

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по инновационной
деятельности ФГБОУ ВО

«Уфимский университет науки и
технологий»

канд. тех. наук, доцент

Г.К. Агеев

09 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

Диссертация «Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов» выполнена на кафедре электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Меднов Антон Александрович работал в Передовой инженерной школе «Моторы будущего» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» в должности ведущего инженера-конструктора.

В 2016г. окончил ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы», а в 2020г. очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», по специальности 05.09.03. «Электротехнические комплексы и системы».

Справка со сведениями о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022г. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Рогинская Любовь Эммануиловна, главный научный сотрудник Передовой инженерной школы «Моторы будущего» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Диссертация Меднова Антона Александровича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей п.9 Положения о присуждении ученых степеней, в которой содержатся научно обоснованные решения и разработки в области источников питания электротехнологических установок, включающих индукционный нагрев, позволяющие осуществить согласование их с сетью и нагрузкой и повысить энергоэффективность в случае каскадного соединения многофункциональных трансформаторов и полупроводниковых преобразователей. Решения и разработки, полученные в рамках диссертационной работы, имеют существенное значение для дальнейшего развития науки и техники в области источников питания электротехнологических установок, включающих индукционный нагрев.

2. В опубликованных работах соискателем получены результаты:

В работах, выполненных в соавторстве и единолично, соискателю принадлежит: в [1,19,20,43,46,47,49] – анализ перспективных решений в области многофункциональных трансформаторов и источников питания электротехнологических установок, включающих индукционный нагрев; в [2,4-11,29-31,42] – изготовление экспериментального образца и его испытание; в [3,12,18,33,34,37,46,48] – разработана математическая модель намагничивания магнитной системы многофункциональных трансформаторов; в [4,17,18] – выполнен обзор перспективных магнитных материалов; в [20-22,28,36,44] – выполнено компьютерное и имитационное моделирование; в [13-16,18,23-27,32,35,38-41,45] выполнены расчеты трансформаторов и элементов преобразователя частоты.

3. Достоверность полученных результатов и выводов основана на применении методов аналитического решения систем уравнений, решении задач методом имитационного моделирования, расчетах, проведенных методом конечных элементов; проведена верификация основных теоретических положений и авторских результатов компьютерного моделирования с результатами проведенных экспериментальных исследований.

4. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены схемные решения, улучшающие функциональное состояние полупроводниковых инвертирующих модулей источника питания ЭТУИН за счет снижения коммутационной нагрузки и эффективного регулирования его входных параметров.

2. Сформированы уникальные технические решения выпрямительных трансформаторов (трансформатор с гибридной магнитной системой, трансформатор с минимальным потоком рассеяния, трансформатор с вращающимся магнитным полем) и их имитационные модели, отличающиеся повышенными показателями эффективности преобразования электроэнергии.

3. Разработаны и исследованы математическая и имитационная модели магнитной системы многофункционального трансформатора, отличающиеся методом их формирования.

4. Сформирована методика расчета обмоток трансформатора, отличающаяся получением минимальных значений потоков рассеяния в трансформаторе.

5. Сформулирована методика проектирования гибридных магнитных систем входных многообмоточных выпрямительных трансформаторов, отличающаяся подходом к определению соотношения магнитных материалов.

6. Подтверждена возможность применения гибридных магнитных систем в трансформаторах с целью улучшения их энергетических свойств.

7. Подтверждена возможность повышения энергетической эффективности и энергоемкости гибридной магнитной системы за счет регулирования напряженности магнитного поля в магнитной цепи входного многообмоточного выпрямительного трансформатора.

5. Практическая значимость заключается в следующем:

1. Разработанные технические решения позволяют повысить КПД источника питания, обеспечивая простоту регулирования его входных и выходных параметров.

2. Математические и имитационные модели позволяют осуществлять синтез ключевых параметров многофункционального трансформатора и его магнитной системы, в частности.

3. Разработанные методики расчета обмоток трансформатора и расчета гибридной магнитной системы могут быть применены в процессе инженерного проектирования.

4. Результаты разработок и исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «УГАТУ» и на предприятии АО УНПП «Молния» г. Уфа.

6. Ценность научных работ заключается в том, что:

Результаты разработок и проведенных исследований решают научные и практические задачи в части совершенствования технических характеристик источников питания электротехнологических установок, включающих индукционный нагрев для улучшения согласования его с сетью и нагрузкой и повышения энергоэффективности для случая каскадного соединения многофункциональных трансформаторов и полупроводниковых преобразователей.

7. Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы, при этом работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

п. 1. «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования.»;

п.3. «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка

алгоритмов эффективного управления.».

Отрасль науки – технические науки, поскольку приведенные результаты исследований дают существенный технический эффект при использовании и внедрении.

