



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НРИИ ТУСУР,
к.т.н., доцент
А.Г. Лоцилов
2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Диссертация «Устройства защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов в синфазном и дифференциальном режимах» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Костелецкий Валерий Павлович обучается в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2015 г. окончил бакалавриат ТУСУРа по профилю «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов».

В 2017 г. окончил магистратуру ТУСУРа по профилю «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов».

В 2018 г. поступил в аспирантуру ТУСУРа по профилю «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Заболоцкий Александр Михайлович, д.т.н., доцент, профессор кафедры ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Костелецкого Валерия Павловича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по защите радиоэлектронной аппаратуры от сверхкороткого импульса в дифференциальном и синфазном режимах, имеющей значения для развития технических наук.

Личное участие автора в получении результатов

Автору принадлежит ключевая роль в получении основных результатов работы. Личный вклад автора в публикациях, выполненных в соавторстве: [1, 32, 33] – патентный поиск, разработка структуры поперечного сечения, квазистатическое моделирование, анализ и обобщение полученных результатов; [5, 8, 10–12, 13, 23, 30, 31] – разработка макетов фильтров, их измерение, анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов; [9,

22, 26, 27–29] – постановка задачи, квазистатическое моделирование, анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов; [2, 14, 17–19, 21] – постановка задачи, выполнение экспериментальных исследований, анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов; [3, 10, 16, 20, 25] – постановка задачи, обобщение и интерпретация полученных результатов, [7] – схемотехническое моделирование, выполнение экспериментальных исследований; [15] – выполнение экспериментальных исследований, интерпретация полученных результатов; [34, 35] – программная реализация и тестирование. Результаты электродинамического моделирования получены совместно с Жечевым Е.С. Реализация макетов помехоподавляющих фильтров выполнена совместно с Лакоза А.М. Аналитические математические модели для вычисления временных откликов получены совместно с Черниковой Е.Б.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов исследования основана на согласованности результатов схемотехнического, квазистатического и электродинамического моделирования, а также результатов лабораторного эксперимента, выполненном на сертифицированном оборудовании, данных полученных другими авторами и корректном использовании теории линий передачи и численных методов. Теоретические результаты подтверждены их согласованностью с результатами моделирования. Реализуемость предложенных защитных устройств на практике подтверждена макетированием и результатами эксперимента.

Научная новизна диссертации

1. Сформулированы аналитические математические модели в виде конечных комбинаций элементарных функций для вычисления частотных и временных откликов двухпроводной линии, отличающиеся учетом асимметрии проводников, и четырехпроводной линии, отличающиеся учетом попарной симметрии проводников и дифференциального и синфазного режимов.

2. Предложены модальные фильтры для защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов, отличающиеся центральной симметрией проводников, использованием экранирующего корпуса, керамической подложкой и каскадированием.

3. Впервые предложен гибридный фильтр для силовой шины электропитания космического аппарата, отличающийся совместным использованием помехоподавляющего и модального фильтров, работающий в дифференциальном и синфазном режимах.

Практическая значимость

1. Внедрен комплекс технических решений для обеспечения электромагнитной совместимости, конструкторских решений на основе использования пассивных помехозащитных устройств и устройств конструктивного исполнения, позволяющий сохранять работоспособность РЭА в условиях сложной электромагнитной обстановки в ООО «ТРЭМ Инновации». (Акт внедрения).

2. Внедрены результаты исследования гибридного фильтра для защиты силовой шины электропитания космического аппарата в АО «ИСС», г. Железногорск. (Акт внедрения).

3. Внедрены результаты теоретического анализа с использованием аналитических математических выражений (в виде конечных комбинаций элементарных функций) и моделирования модальных фильтров, работающих в дифференциальном и синфазном режимах в учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУР, г. Томск. (Акт внедрения).

4. Предложено совершенствование модального фильтра, работающего в дифференциальном и синфазном режимах, за счет применения керамических материалов.

