

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Дмитренко Анатолия Григорьевича на диссертацию Малыгина Константина Петровича «Помехозащитные структуры на основе витка меандровой микрополосковой линии с улучшенными характеристиками» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертационной работы

Проблема защиты радиоэлектронных средств (РЭС) от электромагнитных помех (ЭМП) является одной из актуальных задач электромагнитной совместимости (ЭМС). С каждым годом РЭС совершенствуются, в результате чего наблюдаются их миниатюризация и повышение быстродействия. Это приводит к росту плотности трассировки и частоты сигнала, что делает РЭС уязвимыми к воздействию ЭМП. Особую опасность для РЭС представляют мощные сверхширокополосные (СШП) помехи, в том числе сверхкороткие импульсы (СКИ), характеризующиеся малой длительностью. Широкий частотный спектр таких СКИ позволяет им проникать внутрь РЭС, вызывая сбои и даже повреждения компонентов. Для защиты РЭС от ЭМП применяются разные конструктивные (экранирование, заземление, оптимизация импеданса цепей питания) и схемотехнические (фильтрация, ограничительные устройства) решения. Однако их эффективность ограничена влиянием паразитных параметров выводов компонентов, недостаточным быстродействием, низким напряжением пробоя и т.д. Для защиты от ЭМП в широком диапазоне требуются сложные многоступенчатые устройства, что ведет к увеличению массы и габаритов РЭС, а также финансовых затрат на проектирование и производство. При этом, требуются простота и дешевизна устройств защиты. Поэтому актуальны совершенствование существующих и разработка новых подходов к защите РЭС от СШП помех.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Общий объем диссертации с приложениями – 149 с., в т.ч. 81 рисунок и 65 таблиц.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимости полученных результатов.

В первом разделе обоснована актуальность защиты РЭС от СШП воздействий, приведен обзор источников мощных СШП воздействий, подходов к защите от СШП воздействий и методов моделирования полосковых структур.

Во втором разделе выполнена однокритериальная и многокритериальная оптимизация параметров поперечного сечения витка меандровой микрополосковой линии (МПЛ). Сформулированы целевые функции: однокритериальная, обеспечивающая равенство среднего геометрического волновых сопротивлений четной и нечетной мод витка (Z_{cp}) сопротивлений

50 Ом; многокритериальная, обеспечивающая равенство интервалов времени между импульсами разложения и минимизацию амплитуды. Выполнены анализ влияния температуры на характеристики витка меандровой МПЛ и его оптимизация с помощью ГА и ЭС. Проанализировано влияние воды и льда на его характеристики.

В третьем разделе выполнен анализ разложения СКИ в витке меандровой МПЛ с двумя пассивными проводниками. Рассмотрены две схемы его соединений и различные граничные условия пассивных проводников. Получены оптимальные параметры по критерию минимизации амплитуды на выходе витка. Сформулированы условия разложения СКИ в такой структуре. Выполнено сворачивание витка меандровой МПЛ и его же, но с двумя пассивными проводниками в неосновные витки и проанализировано разложение СКИ в таких структурах. Выполнен анализ N -норм. Показано, что сворачивание исходных структур в неосновные витки с усиленной связью приводит к появлению дополнительных импульсов, вызванных отражениями и перекрестными помехами. С учетом этого выполнена структурно-параметрическая оптимизация витка по критериям разложения СКИ и минимизации его амплитуды.

В четвертом разделе экспериментально подтверждено увеличение ослабления СКИ при сворачивании витка меандровой МПЛ, а также при добавлении двух пассивных проводников и его сворачивании. Показано, что введение двух пассивных проводников в структуру меандровой МПЛ позволяет разложить СКИ на большее количество импульсов, увеличивая его ослабление. Кроме того, показано, что сворачивание витка уменьшает конечную площадь структуры и увеличивает количество отражений, которые дополнительно ослабляют СКИ. Продемонстрировано значительное ослабление узкополосной и сверхширокополосной помех на примере затухающей синусоиды и СШП импульса со спектром от 0,1 до 6 ГГц в свернутом витке меандровой МПЛ с двумя заземленными проводниками и покрытием из радиопоглощающего материала ЗИПСИЛ 601 РПМ-01. Кроме того, в результате его структурной оптимизации продемонстрированы уменьшение его площади и увеличение его полосы пропускания. Выполнен сравнительный анализ, демонстрирующий превосходство такой структуры над 25 известными фильтрами по ослаблению помех.

В заключении представлены основные результаты, даны рекомендации и приведены перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложениях приведены копии патентов и актов внедрения.

Научная новизна

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. Показаны возможности ослабления сверхширокополосной помехи в витке меандровой микрополосковой линии, а также увеличения полосы пропускания и уменьшения его площади при добавлении к нему двух заземленных на концах проводников, его сворачивания в дополнительные витки с усиленной связью и покрытия радиопоглощающим материалом.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость определяется следующим:

1. Оценено влияние температуры, воды и льда на характеристики витка меандровой МПЛ с симметричным поперечным сечением.

2. Изучены особенности влияния сворачивания витка меандровой МПЛ в неосновные витки с усиленной связью на ослабление СКИ.

3. Оценено влияние добавления к витку меандровой МПЛ двух пассивных проводников на ослабление СКИ.

4. Сформулированы условия, обеспечивающие полное разложение СКИ на импульсы меньшей амплитуды в симметричной и асимметричной меандровых МПЛ с двумя пассивными проводниками.

5. Выявлено, что за счет наличия перемычек и связи между неосновными витками при сворачивании меандровой МПЛ возникают отраженные импульсы разной полярности, дополнительно уменьшающие амплитуду СКИ на её выходе.

Практическая значимость определяется следующим:

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

2. Получено ослабление в 17 раз СШП импульса со спектром от 0,1 до 6 ГГц и в 20,5 раза затухающей синусоиды в свернутом витке меандровой МПