

1. Название проекта

Системы стабилизации тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей.

2. Актуальность проекта

Множество электротехнических систем и устройств требуют обеспечения питания неизменным током при изменении в широких пределах сопротивления, подключенных к ним нагрузок. Обеспечить постоянство тока при изменении сопротивления нагрузки и повысить КПД источников электропитания мощных нагрузок позволяют системы стабилизации тока (ССТ) с индуктивно-емкостными преобразователями (ИЕП). Однако, ИЕП на дискретных электромагнитных элементах (ЭМЭ) присущ ряд недостатков. К основным из них относятся большие масса и габариты при работе от промышленной сети, недопустимость работы на холостом ходу без принятия специальных мер, стабилизация тока нагрузки небольшой амплитуды в узком диапазоне изменения сопротивления нагрузки (от 1 до 50 Ом). Выбор данной темы для исследования обоснован необходимостью устранения указанных недостатков.

Одним из технических средств обеспечения улучшения стабилизационных свойств, массогабаритных показателей и показателей надежности ИЕП является функциональная интеграция ЭМЭ. Уменьшить установленную мощность элементов ИЕП, снизить массу и габариты, улучшить стабилизирующие свойства и повысить надежность функционирования ССТ позволяет использование в качестве ИЕП гибридного ЭМЭ, называемого многофункциональным интегрированным электромагнитным компонентом (МИЭК). Научный и практический интерес представляет изучение частотных характеристик МИЭК, исследование стабилизационных свойств и режимов работы ИЕП на их основе при применении в ССТ. Таким образом, исследование и разработка ИЕП на основе МИЭК с улучшенными стабилизирующими свойствами и массогабаритными показателями является актуальной научной задачей.

3. Цель проекта – повышение эффективности индуктивно-емкостных преобразователей (ИЕП) для систем стабилизации тока методами функциональной интеграции электромагнитных элементов.

4. Задачи, решаемые при выполнении гранта:

- исследование на основе созданных математических и компьютерных моделей режимов работы и характеристик разработанных ИЕП;
- разработка методик расчета электрических параметров и показателей надежности гибридных ЭМЭ, выполняющих функцию ИЕП;
- экспериментальные исследования для подтверждения достоверности полученных результатов и адекватности созданных математических моделей.

5. Ожидаемые результаты (количественные, качественные)

Качественные результаты:

Разработка математических моделей ИЕП, новизна которых заключается в использовании интегральных параметров и уточненной схемы замещения МИЭК, учитывающей активное сопротивление и магнитную связь проводящих обкладок МИЭК, для исследования электромагнитных процессов в ИЕП на основе двухсекционной структуры МИЭК.

Создание компьютерных моделей разработанных электротехнологических систем с ИЕП на основе МИЭК. Проведение исследований электромагнитных процессов, происходящих в ИЕП на основе МИЭК.

Разработка математических моделей МИЭК, алгоритма и методики расчета показателей надежности МИЭК. Выбор критериев надежности МИЭК и оценка показателей

надежности различных структур МИЭК с учетом составляющих МИЭК элементов, степени интеграции и выполняемых им функций.

Разработана методики и алгоритма расчета параметров ИЕП на основе МИЭК различного схемотехнического исполнения, работающего в составе мостового инвертора. Алгоритм позволит определить параметры ИЕП с учетом требуемой точности стабилизации тока нагрузки и заданного диапазона изменения сопротивления нагрузки.

Количественные результаты:

В результате выполнения задач планируется в соавторстве с научным руководителем публикация 2 статей в журналах, рекомендованных ВАК, и 4 статей, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science.

Создание макетных образцов МИЭК.

Защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук (ориентировочный срок – декабрь 2018 г.)

6. Краткое описание проекта

Традиционно ССТ применяются в преобразовательной и импульсной технике в системах заряда емкостных накопителей, аккумуляторных батарей, в системах электроснабжения, в электроприводе, для питания устройств электротермии, лазеров, в системах зажигания, светотехнике.