5. Разработаны макеты помехозащитных устройств, обеспечивающих защиту в дифференциальном и синфазном режимах: экранированных, с горизонтальным и вертикальным расположением каскадов; на керамической подложке; гибридного, для защиты силовой шины электропитания космического аппарата от кондуктивных помех.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием.

Использование результатов исследования:

1. Получение 2 патентов на изобретение и 2 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

2. Внедрение результатов на 2 предприятиях: ООО «ТРЭМ Инновации» и АО «ИСС».

3. 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, 2017–2020 гг.

4. НИР «Выявление новых подходов к совершенствованию обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры и моделирования систем активного зрения роботов», проект №8.9562.2017, 2017–2019 гг.

5. НИР «Разработка методологии создания помехозащитных устройств на основе модальной технологии» по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект № МД-365.2018.8, 2018–2019 гг.

6. НИР «Комплекс фундаментальных исследований по электромагнитной совместимости» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, проект FEWM-2020-0041, 2020–2021 гг.

7. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РФФ 20-19-00446, 2020–2022 гг.

8. НИР «Моделирование распространения сверхкоротких импульсов в многопроводных линиях передачи для решения задач проектирования радиоэлектронной аппаратуры с учётом электромагнитной совместимости» №19-37-51017, 2020–2021 гг.

9. НИР «Разработка математического обеспечения и программного модуля для моделирования радиотехнических характеристик антенного элемента» по договору №ДП2021-60 от 15 апреля 2021 г.

10. НИР «Теоретические основы создания перспективных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, работающей в экстремальных условиях» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, проект FEWM-2022-0001, 2022–2023 гг.

11. Учебный процесс студентов радиотехнического факультета ТУСУР.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Костелецкого Валерия Павловича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в области исследования «Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах» по п. 7 паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором


Основные результаты исследований отражены в 35 публикациях (3 без соавторов): 4 статьи в журнале из перечня ВАК, 6 публикаций в журналах, индексируемых в WoS/Scopus, 4 публикации в трудах конференций, индексируемых WoS/Scopus, 13 публикаций в трудах отечественных конференций и 4 публикации в тезисах отечественных конференций, а также 2 патента на изобретение и 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация «Устройства защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов в синфазном и дифференциальном режимах» Костелецкого Валерия Павловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на заседании кафедры ТУ.

Присутствовало на заседании 27 чел. Результаты голосования: «за» – 27 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 11 от «28» мая 2022.

Председатель,
д.т.н., заведующий кафедры ТУ


Т.Р. Газизов

Секретарь,
д.т.н., профессор кафедры ТУ


С.П. Куксенко

Список публикаций соискателя Костелецкого Валерия Павловича

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Костелецкий, В.П. Полосковая структура, защищающая от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Системы управления, связи и безопасности. – 2021. – № 2. – С. 130–141.

2. Костелецкий, В.П. Двухкаскадный экранированный модальный фильтр для работы в дифференциальном и синфазном режимах / В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий, А.М. Лакоза // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем. – 2021. – № 4. – С. 127–133.

3. Жечев, Е.С. Влияние рассогласования структуры с сильными модальными искажениями на целостность сигнала / Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем. – 2021. – № 4. – С. 162–168.

4. Костелецкий, В.П. Обзор гибридных фильтров для защиты радиоэлектронных средств от кондуктивных помех / В.П. Костелецкий // Доклады ТУСУР. – 2022. – № 25(1). – С. 37–47.

Статья в журнале, входящем в Q1 Scopus

5. Samoylichenko, M.A. Electrical characteristics of a modal filter with a passive conductor in the reference plane cutout / M.A. Samoylichenko, Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii, T.R. Gazizov // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. – 2021. – Vol. 63. – No. 2. – P. 435–442.

Публикации в журналах, индексируемых WoS и Scopus

6. Zhechev, Y.S. Electromagnetic interference filter for spacecraft power bus / Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii, A.M. Zabolotsky, T.R. Gazizov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 560. – No. 012133. – P. 1–7.

