

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.01.02
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК**

от «13» октября 2021 г. № 9

о присуждении Вавилову Вячеславу Евгеньевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методология создания систем генерирования электроэнергии летательных аппаратов с магнитоэлектрическими преобразователями энергии» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.01.02 «09» июля 2021 г. протокол № 8.

Соискатель, Вавилов Вячеслав Евгеньевич, 1988 года рождения,

диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Гибридные магнитные подшипники и их системы управления (Исследования и разработка)» защитил в 2013 г. в диссертационном совете, созданном на базе Уфимского государственного авиационного технического университета;

в 2018 г. окончил докторантуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы;

работает в должности заведующего кафедрой «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Исмагилов Флюр Рашитович, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», кафедра электромеханики, профессор.

Официальные оппоненты:

Казаков Юрий Борисович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново, кафедра электромеханики, профессор;

Анучин Алексей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, кафедра автоматизированного электропривода, заведующий кафедрой;

Зубков Юрий Валентинович – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, кафедра электромеханики и автомобильного электрооборудования, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 494 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 135 научных работ, из них 58 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 38 статей в изданиях, индексируемых в БД Scopus и Web of Science, в том числе 7 работ в изданиях с рейтингом Q1; 4 монографии; 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ; 46 патентов РФ на изобретение; 12 патентов РФ на полезную модель. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 66,73 п.л., из них авторских – 22,31 п.л.

Список основных публикаций по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ

1. **Исмагилов, Ф.Р.** О выборе технологии изготовления статора мелкосерийных и опытных электромеханических преобразователей энергии с учетом магнитных потерь / Ф.Р. Исмагилов, Н.Ю. Львов., В.Е. Вавилов, Т.А. Львовский, В.И. Бекузин // Электричество. – 2019. – № 4. – С. 44–50. (0,438 п. л./0,088 п. л.)

2. **Исмагилов, Ф.Р.** Эффективные топологии беспазовой высокоскоростной электрической машины для аэрокосмической отрасли / Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, В.И. Бекузин, В.В. Айгузина // Электротехника. – 2019. – № 4. – С. 19–24. (0,375 п. л./0,094 п. л.)

3. **Исмагилов, Ф.Р.** Оптимизация высокотемпературного стартер-генератора обращенной конструкции для летательных аппаратов / Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов // Электротехника. – 2019. – № 5. – С. 39–44. (0,375 п. л./0,188 п. л.)

4. **Ismagilov F. R.** Multidisciplinary Design of Ultra-High Speed Electric Machines / F. R. Ismagilov, N. Uzhegov, Vavilov V. E., V. I. Kuzin, V. V. Aiguzina // IEEE

Transactions on Energy Conversion. – 2018. – Vol. 33, № 3. – P. 1203–1212. (0,625 п. л./0,125 п. л.) (Scopus, WoS)

5. **Ismagilov F. R.** Experimental studies of the high-temperature starter-generator for aircraft engine / R. Ismagilov, Vavilov V. E., R. D. Karimov, I. I. Yamalov, N. G. Tarasov // Engineering Letters. – 2018. – Vol. 26. – № 1. – P. 128-135. (0,5 п. л./0,1 п. л.) (Scopus, WoS)

6. **Ismagilov F. R.** High-voltage generator with constant magnets and toroidal winding for intermitted mode of operation / F. R. Ismagilov, V. E. Vavilov, I. H. Khairullin, R. D. Karimov // International Review of Aerospace Engineering. – 2018. – Vol. – 11. – № 1. – P. 39-47. (0,563 п. л./0,141 п. л.) (Scopus)

7. **Киселев, М.А.** Интеллектуальный стартер-генератор для системы электроснабжения летательного аппарата с повышенным постоянным напряжением / М.А. Киселев, Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, Д.Ю. Пашали, Н.Л. Бабикова // Электротехника. – 2018. – № 1. – С. 3–7. (0,313 п. л./0,063 п. л.)

8. **Исмагилов, Ф.Р.** Высокооборотный магнитоэлектрический генератор повышенной мощности / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, В.Е. Вавилов // Электротехника. – 2018. – № 6. – С. 51–56. (0,375 п. л./0,125 п. л.)

9. **Ismagilov F. R.** Three-dimensional armature reaction magnetic field in magnetoelectric generators / F. R. Ismagilov, V. E. Vavilov, I. H. Khairullin, V. V. Aiguzina // International Review of Electrical Engineering. – 2017. – Vol. 12. – № 4. – P. 296-302. (0,438 п. л./0,11 п. л.) (Scopus)

10. **Ismagilov F. R.** Increasing energy parameters of high-speed magneto-electric generator for autonomous objects / F. R. Ismagilov, I. H. Khairullin, V. E. Vavilov, V. I. Bekuzin, V. V. Aiguzina // International Review of Aerospace Engineering. – 2017. – Vol. 10. – № 2. – P. 74-80. (0,438 п. л./0,088 п. л.) (Scopus)

11. **Вавилов, В.Е.** К вопросу проектирования гибридных магнитных подшипников // Известия высших учебных заведений / В. Е. Вавилов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2017. – Т. 60, № 4. – С. 19–25. (0,438 п. л.)