8. Полнота изложения материалов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы 49 работах, среди которых 3 в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI, 14 статей в изданиях, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, 27 статей в других изданиях. Получено 3 патента на полезную модель и 2 патента на изобретение. В числе опубликованных работ 5 печатных трудов написаны Медновым А.А. без соавторов.

Статьи в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI:

1. Рогинская Л.Э. Исследование работы многофункциональных трансформаторов в качестве устройств обеспечения электромагнитной совместимости / Л.Э. Рогинская, А.Р. Латыпов, А.А. Меднов, А.Х. Минияров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2017. № 21. С. 36-48.

2. Исмагилов Ф.Р. Обоснование целесообразности применения аморфной стали в магнитопроводах трансформаторно-выпрямительных устройств летательных аппаратов / Ф.Р. Исмагилов, В.Е. Вавилов, Д.В. Гусаков, А.А. Меднов // Электричество. 2018. № 5. С. 39-44.

3. Рогинская Л.Э. Выбор параметров многофункционального трансформатора / Л.Э. Рогинская, А.Р. Латыпов, А.А. Меднов // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2019. № 1. С. 61-68.

Публикации в отечественных журналах из перечня изданий ВАК, включенных в международные базы Web of Science, Scopus:

4. Вавилов В.Е. Исследование 18-пульсного трансформаторно-выпрямительного устройства с магнитопроводом из аморфной стали / В.Е. Вавилов, Д.В. Гусаков, И.И. Ямалов, Д.Р. Фаррахов, А.А. Меднов, А.Х. Минияров // Электротехника. 2020. № 2. С. 31-34.

5. Vavilov V.E. Study of a 18-pulse transformer–rectifier unit with an amorphous steel magnetic core / V.E. Vavilov, D.V. Gusakov, I.I. Yamalov, D.R. Farrakhov, A.A. Mednov, A.K. Miniyarov // Russian Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 91. – Issue 2. – PP. 104-107.

6. Жеребцов, А.А. Исследования электромагнитных характеристик кольцевых образцов магнитной фазы двухфазного магнитного материала на основе железокобальтовой стали / А.А. Жеребцов, А.В. Асылбаев, А.А. Меднов // Электротехника. – 2022. – № 12. – С. 23-25.

7. Zherebtsov, A.A. Studying the Electromagnetic Properties of Ring Specimens of the Magnetic phase of a dual-phase magnetic material based on iron–

cobalt steel / A.A. Zherebtsov, A.A. Mednov, A.V. Asylbaev // Russian Electrical Engineering. – 2022. – 93(12). – pp. 764-766.

Публикации в изданиях, включенных в международные базы Web of Science, Scopus

8. Ismagilov F.R. Research of materials for high temperature electromechanical energy converter / A.K. Miniyarov, A.A. Mednov // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 265. – PP. 385-391.

9. Ismagilov F.R. Improving the efficiency of the transformer rectifier unit for the aerospace area / F.R. Ismagilov, V.E. Vavilov, D.V. Gusakov, Z.I. Yalalova, A.A. Mednov // 2017 Progress In Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS). – 2017. – PP.2894-2899. DOI:10.1109/PIERS.2017.8262248:

10. Ismagilov F.R. The impact of amorphous steel on the increase of a transformer rectifier unit efficiency of an aircraft. / F.R. Ismagilov, V.E. Vavilov, D.V. Gusakov, A.A. Mednov // 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – 2017. – PP.1-5. DOI:10.1109/Dynamics.2017.8239457

11. Ismagilov F.R. 18-pulse transformer rectifier unit with an amorphous magnetic core for aircraft / F.R. Ismagilov, V.E. Vavilov, D.V. Gusakov, V.S. Vavilova, A.A. Mednov // International Review of Electrical Engineering. – 2018. – Vol. 13. – Issue 1. – PP. 9-14.

12. Roginskaya L.E. Mathematical model of a multifunctional high-frequency transformer for electrotechnological installation power supplies. / L.E. Roginskaya, A.S. Gorbunov, A.A. Mednov // International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – 2019. PP. 1-4. DOI:10.1109/ICOECS46375.2019.8949886 Conference:

13. Roginskaya, L.E. Installed power of transformers for equivalent multiphase rectification circuits / L.E. Roginskaya, A.A. Mednov, A.S. Gorbunov // Proceedings - ICOECS 2019: 2019 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems – 2019. – pp. 1-7, DOI: 10.1109/ICOECS46375.2019.8949926.