7. Khazhibekov, R.R. Development of modal filter prototype for spacecraft busbar protection against ultrashort pulses / R.R. Khazhibekov, A.M. Zabolotsky, Y.S. Zhechev V.P. Kosteletskii, T.R. Gazizov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 560. – No. 012145. – 2019. – P. 1–6.

8. Kosteletskii, V.P. Designing a low-mass, high-current modal filter for the spacecraft power bus / V.P. Kosteletskii, A.M. Zabolotsky, T.R. Gazizov // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1862. – No. 012019. – P. 1–5.

9. Zhechev, Y.S. Experimental study of a high current electromagnetic interference filter for the spacecraft power bus / Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii, A.M. Zabolotsky // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1862. – No. 012024. – P. 1–6.

10. Kosteletskii, V. Cascade configuration of modal filters for power bus protection in differential and common modes / V. Kosteletskii // International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. – 2021. – Vol. 15. – P. 666–671.

Доклады в трудах конференций, индексируемых WoS и Scopus

11. Semyonov, E.V. Comparative analysis of step and pulse signals as a test-signals for nonlinear sensing of the semiconductor objects / E.V. Semyonov, V. Kosteletskiy // 2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2017). – Astana, Kazakhstan – June 29–30, 2017. – P. 1–4.

12. Khazhibekov, R.R. A device for an ultrashort pulse attenuation in common and differential modes in the highvoltage power supply circuits of the spacecraft / R.R. Khazhibekov, Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii, A.M. Zabolotsky // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 21). – Erlagol, Altai. – June 29 – July 3, 2020. – P. 179–182.

13. Chernikova, E.B. Comparative analysis of an LC-Filter and a Reflection Symmetric Modal Filter / E.B. Chernikova, V.P. Kosteletskii // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM 22). – Erlagol, Altai. – June 29 – July 3, 2022. – P. 1–5.

14. Lakoza, A.M. Measuring Radiated Emission Levels and EMI Susceptibility of Protection Devices based on Modal Filtering / A.M. Lakoza, V.P. Kosteletskii, M.E. Komnatnov // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM 22). – Erlagol, Altai. – June 29 – July 3, 2022. – P. 1–4.

Доклады в трудах отечественных конференций

15. Костелецкий, В.П. Исследование возможности дистанционного обнаружения нелинейных элементов сверхширокополосным нелинейным сенсором / В.П. Костелецкий, Э.В. Семенов // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2017». – Томск, Россия. – 10–12 мая 2017. – С. 150–153.

16. Жечев, Е.С. Универсальный блок управления электроприводом / Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий // 24-я Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-24-2018). – Томск, Россия. – 28 ноября 2018. – С. 140–143.

17. Доброславский, С.А. Помехоподавляющий фильтр на элементах с сосредоточенными параметрами для силовой шины электропитания космических аппаратов / С.А. Доброславский, Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Материалы докладов VI международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 20–22 ноября, 2019. – С. 30–33.

18. Лакоза, А.М. Исследование характеристик гибридного помехоподавляющего дросселя / А.М. Лакоза, В.П. Костелецкий, Е.С. Жечев, А.М. Заболоцкий // Материалы докладов VI международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 20–22 ноября, 2019. – С. 36–38.

19. Лакоза, А.М. Исследование характеристик помехоподавляющих фильтров с различной компоновкой индуктивных элементов / А.М. Лакоза,

В.П. Костелецкий, Е.С. Жечев, А.М. Заболоцкий // Материалы докладов VI международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 20–22 ноября, 2019. – С. 45–48.

20. Zhechev Y.S. A modal filter with a parallel oscillatory circuit in a passive conductor / Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii // Сборник избранных статей международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2020». – Томск, Россия. – 25–27 мая, 2020. – Ч. 2. – С. 323–326.

21. Лакоза, А.М. Исследование частотных характеристик фильтра с комбинированным дросселем / А.М. Лакоза, В.П. Костелецкий, Е.С. Жечев // Сборник избранных статей международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2020». – Томск, Россия. – 25–27 мая, 2020. – Ч. 1. – С. 254–257.

