



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ТУСУР

кандидат технических наук, доцент
Виктор Михайлович Рулевский

«08» 10 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Диссертация «Многокаскадные модальные фильтры» выполнена на кафедре телевидения и управления (ТУ).

В период подготовки диссертации соискатель Хажобеков Роман Русланович с 16.10.2018 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Хажобеков Р.Р. проходил обучение в 2012–2016 гг. на радиотехническом факультете ТУСУРа по специальности 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». В 2018 г. Р.Р. Хажобеков окончил магистратуру по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по программе «Электромагнитная совместимость в топливно-энергетическом комплексе».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Газизов Тальгат Рашитович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Хажобекова Романа Руслановича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной и актуальной задачи: обеспечения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) с помощью многокаскадных модальных фильтров (МФ).

Актуальность темы

Обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры сегодня актуально, поскольку современная РЭА восприимчива к

влиянию электромагнитных помех (ЭМП). Кроме того, чтобы вывести из строя РЭА или ухудшить её функционирование, используются преднамеренные ЭМП. Одним из опасных преднамеренных воздействий является сверхкороткий импульс (СКИ). Исследования отечественных и зарубежных ученых показали уязвимость РЭА к СКИ. Он занимает широкий спектр, перекрывающий большую часть диапазонов работы РЭА, а из-за его малой длительности, основная энергия генератора расходуется на увеличение амплитуды СКИ, что приводит к значительному повышению напряженности электрического поля. Сильное электрическое поле приводит к пробоем полупроводниковых приборов и конденсаторов в помехоподавляющих фильтрах. При этом время срабатывания варисторов и разрядников может значительно превышать длительность СКИ. В этой связи, тема диссертационной работы актуальна для защиты РЭА.

Личное участие автора в получении результатов

Научные результаты, представленные в диссертации, получены автором. Постановка цели работы и задач исследования, анализ результатов моделирования и эксперимента, а также формулировка основных результатов и выводов выполнена совместно с научным руководителем. Основной объем моделирования выполнен соискателем лично, часть моделирования выполнена со студентами под руководством соискателя. Экспериментальные исследования проведены лично или с непосредственным участием соискателя. Часть результатов получена совместно с соавторами публикаций. В опубликованных работах [2, 7, 8, 9, 13, 19] соискателем выполнены моделирование и анализ результатов, а также частично выполнена постановка целей и задач исследования. В работах [1, 6, 10] соискателем выполнены моделирование и анализ результатов, частично выполнена постановка целей и задач исследования, а также выполнен натурный эксперимент совместно с соавторами. В работах [4, 5, 11, 16, 17, 18, 20, 21] автору принадлежат частично постановка задачи, получение и анализ результатов. В работе [22] соискателем выполнена апробация двух- и трехмерного электростатического и трехмерного электродинамического анализа и вычисления отклика произвольных схем многопроводных линий передачи. Список публикаций соискателя на трех страницах прилагается к данному заключению.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов основана на корректном использовании метода моментов и теории линий передачи и подтверждается согласованностью результатов, полученных разными численными методами и натурным экспериментом, а также использованием результатов на практике.

Научная новизна диссертации

1. Впервые выполнена оценка уровня излучаемой электромагнитной эмиссии от семикаскадного модального фильтра и показана возможность уменьшения этого уровня за счет выравнивания длины полувитков.

2. Впервые показана возможность увеличения значения и изменения знака разности временных задержек мод в структурах модальных фильтров с торцевой связью и периодическим профилем области связи.

3. Предложена защита бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата от сверхкороткого импульса в цепях высоковольтного питания, отличающаяся использованием модальных фильтров с лицевой связью.

4. Впервые показана возможность увеличения ширины полосы пропускания и крутизны спада амплитудно-частотной характеристики модального фильтра путем разделения пассивного проводника на отрезки.

Практическая значимость

1. Измерены излучаемые электромагнитные эмиссии семикаскадных модальных фильтров для защиты оборудования Fast Ethernet.

2. Разработаны макеты модального фильтра: со встречно-штыревой структурой проводников для защиты оборудования вычислительных сетей и с лицевой связью для защиты оборудования космического аппарата.

3. Измерены частотные и временные характеристики каскадного соединения модальных фильтров, модальных фильтров с пассивным проводником, разделенным на отрезки линий передачи и гибридного соединения модального фильтра с помехоподавляющим фильтром.