14. Roginskaya L.E. DC power supply based on a rectifying transformer with a rotating magnetic field. / L.E. Roginskaya, A.S. Gorbunov, A.A. Mednov // 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – 2020. – PP.1-4. DOI:10.1109/ICOECS50468.2020.9278438

15. Roginskaya, L.E. Features of the calculation of inductors for heating cylindrical surfaces with an additional conductive medium with a slot / L.E. Roginskaya, A.A. Mednov, A.S. Gorbunov, Z.G. Yalalova // Proceedings - ICOECS 2020: 2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems – 2020. – pp, 1-7 DOI:10.1109/ICOECS50468.2020.9278444

16. Roginskaya, L.E. A method for more accurate calculation of the ring effect in cylindrical inductors for induction heating / L.E. Roginskaya, A.A. Mednov, A.S. Gorbunov, D.V. Gusakov, Z.G. Yalalova // Proceedings - ICOECS 2021: 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. – 2021. – pp. 463-469

17. Ismagilov, F.R. Investigation of an energy converter with an amorphous alloy magnetic core for a 270 v generation channel of an aircraft, taking into account

climatic, vibration and electromagnetic conditions / F.R. Ismagilov, V.E. Vavilov, D.V. Gusakov, A.A. Mednov I.Garipov, I. Kuznetsov // Proceedings - ICOECS 2021: 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. – 2021– pp. 624-628.

18. Roginskaya L.E. Hybrid magnetic systems as a way to obtain required magnetic properties. / L.E. Roginskaya, A.S. Gorbunov, A.A. Mednov, D.V. Gusakov // 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – 2021. – PP. 245-248. DOI:10.1109/ICOECS52783.2021.9657429

19. Mednov A.A. Transformer development trend / M.Yu. Yanturaev, A.A. Mednov, I.Kuznetsov, A.I. Zaiko, D.V. Gusakov, S. Voronin // 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – 2021. – PP.446-448. DOI:10.1109/ICOECS52783.2021.9657435

Патенты:

20. Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Меднов А.А. Обмотка трансформатора Патент на полезную модель №194636 U1 H01F 30/04 (2006.01) H01F 5/04 (2006.01). заявл.: 14.01.2019г. опубл.: 18.12.2019г.

21. Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Меднов А.А. Преобразователь переменного напряжения в постоянное (варианты) Патент на изобретение №2661890 C1 H02M 7/08 (2006.01). заявл.:24.04.2017г. опубл.: 20.07.2018г.

22. Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Меднов А.А. Многопульсное выпрямительное устройство Патент на полезную модель №184790 U1 H02M 1/14 (2006.01) G05F 1/30 (2006.01) H02M 7/162 (2006.01) H02M 7/17 (2006.01). заявл.:13.06.2018г. опубл.: 09.11.2018г.

23. Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Вавилов В.Е., Гусаков Д.В., Минияров А.Х., Меднов А.А. Магнитопровод трансформатора (варианты) Патент на изобретение №2656861 C1 от 07.06.2018г.

24. Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Меднов А.А. Трансформатор с вращающимся магнитным полем Патент на полезную модель №198492 U1, заявл.: № 2020100554 от 09.01.2020, опубл.: 13.07.2020г.

Статьи в других изданиях:

25. Меднов А.А. Оценка технического уровня многофункциональных трансформаторов с магнитопроводами из аморфных сталей / А.А.Меднов // Актуальные вопросы энергетики. Материалы 5-й Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной профессиональному празднику "День энергетика". Ответственный редактор О.А. Пустовая. 2017. С. 45-50.

26. Меднов А.А. Трансформаторы с гибридной конструкцией магнитопровода для систем электроснабжения / А.А. Меднов // Гагаринские чтения - 2018. Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодёжной научной конференции. 2018. С. 310.

27. Меднов А.А. Исследование выпрямительного трансформатора с магнитопроводом из аморфного железа / А.Х. Минияров, А.А. Меднов //

Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2017. С. 50-53.

28. Меднов А.А. Имитационное моделирование электромагнитных процессов в двенадцатипульсном преобразователе / А.Х. Минияров, А.А. Меднов // Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2017. С. 58-61.

29. Mednov A.A. Comparative analysis of transformers for transformer-rectifier devices of flying apparatus / A.A. Mednov, A.Kh. Miniyarov // Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2017. С. 122-124.

30. Вавилов В.Е. Выпрямительный трансформатор с магнитопроводом из аморфной стали / В.Е. Вавилов, Д.В. Гусаков, А.А. Меднов // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2017. № 1 (16). С. 107-111.

31. Рогинская Л.Э. Улучшение технико-экономических показателей выпрямительных преобразовательных устройств в полупроводниковых источниках питания / Л.Э. Рогинская, А.С. Горбунов, А.А. Меднов // Электротехнические комплексы и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 58-62.

32. Рогинская Л.Э. Источник питания постоянного тока с 24-кратной пульсацией выпрямленного напряжения / Л.Э. Рогинская, А.С. Горбунов, А.А. Меднов // Электротехнические комплексы и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 65-67.

