерию одинаковой объемной намагниченности соответствуют п. 2 «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов».

2. Предложенные аналитические методы для расчета максимальной удельной выходной мощности через независимые переменные, связанные конструктивными параметрами тихоходных СМПМ (отношение значений высоты постоянного магнита к высоте воздушного зазора и отношение массы активной части обмотки к массе постоянных магнитов), а также разработанные математические модели соответствуют п. 3. «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии».

3. Разработанные методики и алгоритмы оптимального проектирования предложенных конструктивных схем тихоходных СМПМ в составе электротехнического комплекса на заданный закон движения подвижной части, способ стабилизации выходного напряжения тихоходных СМПМ модульного типа, основанный на применении в системе управления нейронной сети, а также способ управления СДПМ возвратно-поступательного движения обеспечивающий максимум КПД соответствуют п. 5 – разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов.

7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором

Основное содержание диссертации изложено в 67 печатных работах, из них 12 статей в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы SCOPUS/Web of Science, 17 статей в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России (в том числе 13 статей в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России по специальности диссертации), 3 монографии, 13 патентов на изобретения, 7 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 2 патента на полезную модель и 13 публикации в материалах всероссийских и международных научных конференций.

Статьи, в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК по группе научных специальностей диссертации:

1. Татевосян, А.А. Оптимизация тихоходного синхронного генератора модульного типа и принцип реализации системы управления напряжением генератора на основе нейронной сети / А.А. Татевосян// *Электричество*, №7, – 2021, С. 61-70
2. Татевосян, А.А. Исследование рабочих процессов энергопреобразования в магнитоэлектрическом приводе тихоходного одноступенчатого поршневого компрессора на заданный закон движения якоря при обеспечении максимума КПД// *Омский научный вестник*. – 2020. – №3 (171). – С. 37-41.
3. Татевосян, А.А. Формирование общего подхода к оптимальному проектированию высокотехнологических энергоэффективных электротехнических комплексов на основе тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин/А.А. Татевосян, А.В. Бубнов//*Омский научный вестник*. – 2019. – №6 (168). – С. 46-51.
4. Татевосян, А.А. Методика формирования численного проекционно-сеточного алгоритма на основе «трехмерного регулярного элемента» для расчета 3D-моделей магнитного поля в цилиндрической системе координат для синхронных магнитоэлектрических машин в составе высокотехнологических электротехнических комплексов/ А.А. Татевосян, Е.Г. Андреева //*Омский научный вестник*. – 2019. – №6 (168). – С. 40-45.
5. Татевосян, А.А. Решение задачи оптимального управления магнитоэлектрического привода колебательного движения//*Омский научный вестник*. – 2019. – №4 (166). – С.48-51.
6. Татевосян, А.А. Исследование влияния конструктивных параметров тихоходных синхронных генераторов с постоянными магнитами в составе электротехнических комплексов на их энергетические характеристики//*Электротехнические и информационные комплексы и системы*. – 2019. – №2. – т. 15 – С.15-25.

7. Татевосян, А.А. Выбор оптимальной конструкции, экспериментальное исследование и математическое моделирование магнитного поля низкооборотного синхронного генератора на постоянных магнитах//Омский научный вестник. – 2018. – №6. – С.86-93.

8. Татевосян, А.А. Моделирование магнитного поля синхронного генератора с постоянными магнитами/ А.А. Татевосян, В.С. Мищенко//Омский научный вестник. – 2016. – №4. – С. 90-93.

9. Татевосян, А.А. Расчет индуктированной ЭДС в витке при относительном движении постоянного магнита с различной формой поперечного сечения/ А.А. Татевосян, Б.И. Огорелков, А.С. Татевосян // Омский научный вестник. – 2014. – №3. – С. 179-183.

10. Татевосян, А.А. Исследование моделей магнитных систем открытого типа в комплексах программ ELCUT и ANSYS/ А.А. Татевосян, Е.Г. Андреева, И.А. Семина// Омский научный вестник – 2013. -№2 (120). – С.231-236

11. Татевосян, А.А. Синтез многоконтурной схемы замещения эластомеров.// Электротехнические и информационные комплексы и системы – 2013. – №3. – С.24-31.

12. Татевосян, А.А. Имитационное трехмерное моделирование с помощью программного пакета ANSYS конструкции линейного магнитоэлектрического двигателя/Е.Г. Андреева, А.А. Татевосян // Омский научный вестник. – 2010. – №2. – С.141-144.