4. Даны рекомендации по проектированию меандровых линий задержки на печатной плате с минимальной амплитудой перекрестных наводок и выбору подхода к моделированию для решения задач электромагнитной совместимости.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций.

Использование результатов исследования:

1. НИР «Разработка новых программных и аппаратных средств для моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры», проектная часть государственного задания №8.1802.2014/К, 2016 г.

2. НИР «Комплексное обоснование возможностей создания модальной технологии помехозащиты критичной радиоэлектронной аппаратуры и

совершенствования существующих и разработки новых помехозащитных устройств на её основе», грант РФФ 14-19-01232, 2016 г.

3. НИР «Выявление новых подходов к совершенствованию обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры и моделирования систем активного зрения роботов», базовая часть государственного задания №8.9562.2017/БЧ, 2017 г.

4. НИР «Разработка методологии защитных устройств на основе модальной технологии», грант Президента РФ №14.256.18.356–МД, 2018–2019 гг.

5. ПНИ «Теоретические и экспериментальные исследования по синтезу оптимальной сети высоковольтного электропитания для космических аппаратов» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», проект RFMEFI57417X0172, 2017–2019 гг.

6. НИР «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РФФ 19-19-00424, 2019 г.

7. Учебный процесс магистрантов ТУСУР.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По результатам исследований опубликовано 22 научных работы: 3 статьи в журналах из перечня ВАК; 3 статьи в журналах, индексируемых в WoS, SCOPUS; 3 статьи в трудах конференций, индексируемых в WoS, SCOPUS; 12 докладов в трудах отечественных и международных конференций; 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

Список опубликованных работ автора

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Куксенко С.П. Оценка уровня излучаемой электромагнитной эмиссии семикаскадного модального фильтра для сети Ethernet 100Base-T / С.П. Куксенко, Р.Р. Хажибеков, Т.Т. Газизов // Технологии электромагнитной совместимости, 2017. – №1(60). – С. 13–20.

2. Хажибеков Р.Р. Моделирование модального фильтра с учетом потерь / Р.Р. Хажибеков, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Сибирский журнал науки и технологий. –2018.–№ 1. С. – 44–48.

3. Хажибеков Р.Р. Исследование амплитудно-частотных характеристик модальных фильтров с пассивным проводником в виде последовательности отрезков линий передачи // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2019. – № 2(37). – С. 31–35.

Статьи в зарубежных журналах, индексируемых в Scopus и(или) Web of Science

4. Belousov A.O. Quasi-static and electrodynamic simulation of reflection symmetric modal filter time response on ultra-short pulse excitation / A.O. Belousov, E.B. Chernikova, R.R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky // Journal of physics: conference series. – 2018. – No 1015. – P. 1–6.

5. Khazhibekov R.R. Radiated emissions comparison of seven-stage modal filter constructions for Ethernet 100Base-T network protection / R.R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky // Journal of physics: conference series /, 2018. No 1015. – P. 1–7.

6. Khazhibekov R.R. Developing a modal filter prototype to protect spacecraft busbar against ultrashort pulses / R.R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky, Y. S. Zhechev, V. P. Kosteletskii, T.R. Gazizov // Journal of physics: conference series, 2019. – No 560. – P. 1–6.

Доклады в трудах конференций, индексируемых в Scopus и(или) Web of Science

7. Khazhibekov R. Study of the characteristics of a modal filter with different periodic profiles of the coupling region / R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky, M.V. Khramtsov // 2017 International multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON). – 18-22 Sept. 2017. – P. 506–509

8. Khazhibekov R.R. Modal filter with interdigital structure of conductors for 100 Mbit/s Ethernet equipment protection / R.R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky // International Siberian conference on control and communications (SIBCON). – 18-20 April 2019. – P. 1–4.

9. Khazhibekov R.R. Modal filter for spacecraft busbar protection against ultrashort pulses // 20th international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM 2019), Erlagol (Russia). – June 29 – July 3, 2019. – P. 88–91.

Доклады (тезисы) в трудах других конференций

10. Куксенко С.П. Оценка уровня излучаемых эмиссий семикаскадного модального фильтра для сети Ethernet 100Base-T / С.П. Куксенко, Р.Р. Хажобеков // Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления». – Томск. – 25-27 ноября 2016 г. Том 1. – С 208–211.

