



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по НРИИ ТУСУРа

 А.В. Медовник

«20» 09 2024 г.

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

Диссертация «Помехозащитные структуры на основе витка меандровой микрополосковой линии с улучшенными характеристиками» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Малыгин Константин Петрович обучается в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2018 г. окончил бакалавриат ТУСУРа по профилю «Информационный сервис».

В 2020 г. окончил магистратуру ТУСУРа по профилю «Электромагнитная совместимость в топливно-энергетическом комплексе».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2024 г. ТУСУРОм.

Научный руководитель – Носов Александр Вячеславович, к.т.н., доцент каф. ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Малыгина Константина Петровича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи совершенствования защиты радиоэлектронной аппаратуры от помеховых импульсных воздействий за счёт полосковых структур на основе витка меандровой микрополосковой линии.

Личное участие автора в получении результатов

Автору принадлежит ключевая роль в получении основных результатов работы. Личный вклад автора в публикациях, выполненных в соавторстве: [1, 9–13, 15, 20] – выполнение оптимизации; [1–13, 15–20] – квазистатическое моделирование; [2–8, 17–19, 21] – электродинамическое моделирование; [4, 5, 6, 21] – лабораторный эксперимент; [1, 2, 4–21] – анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов; [3, 4, 6, 21] – разработка макетов и их изготовление.

Степень достоверности результатов

Достоверность результатов основана на корректном применении теории многопроводных линий передачи, согласованности результатов моделирования разными

подходами и эксперимента, использовании современных методик измерения сертифицированными приборами.

Научная новизна диссертации

1. Предложена трассировка помехозащитной структуры на основе витка меандровой микрополосковой линии для дополнительного ослабления сверхкороткого импульса, отличающаяся тем, что виток дополнительно свернут в витки с усиленной связью.

2. Впервые показано, что добавление двух пассивных проводников в структуру витка меандровой микрополосковой линии и сворачивание такой структуры в дополнительные витки увеличивает ослабление сверхкороткого импульса.

3. Доказана возможность дополнительного ослабления сверхширокополосной помехи в витке меандровой микрополосковой линии, отличающаяся добавлением к нему двух заземленных на концах проводников, его сворачиванием в дополнительные витки с усиленной связью и покрытием из радиопоглощающего материала.

Практическая значимость

1. Получено максимальное ослабление СКИ в свернутом витке меандровой МПЛ 5,6 раза, а при добавлении к нему двух пассивных проводников – 17,6 раза.

2. Получено ослабление 19,2 раза СШП импульса со спектром от 0,1 до 6 ГГц и 20,5 раза затухающей синусоиды в свернутом витке меандровой МПЛ с двумя заземленными проводниками и покрытием из радиопоглощающего материала.

3. Выявлено и продемонстрировано уменьшение площади меандровой МПЛ в 6,74 раза при неизменном уровне ослабления СШП импульса со спектром от 0,1 до 6 ГГц при сворачивании основного витка, добавлении двух заземленных проводников и покрытии радиопоглощающим материалом.

4. Демонстрировано увеличение в 5,88 раза полосы пропускания меандровой МПЛ при неизменном уровне ослабления СШП импульса со спектром от 0,1 до 6 ГГц при сворачивании основного витка, добавлении двух заземленных проводников и покрытии радиопоглощающим материалом.

5. Отработана оптимизация генетическими алгоритмами (ГА) и эволюционными стратегиями (ЭС), по одному и нескольким критериям, меандровой МПЛ, в том числе с учетом изменения температуры и покрытой водой и льдом.

6. Получены 3 патента на изобретение устройств защиты от СКИ на основе меандровой МПЛ и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Результаты использованы в АО «РЕШЕТНЁВ», НИР по грантам РНФ, госзаданий и учебном процессе ТУСУРа (три акта внедрения).

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах, в том числе из Q1 SCOPUS и материалах конференций, а также их широким использованием:

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

2. НИР «Теоретические основы создания перспективных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, работающей в экстремальных условиях», проект FEWM-2022-0001, 2022–2023 гг.

