

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Дмитренко Анатолия Григорьевича на диссертацию Лакозы Александра Михайловича «Модели, методики и технические решения для защиты радиоэлектронных средств от сверхкоротких импульсов в синфазном и дифференциальном режимах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Актуальность темы диссертационной работы

Современные радиоэлектронные системы (РЭС) характеризуются повышенной плотностью компоновки элементной базы, ростом тактовых частот и пониженными уровнями питающих и рабочих напряжений. Совокупность этих факторов делает такие системы чувствительными к внешним электромагнитным помехам (ЭМП). Дополнительной опасностью для современных РЭС являются помеховые сверхкороткие импульсы (СКИ). Такие помехи описываются комбинацией синфазной и дифференциальной компонент, и для борьбы с ними необходимо учитывать каждую компоненту в отдельности.

Традиционные устройства защиты обладают паразитными параметрами и низким временем срабатывания, что в совокупности с необходимостью обеспечения защиты РЭС одновременно в синфазном и дифференциальном режимах требует комплексного подхода к проектированию новых устройств защиты и обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). Таким образом, разработка и исследование новых устройств и технических решений, обеспечивающих защиту от СКИ в синфазном и дифференциальном режимах, является актуальной задачей.

Анализ содержания работы

В состав диссертации входят введение, 4 раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, список используемых источников из 126 наименований и 3 приложения. Объем диссертации с приложениями – 237 с., в т. ч. 178 рисунков и 65 таблиц.

Во введении представлена краткая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, а также представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимости полученных результатов. **В первом разделе** обсуждается актуальность обеспечения ЭМС в РЭС, выполнен обзор современных активных, пассивных, интегрированных, экранированных и полосковых устройств защиты от СКИ, рассмотрены методики и подходы к анализу устройств защиты, а также сформулированы цель и задачи работы. **Во втором разделе**

представлены результаты выбора и обоснования структуры поперечных сечений устройств защиты, работающих в синфазном и дифференциальном режимах, построены геометрические и схемные модели устройства защиты. Изучено влияние расположения проводников, диэлектриков и нанесения радиопоглощающего материала (РПМ) на частотные и временные характеристики устройства защиты. Проведены оценки уровней вносимого затухания устройства защиты, при использовании его для модального резервирования. Выполнена разработка, моделирование и экспериментальное исследование устройства защиты от СКИ на основе центрально-симметричной экранированной структуры с модальным разложением в каскадном варианте исполнения, а также проведена оценка уровней излучения и восприимчивости электромагнитных помех. В конце раздела приведены результаты разработки устройства защиты на общем диэлектрическом основании и исследования его временных характеристик. **В третьем разделе** приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований устройств защиты на основе 6- и 8-проводных структур с модальным разложением. Получены коэффициенты ослабления, временные интервалы и погонные задержки. Проведена оптимизация параметров поперечного сечения по амплитудному и временному критериям. Выполнен анализ влияния материалов диэлектрических подложек, экранирующего корпуса и расположения каскадов на коэффициенты ослабления и погонные задержки 6- и 8-проводной структур. **В четвертом разделе** представлены результаты разработки и исследования планарного устройства защиты РЭС от СКИ. Оценено влияние вариантов компоновки индуктивных элементов на характеристики помехоподавляющего устройства защиты; разработана и описана методика проектирования планарного устройства защиты на основе последовательного соединения полосковой структуры с модальным разложением (ПСМР) и пассивного помехоподавляющего фильтра (ПФ), а также представлены результаты анализа в частотных и временных областях. **В заключении** представлены основные результаты, а также сформулированы рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы. **В приложении** приведены копии актов внедрения, патентов, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, сертификатов и дипломов.

Научная новизна

1. Предложено устройство защиты от сверхкоротких импульсов с использованием центральной симметрии проводников, работающее в синфазном и дифференциальном режимах и отличающееся объединением двух структур в единую конструкцию на общем диэлектрическом основании.

2. Предложены устройства защиты от сверхкоротких импульсов, работающие в синфазном и дифференциальном режимах с центрально-симметричным в поперечном сечении расположением проводников, выполненные в виде единой конструкции из двух структур с соединенными

на ближнем и дальнем концах опорными проводниками, отличающиеся увеличением числа проводников с 4 до 6 и 8 и симметричным воздействием помехи для 6-проводной и асимметричным – для 8-проводной структур.

3. Предложена методика проектирования планарного гибридного устройства защиты от сверхкоротких импульсов, работающего в синфазном и дифференциальном режимах, на основе пассивного помехоподавляющего фильтра и полосковой структуры с модальным разложением.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость определяется следующим:

1. Изучено влияние числа, расположения и схемы соединения проводников на уровень максимального напряжения на выходе устройств защиты в синфазном и дифференциальном режимах.

2. Получены зависимости влияния параметров поперечного сечения на задержки мод, временные интервалы и коэффициенты затухания устройств защиты, работающих в синфазном и дифференциальном режимах.

3. Изучено влияние материала диэлектрической подложки на максимальное напряжение на выходе устройств защиты в синфазном и дифференциальном режимах.

4. Оценено влияние расположения каскадов и расстояния до экранирующего корпуса на коэффициент затухания и погонные задержки устройств защиты, работающих в синфазном и дифференциальном режимах.