22. Костелецкий, В.П. Разработка сильноточного модального фильтра с уменьшенной массой для силовой шины электропитания космического аппарата / В.П. Костелецкий, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Материалы докладов XVI международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 18–20 ноября, 2020. – С. 294–296.

23. Лакоза, А.М. Экспериментальное исследование комбинированного дросселя для фильтра подавления синфазных и дифференциальных помех / А.М. Лакоза, Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Материалы XVI международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 18–20 ноября, 2020. – Ч. 1. – С. 301–303.

24. Kosteletskii, V.P. Analysis of the influence of temperature on the modal filter attenuation coefficient in differential and common modes / V.P. Kosteletskii // Сборник избранных статей международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2021». – Томск, Россия. – 19–21 мая, 2021. – Ч. 3. – С. 175–178.

25. Лакоза, А.М. Вычисление временных откликов экранированного модального фильтра из двух каскадов в дифференциальном и синфазном режимах на воздействие типовых сверхкоротких импульсов / А.М. Лакоза, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Материалы XVII международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, Россия. – 17–19 ноября, 2021. – С. 47–49.

26. Костелецкий, В.П. Модальное разложение пачки сверхкоротких импульсов в зеркально-симметричных структурах / В.П. Костелецкий, Е.Б. Черникова // 27-я международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)». – Томск, Россия. – 16 ноября 2021. – С. 128–133.

27. Лакоза, А.М. Влияние расположения проводников модального фильтра на ослабление сверхкороткого импульса в синфазном и дифференциальном режимах / А.М. Лакоза, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // 27-я международная научно-практическая конференция «Природные и

интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021). – Томск, Россия, 16 ноября 2021. – С. 134–139.

Тезисы в трудах отечественных конференций

28. Жечев, Е.С. Сильноточный помехозащитный фильтр для шины электропитания космического аппарата / Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий // Материалы 18-й международной конференции «Авиация и космонавтика–2019». – Москва, Россия. – 18–22 ноября, 2019. – С. 121–122.

29. Zhechev, Y.S. High current electromagnetic interference filter for spacecraft power bus / Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii // 18th International Conference «Aviation and Cosmonautics–2019». – Moscow, Russia. – November 18–22, 2019. – P. 429.

30. Хажобеков, Р. Устройство для ослабления сверхкороткого импульса в синфазном и противофазном режимах в цепях высоковольтного питания космического аппарата / Р. Хажобеков, Е. Жечев, В. Костелецкий, А. Заболоцкий // Материалы XXI международной конференция молодых специалистов по микро/нанотехнологиям и электронным приборам (EDM-2020). – Новосибирск, Россия. – 29 июня – 4 июля, 2020. – С. 37.

31. Лакоза, А.М. Экспериментальное исследование комбинированного дросселя для фильтра подавления синфазных и дифференциальных помех / А.М. Лакоза, Е.С. Жечев, В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий // Тезисы докладов II межрегиональной научной конференции «Промышленная революция 4.0: взгляд молодежи». – Тула, Россия. – 5–6 ноября, 2020. – С. 25–26.

Патенты

32. Патент РФ на изобретение №2748423. Полосковая структура, защищающая от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий. – Заявка № 2020126543; заявлен 10.08.2020; опубликован 25.05.2021. Бюл. №15.

33. Заявка № 2021128648 РФ. Усовершенствование устройства, защищающего от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / В.П. Костелецкий, А.М. Заболоцкий; заявлен 01.10.2021. Решение о выдаче патента от 05.05.2022.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

34. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020665276. Анализ полосковой структуры, защищающей от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / Костелецкий В.П., Заболоцкий А.М. Заявка № 2020664577. Дата поступления 20.11.2020 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 25.11.2020 г.

35. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021680555 Вычисление матрицы согласования связанных линий передач / Костелецкий В.П., Квасников А.А., Заболоцкий А.М. Заявка №2021680036. Дата поступления 08.12.2021 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 03.12.2021 г.