3. НИР «Математический аппарат для синтеза пассивных помехоподавляющих полосковых устройств с асимметричной структурой на основе модальных технологий», грант РФФ 21-79-00161, 2021–2023 гг.

4. НИР «Методология обеспечения электромагнитной совместимости средств функционального поражения электромагнитным излучением с другими радиоэлектронными средствами в составе комплекса противодействия беспилотным летательным аппаратам», грант РФФ 22-29-01331, 2022–2023 гг.

5. НИР «Методология автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, функционирующей в условиях деструктивных воздействий», госзадание FEWM-2024-0005, 2024–2026 гг.

6. НИР «Новые гибридные устройства для расщепления опасных импульсов в целях защиты радиоэлектронной аппаратуры», грант РФФ 22-79-00103, 2022–2024 гг.

7. Учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУР.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Малыгина Константина Петровича 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» паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По материалам диссертации опубликована 21 работа: статьи в журналах из перечня ВАК – 3; статьи в журналах из Q1 и Q2 WoS и SCOPUS – 2; статьи в других журналах, индексируемых в WoS и SCOPUS – 3; доклады в трудах конференций, индексируемых в WoS и SCOPUS – 3; доклады в трудах других конференций – 5; патенты на изобретение – 3; свидетельства о регистрации программы для ЭВМ – 2.

Диссертация «Свёрнутые помехозащитные структуры на основе витка меандровой микрополосковой линии» Малыгина Константина Петровича 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 18 чел. Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 13 от 18 сентября 2024 г.


Председатель,

д.т.н., заведующий кафедрой ТУ


Т.Р. Газизов

Секретарь,

к.т.н., доцент каф. ТУ


А.О. Белоусов

Список публикаций соискателя Малыгина Константина Петровича

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. **Малыгин, К.П.** Анализ и параметрическая оптимизация эволюционными методами витка меандровой микрополосковой линии с учетом температуры / К.П. Малыгин, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2022. – № 3.
2. **Малыгин, К.П.** Ослабление сверхкороткого импульса в меандровой микрополосковой линии с двумя пассивными проводниками / К.П. Малыгин, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // Журнал радиоэлектроники. – 2022. – № 7.
3. Гибридный способ защиты от сверхкоротких импульсов на основе меандровой линии и газоразрядного устройства / Г.Ю. Ким, **К.П. Малыгин**, В.Ю. Конев [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2024. – № 2. – С. 149-172.

Статьи в журналах, входящих в Q1/Q2 Scopus

4. **Malygin K.P.** Experimental confirmation of ultrashort pulse decomposition in folded meander microstrip lines / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – Vol. 66 – No. 2 – April 2024. – pp. 599–605.
5. Zhechev, Y.S. New technique for improving modal filter performance by using an electromagnetic absorber / Y.S. Zhechev, A.H. Adnan, **K.P. Malygin** // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 86663–86670.

Публикации в журналах, индексируемых WoS и Scopus

6. **Malygin K.P.**, Nosov A.V., Kim G.Y. Attenuation of an ultrashort pulse in a folded meander microstrip line with two passive conductors // International Journal of Circuit Theory and Applications. – 2024. – P. 11.
7. **Malygin K.P.**, Nosov A.V. Effect of the distance between the non-core turns of a meander microstrip line on the attenuation of the interfering ultrashort pulse and signal integrity // IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine. – 2023. – Vol. 12. – No. 3. – P. 45-54.
8. **Malygin K.P.** Ultrashort pulse decomposition in a turn of a meander microstrip line with two passive conductors / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev // Microwave Review. – 2022. – Vol. 28. – No 2. – P. 28–32.

Доклады в трудах конференций, индексируемых WoS и Scopus

9. **Malygin K.P.** Analysis and optimization of a turn of a meander line with broad-side coupling with temperature effect consideration / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev // Proc. of 2022 Int. Ural conference on electrical power engineering (UralCon). – Magnitogorsk, Sept. 23–25, 2022. – P. 273–278.

