

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по НРИИ ТУСУР

д.т.н., доцент

А.В. Медовник

«04» 12 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Комплексный поиск уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ) и в Московском институте электроники и математики НИУ ВШЭ.

Соискатель Газизов Рустам Рифатович обучался в очной аспирантуре НИУ ВШЭ.

В 2020 г. окончил специалитет ТУСУРа по специальности «Информационно-аналитические системы безопасности».

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

Научный руководитель – Елизаров Андрей Альбертович, д.т.н., профессор НИУ ВШЭ.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Газизова Рустама Рифатовича является научно-квалификационной работой, в которой решается задача усовершенствования поиска уязвимых мест радиоэлектронных устройств с помощью различных методов и инструментов, имеющая значение для развития технических наук.

Личное участие автора в получении результатов

Результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, и составляющие научную новизну, получены автором лично или при его участии. Оценка эффективности перенумерации выполнена с Сергеем Петровичем Куксенко и Евгением Владимировичем Лежниным. Исследования экстремумов сигнала выполнены с Русланом Рифатовичем Газизовым. Усовершенствование алгоритма локализации экстремумов выполнено с Алексеем Андреевичем Квасниковым. Отдельные результаты получены совместно с соавторами публикаций. Непосредственный вклад автора состоит в выполнении моделирования, оптимизации, обработке и интерпретации данных, а также подготовке публикаций на всех этапах исследования.

Степень достоверности результатов

Достоверность результатов основана на корректном использовании численных методов, обширном тестировании, согласованности аналитических и вычислительных оценок и совпадении полученных результатов с результатами коммерческого программного обеспечения и натурального эксперимента.

Научная новизна диссертации

1. Исследовано многократное вычисление методом моментов ёмкостной матрицы двух- и трёхпроводной линий передачи с изменяющейся толщиной проводника, отличающееся использованием блочного LU-разложения.

2. Предложены локализация максимумов напряжения и определение наводок в силовой шине электропитания, отличающиеся использованием эволюционных стратегий и генетических алгоритмов.

3. Усовершенствован алгоритм локализации экстремумов сигнала за счет учета его параллельных путей в проводниках многопроводных линий передачи и цепях схемы из отрезков таких линий.

Практическая значимость

1. Показано ускорение многократного решения систем линейных алгебраических уравнений до 3 раз при использовании блочного LU-разложения матриц.

2. Результаты использованы в ряде НИР и учебном процессе ТУСУРа и АО «ИСС», г. Железногорск.

3. Результаты интеллектуальной деятельности: 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

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:

1. НИР «Разработка новых программных и аппаратных средств для моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры», проект №8.1802.2014/К, 2014–2016 гг.

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

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 «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РНФ 19-19-00424, 2019–2021 гг.

5. НИР «Структурно-параметрический синтез оптимальных полосковых структур для защиты технических средств от сверхкоротких импульсов» по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект № МД-2652.2019.9, 2020–2022 гг.

6. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РНФ 20-19-00446П, 2023–2024 гг.

7. НИР «Комплексный анализ преднамеренных электромагнитных воздействий по цепям заземления критичной аппаратуры», грант РНФ 24-29-00579, 2024–2025 гг.

8. Проект №23-00-003 «Исследование технологий и устройств беспроводного трансфера электромагнитной энергии для высокоскоростных мобильных и нательных устройств Интернета вещей (IoT/IIoT) и киберфизических систем» научно-учебной группы «Электродинамика замедляющих систем и метаматериалов», НИУ ВШЭ, 2024 г.

9. Учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУРа (бакалавриат).

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Газизова Рустама Рифатовича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в области исследования по п. 7 «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.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в печатных работах

Результаты опубликованы в 28 работах (3 без соавторов): 2 статьях в журналах из перечня ВАК, 11 докладах в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus, 3 статьях в журналах, индексируемых в РИНЦ, 7 докладах и 1 тезисах в трудах отечественных конференций, 4 свидетельствах о регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация «Комплексный поиск уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах» Газизова Рустама Рифатовича 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 26 чел. Результаты голосования: «за» – 26 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 5 от 04 декабря 2024 г.

Председатель,

к.т.н., доцент каф. ТУ

 А.В. Носов

Секретарь,

к.т.н., доцент каф. ТУ

 М.А. Самойличенко

Список публикаций соискателя Газизова Рустама Рифатовича

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Газизов Р.Р. Усовершенствованный алгоритм исследования безопасности электронных цепей с помощью N -норм в радиоэлектронной аппаратуре/ Р.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности – 2023 – № 4. – С. 267–282.

2. Зима Е. Модальное резервирование: современное состояние / Е. Зима, Р.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2024. – Т. 27. – №3. – С. 55–69.