Разработкой и исследованием ИЕП на дискретных ЭМЭ занимаются В. М. Опре, П. А. Кошелев, С. А. Дозоров, А. А. Дозоров, С. В. Парамонов (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)).

Значительный вклад в развитие теории функциональной интеграции ЭМЭ внесли такие ученые и специалисты, как Г. П. Задерей, П. Н. Заика, С. И. Закревский, В. М. Вакуленко, И. В. Пентегов. Задачи проектирования и расчета ИЕП на гибридных ЭМЭ решались в работах, проведенных А. Н. Волковым, И. В. Пентеговым, Л. Р. Слободяном. Вопросы исследования и математического моделирования индуктона в своих трудах отразили как отечественные, так и зарубежные ученые А. Н. Милях, И. В. Волков, С. И. Закревский, В. В. Пшеничный, Б. Е. Кубышин. Кашиным Ю. А. запатентована конструкция декона. Бердников С. В. рассматривал схемы узлов принудительной коммутации тиристоров с обмоткой-емкостью. Созданием электротехнических устройств на основе спиральной полосковой линии занимались В. И. Мельников, С. Г. Конесев, И. Г. Михайлов. В работах С. Г. Конесева разработаны и исследованы базовые структуры многофункционального интегрированного электромагнитного компонента (МИЭК), на основе которых могут быть выполнены перечисленные выше гибридные ЭМЭ.

Однако в отличие от ИЕП на дискретных ЭМЭ, подробно изученных и исследованных, проектирование ИЕП на гибридных ЭМЭ вызывает множество вопросов. В частности, отсутствуют методики расчета ИЕП на гибридных ЭМЭ, недостаточно изучены режимы их работы и возможности создания ИЕП на основе различных структур МИЭК. Таким образом, разработка и исследование режимов работы ИЕП на основе МИЭК для создания ССТ на их базе является актуальной научной задачей.

7. Наличие задела

По результатам аналитического обзора и патентных исследований установлены требования, предъявляемые к ИЕП для ССТ, определены основные параметры и характеристики ИЕП, которые необходимо учитывать при проектировании и разработке ССТ на основе ИЕП. Обосновано применение функциональной интеграции ЭМЭ для разработки ИЕП и показана эффективность параметрических стабилизаторов тока на основе гибридных ИЕП для решения задач стабилизации тока. По результатам анализа гибридных ЭМЭ произведен выбор гибридного ЭМЭ, называемого многофункциональный

интегрированный электромагнитный компонент (МИЭК), для построения ИЕП на основе базовых структур МИЭК.

Разработано и запатентовано техническое решение ИЕП, позволяющее уменьшить массу и габариты устройства, повысить надежность за счет уменьшения числа составных элементов и их глубокой интеграции при обеспечении регулирования резонансной частоты устройства в широких пределах и возможности трансформации электрической энергии. В разработанном ИЕП реализована возможность ограничения резонансных токов и напряжений, в результате чего устройство остается работоспособным в режимах холостого хода (патент РФ на изобретение № 2450413). Разработано и запатентовано новое техническое решение ИЕП, позволяющее расширить функциональные возможности устройства за счет использования двухсекционной структуры МИЭК, способной на основе одного компонента реализовать несколько схем ИЕП с разными параметрами стабилизации (патент РФ на изобретение № 2632412).

Статьи в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *SCOPUS*:

1. Khazieva R.T. The research of stabilization properties of inductive-capacitive converters based on the two-sections hybrid electromagnetic elements / S.G. Konesev, R.T. Khazieva, R.V. Kirillov // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines: X International IEEE Scientific and Technical Conference. Omsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. pp. 1-7. DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7819030.