13. Татевосян, А.А. Исследование осесимметричной модели магнитной системы открытого типа. //А.А. Татевосян, Е.Г. Андреева, И.А. Семина// Омский научный вестник. – 2010. – №1. – С.110-113.

Статьи, в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК по другим группам научных специальностей:

14. Татевосян, А.А. Экспериментальная оценка характеристик системы «компрессорная ступень–линейный магнитоэлектрический привод / С. С. Бусаров, А. В. Недовенчаный, И. С. Бусаров, А. О. Жуков.//Омский научный вестник. Серия Авиационно- ракетное и энергетического машиностроение Т.5, №2, – 2021, С.59 – 65.

15. Татевосян, А.А. Разработка, моделирование и экспериментальное исследование синхронного генератора с постоянными магнитами/А.А. Татевосян, Е.Г. Андреева // Промышленная энергетика. – 2019. – №4. 15 – С.20-28.

16. Татевосян, А.А. Разработка стенда для испытания синхронных генераторов с постоянными магнитами /А.А. Татевосян, А.С. Татевосян, А.А. Бельский, В.С. Добуш // Промышленная энергетика. – 2019. № 12. – С. 57-62.

17. Татевосян, А.А. Расчет оптимальных параметров электромагнитного привода колебательного движения/А.А. Татевосян, А.С. Татевосян // Известия томского политехнического университета. – 2014. – т. 325, №4. – С.121-133.

18. Tatevosyan, A.A. Determination of conditions for optimal control of a permanent magnet synchronous motor of a single-stage reciprocating compressor for a proposed law of motion for ensuring the maximum efficiency/A.A. Tatevosyan DOI:10.1088/1742-6596/1901/1/012080// Journal of Physics: Conference Series. – 1901 (2021) 012080. – P. 1-7.

19. Tatevosyan, A.A. Characteristics research of a permanent magnet linear synchronous motor driving piston compressor/ A.A. Tatevosyan, D.A. Polyakov, M.A. Kholmov//Proceedings of the 3rd 2021 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2021. 3. 2021. C. 9387980.

20. Tatevosyan, A.A. Research of heat mode of linear permanent magnet motor for Long –Way one stage piston compressor/A.A. Tatevosyan DOI:10.1088/1742-6596/1791/1/012062 // Journal of Physics: Conference Series. –1791 (2021) 012062. – P. 1-6.

21. Tatevosyan, A.A. Calculation And Simulation Of Slow-Moving Linear Magnetolectric Drive Of Single-Stage Piston Compressor/A.A. Tatevosyan, N.V. Zaharova DOI:10.1088/1742-6596/1546/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series. –1546 (2020) 012054. – P. 1-7.

22. Tatevosyan, A.A. Comparative analysis of the magnetolectric drive with linear drives of low-speed single-stage piston units / A. A. Tatevosyan , S. S. Busarov , R. E. Kobyl'skiy, T. A. Zamiralova DOI: 10.1063/5.0027296// AIP Conference Proceedings. – 030064(2020) 2285.

23. Tatevosyan, A.A. Research of the Piston Movement Law Effect on Energy and Dynamic Characteristics of a Single-Stage Compressor Unit with a Linear Magnetolectric Drive / A.A. Tatevosyan, S.S. Busarov, A.V. Nedovenchaniy DOI:10.1063/5.0027290 // AIP Conference Proceedings. – 030066 (2020) 2285.

24. Tatevosyan, A.A. General Approach to Calculation of Magnetic System of Slow-Moving Linear Magneto-Electric Drive as Part of Electrical Complex/ A.A. Tatevosyan, A.V. Bubnov, E.G. Andreeva, A.S. Tatevosyan DOI:10.1088/1742-6596/1546/1/012053 // Journal of Physics: Conference Series. –1546 (2020) 012053. – P. 1-7.

25. Tatevosyan, A.A. Mathematical Description of Solution of the Three-Dimensional Boundary Value Problem for the Stationary Magnetic Field in the Cylindrical Coordinate System /A.A. Tatevosyan, E.G. Andreeva DOI:10.1088/1742-6596/1441/1/012016 // Journal of Physics: Conference Series – 1441(2020) 012016. – P.1-7.