Доклады в трудах конференций, индексируемых WoS и Scopus

3. Gazizov Ruslan R. Use of evolution strategy in identifying the worst case effects of ultrashort pulse propagation in PCB bus of spacecraft autonomous navigation system / Ruslan R. Gazizov, Rustam R. Gazizov and Talgat R. Gazizov // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). – Moscow, 13–15 March, – 2018. – P. 1-4.

4. Gazizov Ruslan R. Use of genetic algorithm and evolution strategy when revealing the worst case effects of crosstalk propagation in PCB bus of spacecraft autonomous navigation system / Ruslan R. Gazizov, A.M. Zabolotsky, Rustam R. Gazizov // 19st International conference on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2018. – P. 93–97.

5. Gazizov Rustam R. Simulating the influence of electrostatic discharge on a spacecraft power supply bus / Rustam R. Gazizov, Ruslan R. Gazizov, Timur T. Gazizov // 2019 Int. multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON). – Tomsk, 21–27 October, 2019. – P. 269–272.

6. Gazizov Rustam R. Simulation the effect of common-mode excitation of electrostatic discharge on the shielded power supply bus conductors / Rustam R. Gazizov, Ruslan R. Gazizov, Timur T. Gazizov // 2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). – Moscow, 11–13 March. – 2020. – P. 1–6.

7. Gazizov Rustam R. The detection of voltage extreme points of the shielded power supply bus under the ultrashort pulse excitation / Rustam R. Gazizov, Ruslan R. Gazizov, Timur T. Gazizov, // Proc. of 21th int. conf. of young specialists on micro/nanotechn. and electron devices (EDM) 2020.– P. 214–218.

8. Gazizov Rustam R. Optimization of duration of ultrashort pulse exciting the spacecraft power supply bus / Rustam R. Gazizov, Ruslan R. Gazizov, Timur T. Gazizov // 2020 Int. IEEE scientific and technical conference «Dynamics of systems, mechanisms and machines». – Omsk, Russian Federation, 2020. – P. 1–4.

9. Gazizov Rustam R. Differential mode pulse minimization by using the genetic algorithm in the bus / Rustam R. Gazizov, Ruslan R. Gazizov, Timur T. Gazizov, Mariia N. Kalinina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1047, no. 1. – P. 1–7.



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Национального
исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

д.э.н., профессор Радаев Вадим Валерьевич
«16» ноября 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Диссертация Газизова Рустама Рифатовича на тему: «Комплексный поиск уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах» выполнена в департаменте электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А. Н. Тихонова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (далее - Московский институт электроники и математики им. А. Н. Тихонова НИУ ВШЭ).

В 2020 г. Газизов Р.Р. окончил государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (далее – ТУСУР) по специальности «Информационно-аналитические системы безопасности».

В 2024 г. окончил очную аспирантуру Московского института электроники и математики им. А. Н. Тихонова НИУ ВШЭ по направлению 10.06.01 Информационная безопасность, направленность (профиль) Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

В период подготовки диссертации соискатель ученой степени Газизов Рустам Рифатович работал в:

- научно-исследовательской лаборатории "Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» ТУСУР с 2024 г. по настоящее время в должности младшего научного сотрудника;

- научно-исследовательской лаборатории "Фундаментальных исследований по электромагнитной совместимости" ТУСУР с 2024 г. по настоящее время в должности инженера.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Елизаров Андрей Альбертович, работает в департаменте электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А. Н. Тихонова НИУ ВШЭ в должности профессора.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных методов выявления уязвимостей в радиоэлектронных устройствах (РЭУ), учитывая их широкое применение в различных сферах жизнедеятельности современного общества. В условиях стремительного развития технологий и увеличения количества

РЭУ, используемых в критически важных инфраструктурах, таких как системы связи, энергетика, транспорт и оборона, возрастает риск преднамеренных и непреднамеренных воздействий различных элементов устройств друг на друга. Это делает задачу комплексного поиска уязвимых мест в РЭУ особенно важной для обеспечения уровня безопасности и защиты целых систем от потенциальных угроз.

Цель диссертационной работы состояла в усовершенствовании анализа безопасности РЭУ. Особое внимание уделяется использованию современных подходов к анализу электромагнитной совместимости, а также применению моделирования для оценки устойчивости РЭУ к внешним воздействиям.

Обоснованность научных положений

Автором диссертации был исследован большой пласт работ по теме уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах, а также рассмотрены литературные данные по экспериментальным и теоретическим исследованиям по поиску уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах.