12. **Исмагилов, Ф.Р.** Исследование магнитных систем ротора высокоскоростных электромеханических преобразователей энергии / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, В.Е. Вавилов, Е.А. Полихач // Электротехника. – 2016. – № 4. – С. 16–20. (0,313 п. л./0,078 п. л.)

Патенты и свидетельства о госрегистрации программ для ЭВМ:

13. Способ и устройство монтажа ротора в статор электрической машины: пат. 2688186 Рос. Федерация: МПК H02K 15/00 (2006.01) / Исмагилов Ф.Р., Вавилов

В.Е., Бекузин В.И., Веселов А.М.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2017145007; заявл. 20.12.2017; опубл. 18.04.2019, Бюл. № 11.

14. Магнитопровод статора электромеханических преобразователей энергии: пат. 2685420 Рос. Федерация: МПК H02K 1/14, H02K 1/20 / Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Вавилов В.Е., Минияров А.Х., Каримов Р.Д.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2018130172; заявл. 20.08.2018; опубл. 21.05.2019, Бюл. № 15.

15. Устройство защиты от короткого замыкания магнитоэлектрического генератора: пат. 2691735 Рос. Федерация: МПК H02K 1/14 / Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Бекузин В.И.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2018133044; заявл. 17.09.2018; опубл. 18.06.2019, Бюл. № 17.

16. Электродвигатель с внешним ротором и системой охлаждения статора: пат. 2697511 Рос. Федерация: МПК H02K 1/20, H02K 5/20, H02K 9/19 / Гуревич О.С., Гулиенко А.И., Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Бекузин В.И.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2018144045; заявл. 12.12.2018; опубл. 15.08.2019, Бюл. № 23.

17. Способ вихретокового контроля целостности бандажных оболочек роторов: пат. 2698557 Рос. Федерация: МПК G01N 27/90 / Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Саяхов И.Ф., Веселов А.М.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2019103201; заявл. 05.02.2019; опубл. 28.08.2019, Бюл. № 25.

18. Способ управления системой защиты магнитоэлектрического генератора от короткого замыкания: пат. 2644586 Рос. Федерация: H02H 7/06 / Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Тарасов Н.Г.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». – № 2017115301; заявл. 28.04.2017; опубл. 13.02.2018, Бюл. № 5.

Монографии

19. Исмагилов, Ф.Р. Основы проектирования высокооборотных электромеханических преобразователей энергии с высококоэрцитивными постоянными магнитами: монография / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, В.Е. Вавилов – М.: Инновационное машиностроение, 2016. – 223 с. (13,94 п. л./ 4,65 п. л.)

20. Bolvashenkov I. Fault-Tolerant Traction Electric Drives: Reliability, Topologies and Components Design / Bolvashenkov I., Herzog H.-G., Ismagilov F., Vavilov V., Khvatskin L., Frenkel I., Lisnianski A. Springer, Singapore, 2019. – 107 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-9275-7>. (6,68 п. л./0,95 п. л.)

21. Исмагилов, Ф.Р. Сверхвысокооборотные электромеханические системы: монография / Ф.Р. Исмагилов, И.Х. Хайруллин, В.Е. Вавилов, В.В. Айгузина – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 193 с. (12,06 п. л./3,01 п. л.)

22. Исмагилов, Ф.Р. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы для перспективных электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов: монография / Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, В.И. Бекузин. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 193 с. (12,06 п. л./4,02 п. л.)

На автореферат и диссертацию поступили отзывы:

1. **Хакимьянова Марата Ильгизовича**, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа. Содержит замечания, связанные с методом защиты электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ) от витковых коротких замыканий.

2. **Красовского Александра Борисовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой ФН-7, и **Васюкова Сергея Александровича**, доктора технических наук, профессора кафедры ФН-7 ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», г. Москва. Содержит замечания, связанные с линеаризацией допущений, и замечания об отсутствии допущений аксиальной составляющей напряженности магнитного поля в торцевых поверхностях ротора.

3. **Павленко Александра Валентиновича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика и электрические аппараты» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск. Содержит замечание, связанное с

недостаточным пояснением предложенного способа защиты электрической машины от коротких замыканий.

4. **Неймана Владимира Юрьевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск. Содержит замечания, связанные с механическими потерями, учитываемыми при составлении математической модели ЭМПЭ.

5. **Власова Андрея Ивановича**, кандидата технических наук, генерального директора – главного конструктора, **Опалева Юрия Геннадьевича**, кандидата технических наук, ведущего конструктора – руководителя проекта (отдел 04), и **Панихина Михаила Викторовича**, кандидата технических наук, инженера-конструктора 1 категории конструкторского бюро расчетного конструкторского отдела (отдел 03) АО «Электропривод», г. Киров. Содержит замечания, связанные с оценкой показателей надежности при многокритериальной совместной оптимизации характеристик и геометрических размеров агрегатов, входящих в системы генерирования электроэнергии (СГЭ) летательных аппаратов (ЛА).