26. Tatevosyan, A.S. Experimental method for identifying high-coercive permanent magnets / Tatevosyan, A.S., Tatevosyan, A.A., Pedder, V.V., Zaharova, N.V. doi:10.1088/1742-6596/1260/5/052031// Journal of Physics: Conference Series – 1260(2019) 052031. –P.1-7

27. Tatevosyan, A.S., Tatevosyan, A.A., Zaharova, N.V. Calculation of Non-Stationary Magnetic Field of the Polarized Electromagnet with the External Attracted Anchor/ A.S. Tatevosyan, A.A. Tatevosyan, N.V. Zaharova DOI:10.1088/1742-6596/1050/1/012086 //Journal of Physics:Conference Series.–2018.–№4(166).–P.1-5.

28. Tatevosyan, A.A. Modeling Of Magnetoelectric Drive For The Research Of Rheological Properties Of Elastomers/ A.A. Tatevosyan DOI: 10.1063/1.5051959 //AIP Conference Proceedings, 2018

29. Tatevosyan, A.S. Determination of the Multicircuit Equivalent Parameters for the Linear Electromagnetic Motor with a Massive Anchor by the Non-Stationary Magnetic Field Analysis in Elcut Software/ A.S. Tatevosyan, A.A. Tatevosyan, N.V. Zaharova DO: 10.1109/SIBCON.2017.7998494//2017 International Siberian Conference On Control And Communications (SIBCON): proceedings, Astana, June, 29-30, 2017. – Astana: Kazakhstan, IEEE Russia Siberia Section, 2017.

Монографии

30. Татевосян А. А. Линейный магнитоэлектрический привод: монография /А.А. Татевосян; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 108 с.: ил.

31. Татевосян А. А. Динамика электромагнитов: монография / [А.А. Татевосян и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. – 148 с.: ил.

32. Татевосян А. А. Исследование магнитных и электрических характеристик электротехнических устройств с применением программного обеспечения LabView: учебное пособие [гриф УМО ВУЗов России] / [А.А. Татевосян и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ: Изд-во ОмГТУ, 2014.–88 с.: ил.

Другие издания

33. Татевосян, А.А. Исследование теплового режима тихоходного линейного магнитоэлектрического привода для длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора/ А.А. Татевосян // Динамика систем, механизмов и машин. Т.8, №3. Омск, – 2020. С. 77-80

34. Татевосян, А.А. Сравнительный анализ магнитоэлектрического привода с существующими линейными приводами тихоходных одноступенчатых поршневых агрегатов/А.А. Татевосян, С.С. Бусаров, Т.А. Замиралова// Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. Матер. 10-й Междунар. науч.-техн. конф. Омск, –2020. С. 183-185.

35. Татевосян, А.А. Расчет и проектирование тихоходного синхронного магнитоэлектрического двигателя в составе привода длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора/ А.А. Татевосян// Фёдоровские чтения — 2020: L Междунар. науч.-практ. конф. с элементами науч. шк. – МЭИ, Москва, 2020. С. 294-301.

36. Татевосян, А.А. Методика идентификации опытных образцов постоянных магнитов на примере индуктора магнитоэлектрического привода тихоходного одноступенчатого поршневого компрессора/А.А. Татевосян, А.С. Татевосян, Н.А. Хлянов, А.А. Макарова// Актуальные вопросы энергетики. материалы всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. ОмГТУ, 2020. Т. 2. № 1. С. 84-88.

37. Татевосян, А.С. Математическое моделирование магнитных полей и сил взаимодействия катушек с током и постоянных магнитов: монография/А.С. Татевосян, А.А. Татевосян, Б.И. Огорелков, Н.В. Захарова//Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – 120 с.: ил.

38. Татевосян, А.А. Уравнения магнитного поля для численного исследования магнитоэлектрических машин в электротехническом комплексе / Е. Г. Андреева, А. А. Татевосян// Актуальные проблемы современной науки : материалы VIII Регион. науч.-практ. конф. с междунар. участием, ОмГТУ. – Омск, –2019. – С. 64–68.

39. Татевосян, А.С. Разработка стенда и методики идентификации постоянных магнитов. // Актуальные вопросы энергетики /А.С. Татевосян, А.А., Татевосян, Н.В. Захарова, Н.Д. Буряков//Актуальные вопросы энергетики: материалы всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. ОмГТУ, – Омск, –2018. С. 287-293.

40. Татевосян, А.А. Использование высококоэрцитивных постоянных магнитов в магнитоэлектрических машинах и классификация машин/А.А. Татевосян, Е.Г. Андреева// Актуальные проблемы современной науки. Материалы VII Рег. Науч.-практ. конф. с междунар. участием. Минобрнауки России, ОмГТУ, –2018. С. 123-126.