2. Khazieva R.T. The research of stabilization properties of inductive-capacitive converters which are based on hybrid electromagnetic elements / S.G. Konesev, R.T. Khazieva, R.V. Kirillov, A.A. Konev // Journal of Physics: Conference Series (JPCS), 2017. Volume 803. Number 1. DOI:10.1088/1742-6596/803/1/012076.

3. Khazieva R.T. Multifunctional integrated electromagnetic components work modes in push-pull converters / S.G. Konesev, R.T. Khazieva, R.V. Kirillov // Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. pp. 1-5. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076321.

4. Khazieva R.T. Electromagnetic compatibility of devices on hybrid electromagnetic components / S.G. Konesev, R.T. Khazieva, R.V. Kirillov, I.Z. Gainutdinov, E.Y. Kondratyev // Journal of Physics: Conference Series, 2018. Volume 944, conference 1. Number 012058. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/944/1/012058>.

Статьи в изданиях по перечню ВАК:

5. Хазиева Р.Т. Исследование частотных характеристик двухсекционных многофункциональных интегрированных электромагнитных компонентов / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Р.В. Кириллов // Вестник УГАТУ, 2015. Т. 19.– №4 (70).– С. 66-71.

6. Хазиева Р.Т. Методы оценки показателей надежности сложных компонентов и систем / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Современные проблемы науки и образования: электр. науч. журн., 2015.– №1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17558> (дата обращения: 05.06.2018).

7. Хазиева Р.Т. Методика оценки надежности сложных электромагнитных элементов / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Современные проблемы науки и образования: электр. науч. журн., 2015.– №1. URL: www.science-education.ru/121-17925 (дата обращения: 05.06.2018).

8. Хазиева Р.Т. Оценка показателей надежности многофункциональных интегрированных электромагнитных компонентов / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Современные проблемы науки и образования: электр. науч. журн., 2015.– №1. URL: <http://www.science-education.ru/121-18445> (дата обращения: 05.06.2018).

9. Хазиева Р.Т. Компьютерная модель системы заряда емкостного накопителя на основе индуктивно-емкостного преобразователя / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Р.В. Кириллов, П.А. Хлюпин // Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал, 2015.– №4.– С. 374-390.

10. Хазиева Р.Т. Анализ динамики патентования индуктивно-емкостных преобразователей для систем стабилизации тока / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева //

Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2016.– Т. 12.– №4.– С. 55-61.

11. Хазиева Р.Т. Анализ стабилизационных свойств индуктивно-емкостных преобразователей при различных способах подключения гибридного электромагнитного элемента / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Электротехнические системы и комплексы, 2017.– №1(34).– С. 49-55.

Патенты:

12. Пат. № 117748 РФ, H02M7/162. Устройство заряда емкостного накопителя / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, М.Р. Садилов, Р.В. Кириллов, А.В. Мухаметшин. Заявл. 15.02.2012. Оpubл. 27.06.2012. БИ №18.

13. Пат. № 2450413 РФ, H02M 5/06. Индуктивно-емкостный преобразователь / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, И.С. Конесев, А.Р. Нурлыгаянов. Заявл. 03.12.2010. Оpubл. 10.05.2012. БИ №13.

14. Пат. № 2584137 РФ, H05B 6/10. Способ электротермического воздействия на протяженные трубопроводы и индукционная нагревательная система для его реализации / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Р.В. Кириллов, Э.Ю. Кондратьев, М.Р. Садилов. Заявл. 03.07.2014. Оpubл. 20.05.2016. БИ №14.

15. Пат. № 2632412 РФ, H03K 3/53, H02M 5/06. Индуктивно-емкостный преобразователь / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Т.А. Бочкарева. Заявл. 07.11.2016. Оpubл. 04.10.2017. БИ 28.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

16. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017611392. Расчет коэффициента стабилизации тока нагрузки индуктивно-емкостного преобразователя по частотным характеристикам многофункционального интегрированного электромагнитного компонента / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева. Зарегистрировано 02.02.2017.

17. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017614066. Расчет показателей надежности двухсекционных многофункциональных интегрированных электромагнитных компонентов / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева. Зарегистрировано 06.04.2017.

18. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017619387. Расчет параметров устройства заряда емкостного накопителя на базе индуктивно-емкостного преобразователя / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Т.А. Бочкарева. Зарегистрировано 24.08.2017.

Статьи в других изданиях:

19. Хазиева Р.Т. Анализ патентных исследований в области гибридных электромагнитных элементов // Научное творчество XXI века: сб. тр. VII Междунар. НПК студ., асп. и мол. уч. Красноярск, 2013.– С. 354-361.

20. Хазиева Р.Т. Функциональная интеграция как техническое средство развития электромагнитных элементов / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр. с междунар. уч. Уфа: изд-во УГНТУ, 2014. С. 135-138.

21. Хазиева Р.Т. Анализ энергетических и частотных характеристик многофункциональных интегрированных электромагнитных компонентов / С.Г. Конесев, Р.В. Кириллов, Р.Т. Хазиева // Энергетические и электротехнические системы: сб. науч. тр. Магнитогорск: изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2014. С. 65-75.

22. Хазиева Р.Т. Методы анализа электродинамических процессов в гибридных электромагнитных элементах / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева, Р.В. Кириллов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований: электр. науч. журн., 2015. №8. Часть 5. С. 864-868.

23. Хазиева Р.Т. Система стабилизации тока на основе гибридного электромагнитного элемента // Севергеоэкотех-2016: сб. XVII Междунар. мол. науч. конф. мол. уч. Ухта: изд-во УГТУ, 23-25 марта 2016. Часть 1. С. 79-81.

24. Хазиева Р.Т. Тенденции развития индуктивно-емкостных преобразователей, их основные параметры и характеристики / С.Г. Конесев, Р.Т. Хазиева // Актуальные

вопросы энергетики: сб. науч. тр. Междунар. НПК. Омск: изд-во ОмГТУ, 17 мая 2017. С. 252-255.

8. Возможность практической реализации результатов работы

На основе изученных структур МИЭК разработаны и внедрены на предприятии ООО Научно-инженерный центр «Энергодиагностика» схемотехнические решения электротехнических устройств с высокими удельными энергетическими параметрами, улучшенными удельными массогабаритными показателями и показателями надежности. Результаты научных исследований, проведенных ранее, используются на предприятии ЗАО «Уфа-АвиаГаз» и внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО УГНТУ на кафедре ЭЭП.

Возможно создание лабораторных образцов МИЭК и проведение экспериментального подтверждения адекватности разработанных моделей. Оценка расхождения результатов экспериментов и моделирования.

9. Реальные сроки начала практической реализации результатов выполненного проекта: 29.04.2019.

10. Возможное направление развития проекта

- создание лабораторного стенда по изучению источников питания на основе ИЕП для ССТ.

11. Календарный график выполнения работ

№	Мероприятие	Сроки реализации	Ожидаемые результаты
1.	Исследование на основе созданных математических и компьютерных моделей режимов работы и характеристик разработанных ИЕП	сентябрь - ноябрь 2018 г.	Участие в конференциях. Публикации в сборниках научных статей. Публикации в изданиях, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science.
2.	Разработка методик расчета электрических параметров и показателей надежности гибридных ЭМЭ, выполняющих функцию ИЕП	ноябрь 2018 г.	Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК.
3.	Экспериментальные исследования для подтверждения достоверности полученных результатов и адекватности созданных математических моделей	декабрь 2018 г. – март 2019 г.	Публикации в изданиях, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science. Публикации в сборниках научных статей.

12. Количество исполнителей, привлекаемых к выполнению проекта по гранту 4 (четверо):

к.т.н., доцент кафедры ЭЭП

ст. преп. кафедры ЭЭП

магистрант

студент

Специалисты ИАУ – программисты привлекаться не будут.