6. **Стрижкова Игоря Григорьевича**, доктора технических наук, профессора кафедры «Электрические машины и электропривод», и **Курченко Николая Юрьевича**, кандидата технических наук, доцента кафедры «Электрические машины и электропривод» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», г. Краснодар. Содержит замечания, связанные с нерациональным использованием объема автореферата.

7. **Ганджи Сергея Анатольевича**, доктора технических наук, заведующего кафедрой «Теоретические основы электротехники» Энергетического направления Политехнического института ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск. Содержит замечания, связанные с оптимизацией системы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью и широкой известностью в области электромеханики и электрических машин, что

подтверждается публикациями в рецензируемых российских и международных научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения в области систем генерирования электроэнергии летательных аппаратов с магнитоэлектрическими преобразователями энергии, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие авиационной промышленности страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку, наиболее значимые из которых:

1. Предложена методология создания систем генерирования электроэнергии (СГЭ) летательных аппаратов (ЛА), отличающаяся от известных тем, что учитывает взаимозависимости тепловых, электромагнитных полей агрегатов СГЭ ЛА, возможность совместной комплексной оптимизации характеристик агрегатов СГЭ ЛА и позволяет выполнять процесс многодисциплинарного проектирования СГЭ ЛА на основе электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ) с высококоэрцитивными постоянными магнитами (ВПМ) при минимальных временных и материальных затратах.

2. Предложена обобщенная математическая модель, описывающая процессы в ЭМПЭ с ВПМ как основного элемента СГЭ ЛА в установившихся и переходных режимах, отличающаяся тем, что учитывает взаимовлияние тепловых, механических и электромагнитных процессов, а также процессов в подшипниковых узлах и влияние эксцентриситета ротора на параметры ЭМПЭ с ВПМ.

3. Предложен метод, позволяющий минимизировать последствия витковых замыканий ЭМПЭ с ВПМ, и методика компьютерного моделирования процессов при различных видах коротких замыканий (в том числе витковых) с учетом механических процессов.

4. Предложена методика исследования магнитного поля реакции якоря в программном комплексе Ansys совместно с регулятором напряжения, снижающая временные затраты при компьютерном моделировании ЭМПЭ с ВПМ.

5. Предложен алгоритм расчета потерь в стали при частотах более 400 Гц и алгоритм выбора материалов и расчета геометрических размеров ЭМПЭ, трансформаторно-выпрямительных устройств нового поколения, новый способ изготовления магнитопровода статора ЭМПЭ из аморфного железа.

6. Доказано, что применение подмагничивания участков магнитопровода статора позволяет осуществлять регулирование напряжения в диапазоне до 50% от номинального, а не как считалось ранее – до 20%.

7. Предложены новые способы управления положением ротора в бесконтактных подшипниковых опорах и диагностики технического состояния, защищенные 6 патентами РФ на способы управления и диагностики. Разработанные способы позволяют повысить точность и быстродействие систем управления положением ротора в бесконтактных подшипниковых опорах при одновременной минимизации их стоимости.

Результаты исследования вносят весомый вклад в развитие теории и практики систем генерирования летательных аппаратов. Разработанная методология проектирования, математические и компьютерные модели используются в организациях, ведущих разработку, производство и обслуживание ЭМП с ВПМ в составе СГЭ, а также в учебных программах образовательных учреждений, занимающихся подготовкой специалистов-электромехаников, что подтверждено актами использования результатов работы.

Результаты исследования подтверждены практикой использования предлагаемых решений при расчете и конструировании, создании, выполнении специальных испытаний и внедрении разработанных электромеханических преобразователей энергии и систем генерирования на их основе на предприятиях АО «УАПО» (г. Уфа), АО «ОКБ Кристалл» (г. Москва), АО «УНПП «Молния» (г. Уфа), ФГУП «ЦИАМ» (г. Москва), ООО «АльфаГидро» (г. Санкт-Петербург), ООО «Эрга» (г. Калуга), АО «УППО» (г. Уфа), ФГБОУ ВО «УГАТУ» (г. Уфа). Создано

не менее 10 действующих систем генерирования для самолетов Як-40ЛЛ, Ту 204/214, вертолета Ми-8, авиационного двигателя ПД-35 и др.

На заседании 13 октября 2021 г. диссертационный совет УрФУ 05.01.02 принял решение присудить Вавилову В.Е. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 05.01.02 в количестве 10 человек, в том числе 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

УрФУ 05.01.02

Сарапулов Федор Никитич

Ученый секретарь

диссертационного совета

УрФУ 05.01.02

Фризен Василий Эдуардович

13.10.2021 г.