Во введении представлена краткая характеристика работы. В разделе 1 выполнен обзор исследований по проблемам ЭМС, а также сформулированы цель и задачи работы. В разделе 2 приведены результаты использования перенумерации и оценена его эффективность. В разделе 3 приведены результаты локализации экстремумов сигнала при воздействии на СШЭП и ПП, а также показана эффективность использования при этом методов оптимизации. В разделе 4 показан способ анализа безопасности электронных устройств с помощью N -норм. В разделе 5 описан усовершенствованный алгоритм локализации экстремумов сигнала с результатами его апробации, а также экспериментально подтверждена возможность его использования. В заключении подведены итоги. Далее приведены списки сокращений и используемых источников. В приложении приведены копии актов внедрения, дипломов и свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

Обоснованность научных положений работы определяется корректной постановкой цели и задач исследования, обоснованным применением современных и адекватных методов их решения; анализом широкого круга литературных источников, содержащих исследования отечественных и зарубежных авторов по рассматриваемой проблеме; положительными результатами внедрения и апробации результатов диссертационного исследования.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, и составляющие научную новизну, получены автором лично или при его участии. Оценка эффективности перенумерации выполнена с Сергеем Петровичем Куксенко и Евгением Владимировичем Лежниным. Исследования экстремумов сигнала выполнены с Русланом Рифатовичем Газизовым. Усовершенствование алгоритма локализации экстремумов выполнено с Алексеем Андреевичем Квасниковым. Отдельные результаты получены совместно с соавторами публикаций. Непосредственный вклад автора состоит в выполнении моделирования, оптимизации, обработке и интерпретации данных, а также подготовке публикаций на всех этапах исследования.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований

Достоверность результатов основана на корректном использовании численных методов, обширном тестировании, согласованности аналитических и вычислительных оценок и совпадении полученных результатов с результатами коммерческого программного обеспечения и натурного эксперимента.

Научная новизна работы

1. Исследовано многократное вычисление методом моментов ёмкостной матрицы двух- и трёхпроводной линий передачи с изменяющейся толщиной проводника, отличающееся использованием блочного LU-разложения.
2. Предложены методы локализации максимумов напряжения и определения наводок в силовой шине электропитания, отличающиеся использованием эволюционных стратегий и генетических алгоритмов.
3. Усовершенствован алгоритм локализации экстремумов сигнала за счет учета его параллельных путей в проводниках многопроводных линий передачи и цепях схемы из отрезков таких линий.

Теоретическая значимость

1. Применительно к локализации экстремумов сигнала результативно использованы метод моментов, модифицированный узловой метод, методы оптимизации и N -нормы.
2. Выполнен массовый анализ безопасности структур с модальным резервированием с помощью N -норм.
3. Установлено, что при моделировании различных сигналов в силовой шине электропитания максимум локализуется вблизи источника.

Практическая значимость результатов проведенных соискателем ученой степени исследований

1. Показано ускорение многократного решения систем линейных алгебраических уравнений до 3 раз при использовании блочного LU-разложения матриц.
2. Результаты использованы в ряде НИР и учебном процессе ТУСУРа и АО «ИСС», г. Железногорск.
3. Результаты интеллектуальной деятельности: 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Апробация работы

Основные результаты, приведенные в диссертационной работе, докладывались на следующих научных семинарах и конференциях:

1. International multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON), Россия, г. Томск, 21 – 27 октября 2019 г. Доклад: «Simulating the influence of electrostatic discharge on a spacecraft power supply bus»;
2. Ural-Siberian conference on biomedical engineering, radioelectronics and information technology (USBREIT), Россия, г. Екатеринбург, 19 – 21 сентября 2022 г.

Доклад: «The models for evaluation of environment impact for the circuit board with modal reservation using N-norms»;

3. 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), Россия. г. Москва, 13 – 15 марта 2018 г. Доклад: «Use of evolution strategy in identifying the worst case effects of ultrashort pulse propagation in PCB bus of spacecraft autonomous navigation system»;

4. 2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), Россия. г. Москва, 11 – 13 марта 2020 г. Доклад: «Simulation the effect of common-mode excitation of electrostatic discharge on the shielded power supply bus conductors».

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 6 работах общим объемом 2,998 п.л.; личный вклад автора составляет 1,948 п.л.

Научная публикация	Личный вклад	Публикация входит в		
		Международные базы данных и системы цитирования (Web of Science/ Scopus/ MathSciNet...)	Список журналов НИУ ВШЭ (A-D)	Перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК
1. Газизов Р.Р. Усовершенствованный алгоритм исследования безопасности электронных цепей с помощью <i>N</i> -норм в радиоэлектронной аппаратуре / Газизов Р.Р.// Системы управления, связи и безопасности. 2023. № 4. С. 267–282.	личный вклад - 0,875 п.л.	нет	нет	да
2. Газизов Р.Р. Модальное резервирование: современное состояние / Зима Е., Газизов Р.Р.// Доклады ТУСУР. 2024. Т. 27. №3. С. 55–69.	в соавт., личный вклад – 0,468 п.л.	нет	нет	да
3. Gazizov Rustam R. Optimization of duration of ultrashort pulse exciting the spacecraft power supply bus / Gazizov Rustam R., Gazizov Ruslan R., Gazizov Timur T. // XIV International scientific and technical conference «Dynamics of systems, mechanisms and machines». 2020. Omsk. P. 1–4.	в соавт., личный вклад – 0,083 п.л.	Scopus, без квартиля	нет	нет
4. Gazizov Rustam R. Use of genetic algorithm and evolution strategy when revealing the worst case	в соавт., личный вклад – 0,104 п.л.	Scopus, без квартиля	нет	нет