Практическая значимость определяется следующим:

1. Разработаны и внедрены схемная математическая модель и прототип помехоподавляющего фильтра в АО «Решетнев» (акт внедрения).

2. Внедрены результаты моделирования и экспериментального исследования устройств защиты на основе 6- и 8-проводных структур и экранированных полосковых структур в учебный процесс ТУСУРа (два акта внедрения).

3. Внедрены результаты квазистатического и электродинамического моделирования и экспериментальных исследований частотных и временных характеристик прототипов 6- и 8-проводных устройств защиты в НИР по грантам РФФИ и госзадания (три акта внедрения).

4. Сформулирована методика проектирования гибридных планарных устройств защиты, сочетающих преимущества полосковых устройств защиты с эффектом модального разложения и пассивных помехоподавляющих фильтров.

5. Предложены рекомендации по выбору топологии поперечного сечения, геометрических параметров, материалов, расположения каскадов и расстояния до экрана для реализации устройств защиты с эффектом модального разложения.

6. Разработаны и изготовлены макеты устройств защиты, работающих в синфазном и дифференциальном режимах: экранированного центрально-симметричного, с горизонтальным расположением каскадов и на основе 6- и 8-проводных полосковых структур.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы определяются согласованностью результатов вычислительных и лабораторных экспериментов. Основные результаты работы представлены на всероссийских и международных конференциях, а также в рецензируемых научных изданиях. Практическая реализуемость подтверждена изготовленными макетами устройств защиты.

Полнота опубликования результатов работы

По тематике диссертационной работы опубликовано 35 работ (3 без соавторов), в том числе 5 – в журналах из перечня ВАК, из них 3 – по научной специальности 2.2.13, 1 – по смежной отрасли и 1 – по смежной специальности; 13 докладов в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus; 12 докладов в трудах отечественных конференций; 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и 2 патента на изобретение.

Соответствие автореферата содержанию работы

Автореферат диссертации полностью отражает ее основные положения и полученные результаты.

Соответствие результатов работы паспорту специальности

Результаты работы соответствуют п. 7 паспорта специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Общая характеристика работы

Основным содержанием работы являются предложенные автором полосковые устройства защиты РЭС от СКИ в синфазном и дифференциальном режимах. Это такие устройства как экранированное центрально-симметричное устройство защиты, устройство защиты с центрально-симметричным расположением проводников на общем диэлектрическом основании, устройства на основе 6- и 8-проводных структур. Эти устройства были подвергнуты всестороннему анализу, включая реализацию макетов большинства из них и экспериментальные

измерения их помехоподавляющих свойств. Большое внимание в работе уделено предложенному в ней планарному гибричному устройству защиты на основе совместного использования пассивного помехоподавляющего фильтра и полосковой структуры с модальным разложением.

Замечания

1. В работе просматривается последовательный переход от 2-проводных к 6- и 8-проводным структурам. Однако в тексте диссертации отсутствует сравнительная оценка сложности реализации топологии таких многопроводных структур.

2. При описании гибридного устройства защиты рассматриваются две последовательности соединения звеньев: ПФ + ПСМР и ПСМР + ПФ. На основании приведённого в диссертации анализа трудно однозначно заключить, какая из этих последовательностей предпочтительнее для более эффективного помехоподавления. Этот вопрос требует дополнительного рассмотрения.

3. Любое устройство защиты вносит искажения в форму полезного сигнала, однако в тексте диссертации отсутствуют результаты моделирования «глазковых диаграмм» для высокоскоростных режимов передачи данных.

4. При воздействии реальных мощных помеховых СКИ с напряжением в сотни или тысячи вольт в узких зазорах между проводниками могут возникать критические значения напряженности электрического поля, которые могут вызвать пробой диэлектрической подложки и нарушить работу устройства. Поэтому, если говорить о практическом применении разработанных устройств, желательно иметь оценки электрической прочности предложенных топологий, которые в диссертации отсутствуют.

5. Обращают на себя внимание некоторые небрежности в оформлении работы. Например, на стр. 82 описание структуры в тексте не соответствует обозначениям на рис. 2.43; на рисунке 3.23 (стр. 107) приведены не все кривые; на рисунках 3.46, 3.48 на частотной оси указаны Гц вместо ГГц; на рис. 4.8 (стр. 187), рис. 4.11 (стр. 189), рис. 4.14 (стр.192) кривые неразличимы; на стр. 198 рекомендации 2 и 3 совпадают. В тексте диссертации содержится довольно много стилистических неточностей, грамматических ошибок и просто опечаток.

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертационная работа Лакозы Александра Михайловича является научно-квалификационным исследованием, в котором решена задача создания средств защиты РЭС от сверхкоротких импульсов в синфазном и

дифференциальном режимах, имеющая большое значение для радиотехники. Работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Лакоза Александр Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Я, Дмитренко Анатолий Григорьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор Национального исследовательского
Томского государственного университета
Дмитренко А.Г.


12.02.2026г.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.
Тел.: 83822 52-94-85
E-mail: dmitr.tsu.202@mail.ru



Подпись удостоверяю
Ведущий документовед
Андрienko И.В.