10. **Malygin K.P.** Analysis and parametric optimization of a turn of a meander line with broad-side coupling in different environments / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev // Proc. of III Int. scientific conf. «Advances in science, engineering and digital education» (ASEDU-III-2022). – Krasnoyarsk, Russia, December 8–10, 2022. – P. 1–5.

11. **Malygin K.P.** Multicriteria optimization of a meander line with broad-side coupling by genetic algorithms / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev, T.T. Gazizov, I.Y. Sagiyeva // Journal of physics: conference series (JPCS). – 2020. – Vol. 1679, P. 1–5.

12. **Malygin K.P.** Analysis and parametric optimization of a turn of a meander microstrip line in various environments / **K.P. Malygin**, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev // Proc. of the 2023 Int. conf. on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM-2023). – Sochi, Russia, May 15–19, 2023. – P 294–299.

Доклады в трудах отечественных конференций

13. **Малыгин К.П.** Однокритериальная оптимизация защитных меандровых линий генетическим алгоритмом / **К.П. Малыгин**, А.В. Козин, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // Материалы докладов Международной науч.-практич. конф. «Электронные средства и системы управления». – Томск, 28–30 ноября 2018. – Ч.1. – С. 298–302.

14. **Малыгин К.П.** Формулировка многокритериальной целевой функции по критериям разложения сверхкороткого импульса в меандровой микрополосковой линии из двух витков / **К.П. Малыгин**, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // 25-я Межд. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019)». – Томск. – 2019. – С. 158–161.

15. **Малыгин К.П.** Оптимизация витка меандровой линии по критериям равенства интервалов времени между импульсами разложения и минимизации амплитуды на выходе линии / **К.П. Малыгин**, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, 20–22 ноября 2019. – Ч. 2. – С. 42–45.

16. Царегородцев Н.А. Распространение затухающей синусоиды в витке меандровой линии с воздушным заполнением / Н.А. Царегородцев, **К.П. Малыгин**, Р.С. Суровцев // Материалы докладов Межд. научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – Томск, 20–22 ноября 2021. – Ч.2 – С. 65–68.

Патенты

17. Патент на изобретение №2769104 Российская Федерация. Меандровая микрополосковая линия с двумя пассивными проводниками, защищающая от сверхкоротких импульсов / **Малыгин К.П.**, Носов А.В., Суровцев Р.С. – Заявка №2021117865; заявлен 21.06.2021; опубликован 28.03.2022, Бюл. №10.

18. Патент на изобретение №2772792 Российская Федерация. Усовершенствованная меандровая микрополосковая линия с двумя пассивными проводниками, защищающая от сверхкоротких импульсов / **Малыгин К.П.**, Носов А.В., Суровцев Р.С. – Заявка №2021117877; заявлен 21.06.2021; опубликован 25.05.2022, Бюл. №15.

19. Патент на изобретение Российская Федерация. Свернутая меандровая микрополосковая линия с двумя пассивными проводниками, защищающая от сверхкоротких импульсов / **Малыгин К.П.**, Носов А.В. – Заявка №2024103003; заявлен 07.02.2023. (Положительное решение о выдаче).

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020665690. Оптимизация меандровой микрополосковой линии из двух витков, соединенных каскадно, с использованием эволюционных методов. Авторы: Ким Г.Ю., **Малыгин К.П.**, Носов А.В., Суровцев Р.С., Газизов Т.Т. Заявка №2020664825. Дата поступления 25 ноября 2020 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30 ноября 2020 г.

21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024668496. Распространение сверхкороткого импульса в свёрнутом витке меандровой микрополосковой линии. Авторы: **К.П. Малыгин**, А.В. Носов. Заявка № 2024667263. Дата поступления 23 июля 2024 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 07 августа 2024 г.