33. Меднов А.А. Определение характеристик высокочастотного многофункционального трансформатора / А.А. Меднов, А.Х. Минияров // Тинчуринские чтения. Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции: В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. 2018. С. 82-85.

34. Рогинская Л.Э. Процесс намагничивания гибридного ферромагнитного модуля / Л.Э. Рогинская, А.С. Горбунов, А.А. Меднов // Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 295-299.

35. Рогинская Л.Э. Способ повышения энергоэффективности выпрямительного трансформатора / Л.Э. Рогинская, А.С. Горбунов, А.А. Меднов // Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 299-303.

36. Рогинская Л.Э. Внешняя характеристика многофазных выпрямителей для электротехнологии / Л.Э. Рогинская, А.А. Меднов // Завалишинские чтения 20. Сборник докладов. 2020. С. 265-268.

37. Каримов Р.Д. Магнитополупроводниковые умножители частоты как направление повышения эффективности работы источников питания / Р.Д. Каримов, А.С. Горбунов, А.А. Меднов // Вопросы технических и физико-

математических наук в свете современных исследований. сборник статей по материалам XXXIV международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2020. С. 62-66.

38. Меднов А.А. Преобразователи частоты для электротехнологических процессов, включающих индукционный нагрев / Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Меднов А.А. // Интеллектуальная электротехника. 2021. № 2 (14). С. 72-82.

39. Меднов А.А. Аналитическое определение оптимальных соотношений материалов гибридных магнитных систем / А.А. Меднов, И.Ф. Саяхов, А.Х. Минияров // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте (ИИТМА-2020). сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с онлайн-участием. Кемерово, 2020. С. 336-338.

40. Меднов А.А. Трансформатор для трансформаторно-выпрямительных устройств нового поколения / А.А. Меднов // Гагаринские чтения - 2020. Сборник тезисов докладов. 2020. С. 569-570.

41. Меднов А.А. Выпрямительный трансформатор с минимальным потоком рассеяния / А.А. Меднов // Гагаринские чтения - 2019. Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 465-466.

42. Рогинская Л. Э. Применение аморфных сплавов для улучшения энергетических показателей высокочастотных ферромагнитных модулей /, Л. Э. Рогинская А. С. Горбунов, А. А. Меднов // Архивариус. 2016. №9 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-amorfnyh-splavov-dlya-uluchsheniya-ener-geticheskikh-pokazateley-vysokochastotnyh-ferromagnitnyh-moduley> (дата обращения: 30.01.2021).

43. Меднов А. А. Расширение частотного диапазона при каскадном соединении полупроводникового умножителя частоты и многофункционального трансформатора / А.А. Меднов, А.Х. Минияров // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов Межвузовский сборник научных трудов (с международным участием). 2016. – С. 402–405.

44. Каримов Р.Д. Моделирование магнитной системы трансформатора с вращающимся магнитным полем / Р.Д. Каримов, А.А. Меднов // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции в 2-х частях. Саратов, 2020. С. 96-100.

45. Горбунов А.С. Оценка механической прочности магнитных систем трансформаторов / Горбунов А.С., Меднов А.А. // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Д.М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. Кемерово, 2021. С. 72-74.

46. Roginskaya L.E. The Selecting of Multifunctional Transformer Parameters. / L.E. Roginskaya, A.R. Latypov, A.A. Mednov // Vestnik MEI. – 2019. – Vol. 1. – PP. 61-68. DOI:10.24160/1993-6982-2019-1-61-68

47. Roginskaya L.E. External characteristic of multiphase rectifier for electrotechnology. / L.E. Roginskaya, Mednov A.A. // Zavalishensky reading'20. – 2020. – PP. 265-268. DOI:10.31799/978-5-8088-1446-2-2020-15-265-268.

48. Roginskaya L.E. Frequency converters for induction heating electrotechnological processes / L.E. Roginskaya, A.S. Gorbunov, A.A. Mednov // Интеллектуальная электротехника. – 2021. – PP.72-82. DOI:10.46960/2658-6754_2021_2_72

49. Меднов А.А. Тенденции развития трансформаторов / М.Ю. Янтураев, А.А. Меднов // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Д.М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. Кемерово, 2021. С. 179-182.

Диссертация Меднова Антона Александровича соответствует п. 14 Положения о присуждении ученых степеней:

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

- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов» Меднова Антона Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Заключение принято на заседании кафедры электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Присутствовало на заседании 19 человек, в том числе 2 доктора технических наук по научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Результаты голосования: «за» – 19 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 1 от «08 » сентября 2023 г.

Заведующий кафедрой
электромеханики
д.т.н., доцент

В.Е. Вавилов

Ученый секретарь
Ученого совета университета



И.В. Ефименко