11. Хажобеков Р.Р. Особенности обучения студентов моделированию задач электромагнитной совместимости / Р.Р. Хажобеков, С.П. Куксенко // Международная научно-методическая конференция «Современное образование: повышение профессиональной компетентности преподавателей вуза – гарантия обеспечения качества образования». – Томск, 1–2 февраля 2018 г. – С. 59–60.

12. Хажобеков Р.Р. Изменение задержки нечетной моды с помощью периодического профиля области связи проводников модального фильтра // Научная сессия ТУСУР–2017: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск. – 16–18 мая 2017 г. – Том 3. – С. 92–95.

13. Хажобеков Р.Р. Сравнение результатов квазистатического и электродинамического моделирования модального фильтра с учетом потерь / Р.Р. Хажобеков А.М. Заболоцкий // IV Научно-техническая конференция молодых специалистов АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва. – 23–26 августа 2017 г. – сборник тезисов конференции. – с. 117–119.

14. Хажобеков Р.Р. Оптимизация параметров встречно-штыревой топологии модального фильтра для Ethernet 100 Мбит/с // Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления». – Томск, 29 ноября – 1 декабря 2017 г. – Часть 2. – С 10-12.

15. Хажобеков Р.Р. Electrodynamic simulation of the ultrashort pulse decomposition in the seven-stage modal filters layouts // Научная сессия ТУСУР–2018: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 16–18 мая 2018 г. – Том 4. – С. 202–205.

16. Куулар Ш.В. Минимизация высокочастотных искажений модального фильтра в диапазоне частот до 2 ГГц / Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажобеков // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2018». – Томск, 22–24 мая 2018. – Сборник статей. – Ч. 2. – С. 260–263.

17. Ромашов И.П. Моделирование помехоподавляющего фильтра источника питания персонального компьютера / И.П. Ромашов, Р.Р. Хажобеков // Научная сессия ТУСУР–2018: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 16–18 мая 2018 г. – Часть 2. – С. 252–254.

18. Куулар Ш.В. Моделирование модального фильтра для защиты входных цепей пикосекундного локатора / Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажобеков, Е.Б. Черникова // Материалы XIII международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия, 28–30 ноября 2018. – Сборник статей. – Ч. 1. – С. 318–321.

19. Заболоцкий А.М. Результаты разработки модального фильтра с лицевой связью для защиты силовой шины электропитания космических аппаратов от сверхкоротких импульсов / А.М. Заболоцкий, Р.Р. Хажобеков // Материалы региональной научно-практической конференции «Наука и практика: проектная деятельность от идеи до внедрения». – Томск, Россия, 2018. – С. 598–600.

20. Куулар Ш.В. Сравнение вариантов реализации полосового фильтра для пикосекундного локатора / Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажобеков // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2019», Томск, Россия, 22–24 мая 2019. – Сборник избранных статей. – Ч. 1. – С. 244–246.

21. Куулар Ш.В. Разработка гибридного полосового фильтра для защиты входных цепей пикосекундного локатора / Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажобеков // Материалы международной научно-технической конференции студентов,

аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2019». – Томск, Россия. – 22–24 мая 2019. – Сборник избранных статей. – Ч. 1. – С. 240–243.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

22. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №201866111481.TALGAT 2017 / Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П. и др. (всего 23). Заявка №2017663209. Дата поступления 13 декабря 2017 г. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 02 февраля 2018 г.

Соответствие содержания диссертации научной специальности

Диссертационная работа Хажобекова Романа Руслановича по своему содержанию соответствует специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в области исследования «Разработка устройств генерирования, усиления, преобразования радиосигналов в радиосредствах различного назначения. Создание методик их расчета и основ проектирования» по п. 3 паспорта специальности.

Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Диссертация Хажобекова Романа Руслановича «Многокаскадные модальные фильтры» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на заседании кафедры телевидения и управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Присутствовало на заседании 26 чел. Результаты голосования: «за» – 26 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 13 от «8» октября 2019 г.

Председатель семинара,
доктор технических наук,
профессор кафедры телевидения
и управления

Александр Михайлович
Заболоцкий

Секретарь семинара,
кандидат технических наук, доцент
кафедры телевидения и управления

Сергей Петрович
Куксенко

Подпись Заболотского А.М., Куксенко С.П. удостоверяю.

Ученый секретарь Томского государственного университета систем
управления и радиоэлектроники

Е.В. Прокопчук