effects of crosstalk propagation in pcb bus of spacecraft autonomous navigation system / Gazizov Ruslan R., Zabolotsky A.M., Gazizov Rustam R. // International conference on micro/nanotechnologies and electron devices EDM. 2018. Erlagol. P. 93–97.				
5. Gazizov R.R. Evaluation of the electrostatic discharge impact on the printed circuit board: a case study / Gazizov R. R. // International conference on micro/nanotechnologies and electron devices EDM. 2022. Erlagol. P. 1–5.	личный вклад – 0,312 п.л.	Scopus, без квартиля	нет	нет
6. Gazizov R.R. Studying the safety of electronic circuits using an improved N-norms-based approach / Gazizov R.R., Kvasnikov A.A., Yelizarov A. A. // International conference «Engineering management of communication and technology»(EMCTECH). 2023. Vienna. P.1–5.	в соавт., личный вклад – 0,104 п.л.	Scopus, без квартиля	нет	нет

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Результаты исследований позволили подготовить заявки и победить в следующих конкурсах: специальная стипендия факультета безопасности ТУСУРа за 2016 г.; повышенная государственная академическая стипендия студентам за достижения в научно-исследовательской деятельности в ТУСУРе в 2016–2019 гг.; стипендия Правительства РФ в 2016 и 2017 гг. студентам по приоритетным направлениям; стипендия Правительства РФ в 2016 г.; стипендия Президента РФ в 2017–2019 гг. студентам и аспирантам по приоритетным направлениям; стипендия Президента РФ в 2018 г.; именная стипендия Ф.И. Перегудова ТУСУРа за 2018 г.; именная стипендия Г.С. Зубарева ТУСУРа за 2019 г.; именная стипендия муниципального образования «Город Томск» за 2019 г.; российская национальная премия «Студент года – 2019»; премия Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения и культуры за отличные результаты в учебе, научно-исследовательской работе и активное участие в социально значимых проектах за 2019 г.; звание «Лучший выпускник ТУСУРа» в 2020 г.; стипендия Президента РФ среди аспирантов за 2022 г.; стипендия Благотворительного фонда «Система» для талантливой молодежи среди школьников, студентов и аспирантов за 2023 г.; специальная стипендия НИУ ВШЭ для аспирантов за 2023 г.

Результаты диссертационной работы Газизова Р.Р. использовались при выполнении:

1. НИР «Разработка новых программных и аппаратных средств для моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры», проект №8.1802.2014/К, 2014–2016 гг.

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

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 «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РНФ 19-19-00424, 2019–2021 гг.

5. НИР «Структурно-параметрический синтез оптимальных полосковых структур для защиты технических средств от сверхкоротких импульсов» по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект № МД-2652.2019.9, 2020–2022 гг.

6. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РНФ 20-19-00446П, 2023–2024 гг.

7. НИР «Комплексный анализ преднамеренных электромагнитных воздействий по цепям заземления критичной аппаратуры», грант РНФ 24-29-00579, 2024–2025 гг.

8. Проекте №23-00-003 «Исследование технологий и устройств беспроводного трансфера электромагнитной энергии для высокоскоростных мобильных и нательных устройств Интернета вещей (IoT/IIoT) и киберфизических систем» научно-учебной группы «Электродинамика замедляющих систем и метаматериалов», НИУ ВШЭ, 2024 г.

Диссертация Газизова Р.Р. на тему: «Комплексный поиск уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах» – это законченная научно-квалификационная работа, которая соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также Паспорту научной специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Диссертация Газизова Р.Р. на тему: «Комплексный поиск уязвимых мест в радиоэлектронных устройствах» 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 департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А. Н. Тихонова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» 05 декабря 2024 г, протокол заседания №7.

Присутствовало на заседании 12 человек. Участвовало в голосовании 10 человек.
Результаты голосования: «за» – 10 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0
человек.

Руководитель департамента
электронной инженерии
МИЭМ НИУ ВШЭ
д.т.н., профессор



Львов Борис Глебович



Подпись заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
АЗОВЦЕВ Т. Д.