41. Татевосян, А.А., Метод исследования реологических свойств эластомеров на основе синтеза многоконтурной схемы замещения опытного образца/А.А. Татевосян, А.С. Татевосян // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 7-й Междунар. науч.-техн. конф., ОмГТУ – Омск, –2017, С.14-15.

42. Татевосян, А.А. Конструкция и моделирование бесколлекторного синхронного генератора с постоянными магнитами / А.А. Татевосян, В.В. Фокина// Россия молодая: передовые технологии - в промышленность. – 2015. – № 1. – С. 275–278.

43. Татевосян, А.А. Исследование индуктированной электродвижущей силы в обмотке магнитоэлектрического генератора/А.А. Татевосян, А.С. Татевосян, В.В. Фокина// Электротехника, электротехнология, энергетика : сб. науч. тр. VII Междунар. науч. конф. молодых ученых. – Новосибирск: НГТУ – 2015. – Ч. I. – С. 67–71.

44. Татевосян, А.А. Моделирование осесимметричного магнитного поля линейного магнитоэлектрического двигателя/А.А. Татевосян, А.Ю. Самохвалова// Энергоэффективность и экономика: тематический сборник научных трудов. -Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. -С. 177-183.

45. Татевосян, А.А. Исследование магнитного поля системы открытого типа с использованием комплексов программ ELCUT и ANSYS/А.А. Татевосян, И.А. Семина // Россия молодая: передовые технологии - в промышленность: материалы IV Всерос. молодежной науч. -техн. конф. с междунар. участием, 15-17 ноября, 2011 в 2 кн. - Омск: ОмГТУ, 2011.-С. 120-127.

Патенты и свидетельства отраслевой регистрации
Патенты

46. Пат. №2743072 РФ. МПК. G01N 24/08 (2006.01) Способ и устройство идентификации постоянных магнитов по объемной намагниченности/ А.А.Татевосян, А.С. Татевосян. Заявка №2020120695; Оpubл. 15.02.2021, Бюл. №5. – 2 с.: ил.

47. Пат. №2720882 РФ. МПК. H02K 41/03 (2006.01) Электротехнический комплекс поршневого компрессора на основе линейной магнитоэлектрической машины /А.А.Татевосян, С.С. Бусаров, С.С. Сиромеха. Заявка №2019127825; Оpubл. 13.05.2020, Бюл. №14. – 12 с.: ил.

48. Пат. №2718641 РФ. МПК. G01N 24/08 (2006.01) Способ и устройство идентификации постоянных магнитов по объемной намагниченности/ А.А.Татевосян. Заявка №2019127858; Оpubл. 10.04.2020, Бюл. №10. – 10 с.: ил.

49. Пат. №2707559 РФ. МПК H02K21/14 (2006.01). Линейная магнитоэлектрическая машина/ А.А.Татевосян, С.С. Сиромеха, С.С. Бусаров Заявка №2019117544 Оpubл. 28.11.2019, Бюл. №34. – 12 с.: ил.

50. Пат. №2693011 РФ. МПК H02K21/14 (2006.01). Бесколлекторный синхронный генератор модульного типа с постоянными магнитами/ А.А.Татевосян. Заявка №2018146967; Оpubл. 01.07.2019, Бюл. №19. – 12 с.: ил.

51. Пат. №2687964 РФ. МПК H02K21/14 (2006.01). Бесколлекторный синхронный генератор с постоянными магнитами / А.А.Татевосян, А.С. Татевосян. Заявка №2018136868; Оpubл. 17.05.2019, Бюл. №14. – 9 с.: ил.

52. Пат. №2667661 РФ. МПК H02K23/26 (2006.01). Способ изготовления усовершенствованной магнитоэлектрической машины/А.А. Татевосян. Заявка №2017136935; Оpubл. 24.09.2018, Бюл. №27. – 13 с.: ил.

53. Пат. №2660945 РФ. МПК H02K3/12 (2006.01). Магнитоэлектрическая машина/ А.А.Татевосян, А.С. Корнев. Заявка №2016147632; Оpubл. 11.07.2018, Бюл. №20. – 14 с.: ил.

54. Пат. №2632817 РФ. МПК H02K 23/00 (2006.01).Способ получения повышенного выходного напряжения /А.А. Татевосян. Заявка №2016118977; Оpubл. 10.10.2017, Бюл.№28.–8 с.: ил.

55. Пат. №2604051 РФ. МПК H02K 21/14 (2006.01). Магнитоэлектрическая машина/ А.А.Татевосян, А.С. Татевосян. Заявка №2015140379/07; Оpubл. 10.12.2016, Бюл. №34. – 10 с.: ил.

56. Пат. №2585279 РФ. МПК H02K1/27 (2006.01). Магнитоэлектрическая машина/ А.А. Татевосян, А.С. Татевосян, Б.И. Огорелков. Заявка №2015122572/07; Оpubл. 27.05.2016, Бюл. №15. – 12 с.: ил.

57. Пат. №2565775 РФ. МПК H02K 21/14 (2006.01). Бесколлекторный синхронный генератор с постоянными магнитами/ А.А.Татевосян, А.С. Татевосян. Заявка №2014140005/07; Оpubл. 20.10.2015, Бюл. №29. – 8 с.: ил.

58. Пат. №151437 РФ. МПК H02K23/04 (2006.01). Магнитоэлектрическая машина/ А.А.Татевосян, А.С. Татевосян. Заявка №2014134571/07; Оpubл.10.04.2015, Бюл.№10. – 2 с.:

59. Пат. №2516270 РФ. МПК H02K 21/12 (2006.01). Магнитоэлектрическая машина/ А.А.Татевосян. Заявка №2012138233/07; Оpubл. 20.05.2014, Бюл. №14. – 8 с.: ил.

60. Пат. №116714 РФ. МПК H02K21/24 (2006.01). Магнитоэлектрическая дисковая машина/ А.С.Татевосян, А.А.Татевосян. Заявка №2011153158/07; Оpubл.27.05.2012, Бюл. №15. – 2 с.: ил.

Свидетельства

61. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021660370 Российская Федерация. Расчет оптимальных конструкций тихоходных синхронных магнитоэлектрических генераторов модульного типа в составе электротехнических комплексов по максимуму удаленной мощности: №2021619730; заявл. 25.06.2021, опубл. 25.06.2021/А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

62. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020617967 Российская Федерация. Расчет оптимальных конструкций тихоходных синхронных магнитоэлектрических генераторов с общим цилиндрическим магнитопроводом в составе электротехнических комплексов по критерию максимума КПД: №2020616972; заявл.08.07.2020, опубл. 15.07.2020/А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

63. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020613416 Российская Федерация. Численный расчет магнитного поля осесимметричных конструкций синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов: №2020612340; заявл. 06.03.2020, опубл. 16.03.2020 /А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

64. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2019661236 Российская Федерация. Оптимизация параметров магнитоэлектрического привода колебательного движения: №2019660163; заявл. 20.08.2019, опубл. 23.08.2019/А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

65. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2019614129 Российская Федерация. Оптимизация электромагнитных параметров синхронного генератора модульного типа с постоянными магнитами и определение основных размеров его магнитной системы: заявл. №2019613026, опубл. 01.04.2019/А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

66. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2015612665 ФИПС. Расчет индуктированной электродвижущей силы (ЭДС) синхронного магнитоэлектрического генератора на базе асинхронной электрической машины: заявл. 2014663558, опубл. 20.03.2015 /А.А. Татевосян, Б.И. Огорелков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

67. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2013619811 ФИПС. Расчет оптимальных конструкций магнитных систем магнитоэлектрического привода по исследованию вязкоупругих свойств эластомеров: заявл. №2013617561, опубл. 20.12.2013/А.А. Татевосян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ОмГТУ».

В диссертационной работе не выявлено использование материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненные соискателем лично и/или в соавторстве.

8. Апробация работы

Результаты работы докладывались на семинарах кафедры «Электромеханика и электрические аппараты» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», расширенном семинаре кафедр «Теоретические основы электротехники» и «Электромеханика» кафедр Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», научном семинаре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», научном семинаре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», научном семинаре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на: Международной конференции «Автоматизированный электропривод» 2020 г (АЭП, ICEPDS), г. Санкт-Петербург; Международной конференции «Федоровские чтения» 2019-2020, г. Москва, Международной научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин», 2004-2018 гг., Омск; Всероссийская научно-практическая конференция «Россия молодая: передовые технологии в промышленность», Омск, 2008-2018 гг.; IV Всероссийская научно-практическая конференция «Автоматизированный электропривод и промышленная электроника», Новокузнецк, 2010 г.; Международная научно-практическая конференция «Информационные ресурсы в образовании», Нижневартовск, 2013 г.; III Всероссийская научно-практическая конференция «Культура, наука, образование: проблемы и перспективы», Нижневартовск, 2014 г.; International Siberian conference Control

and Communications, Omsk, Moscow, Astana 2015 -2017 гг.; International Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" : conference proceeding, Omsk, 2015-2018; VII Международная научная конференция молодых ученых, Новосибирск, 2015; VII Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы», Ориенбург, 2014; VI, VII Международная научно-техническая конференция «Техника и технологии нефтехимического и нефтегазового производства», Омск, 2016-2017 гг.; Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2016) : 2nd International conference, Chelyabinsk, 2016; Международная научно практическая конференция «Актуальные вопросы энергетики» Омск, 2016-2019 гг.; VIII Международная молодежная научно-техническая конференция «Энергетика глазами молодежи» Самара, 2017 г.; XIV International Scientific Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE, Новосибирск, 2018 г.; Moscow Work shop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018 – Proceedings, Moscow, 2018 г.; VII Региональной научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной науки», Омск, 2018 г.; II, III Международная научно-техническая конференция «Проблемы машиноведения», Омск, Journal of Physics: Conference Series, 2018-2019 гг.

9. Ценность научных работ соискателя

Ценность работ соискателя определяется полученными в диссертации результатами новых научно обоснованных технических положений, рекомендаций, методик, моделей и алгоритмов расчета, позволяющие определять энергетические показатели тихоходных СМПМ, работающих в двигательном и генераторном режимах на основе разработанных методов оптимизации конструкций их магнитных систем по критерию максимума удельной выходной мощности.

Разработанный программный комплекс, позволяет реализовать алгоритмы расчета конструкции тихоходной СМПМ на предварительном этапе проектирования и дать обоснование базовой конструкции магнитной системы с учетом механических, электромагнитных и тепловых процессов.

Разработанный метод идентификации постоянных магнитов по критерию одинаковой объемной намагниченности позволяет при эксплуатации тихоходной СМПМ снизить биение и вибрацию вала для машин вращательного действия, а также снизить возникающие неравномерное радиальное усилие, действующее на индуктор для тихоходных СМПМ возвратно-поступательного действия.

Особенности предложенных конструктивных схем для тихоходных СМПМ с общим цилиндрическим магнитопроводом позволяют уменьшить момент страгивания, а применением системы управления на основе нейронной сети для СМПМ модульного типа стабилизировать выходное напряжение при сложно

прогнозируемом режиме работы ветроэнергетической установки (скорости ветра и коэффициента загрузки генератора).

Разработаны стенды для испытаний и экспериментальные образцы тихоходных СГПМ с общим цилиндрическим магнитопроводом, СГПМ модульного типа, а также СДПМ возвратно-поступательного движения в составе линейного привода одноступенчатого поршневого компрессора.

Внедрение результатов работы вносит значительный вклад в область разработки тихоходных СМПМ в составе электротехнических комплексов конкретного назначения.

10. Выводы

Диссертация Татевосяна А.А. «Методы проектирования и разработка тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой изложены новые научно обоснованные технические положения и технологические решения, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие страны.

Считать, что в результате выполнения диссертации Татевосяном А.А., внесен существенный вклад в развитие теории создания и совершенствования тихоходных синхронных машин с постоянными магнитами. Целесообразность защиты связана с созданием методов оптимального проектирования тихоходных синхронных машин с постоянными магнитами, основанная на постановке и решении задачи оптимизации электромагнитных параметров с учетом особенностей рабочих процессов в составе электротехнических комплексов, получении уравнений взаимосвязи конструктивных параметров с энергетическими показателями работы, доставляющей максимум (КПД электромеханического преобразователя, электромагнитного усилия, удельной выходной мощности), а также уточнении статических и динамических характеристик построением и исследованием полных математических моделей СМПМ с использованием методов конечно-элементного анализа магнитных полей.

Работа соответствует критериям п.9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Тема диссертационной работы полностью соответствует специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Диссертация Татевосяна Андрея Александровича, выполненная на тему «Методы проектирования и разработка тихоходных синхронных магнитоэлектрических машин в составе электротехнических комплексов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Электрическая техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

Присутствовало на заседании 15 человек, из них докторов технических наук – 8, кандидатов технических наук – 7. Результаты голосования: за – 14 чел., против – 1 чел., воздержалось – 0 чел., протокол № 3 от 05.10.2021.

Заведующий кафедрой
«Электрическая техника»
ФГБОУ ВО «Омский государственный
технический университет»,
доктор технических наук, профессор Тю Бубнов Алексей Владимирович

Секретарь кафедры
«Электрическая техника»  Рысев Дмитрий Валерьевич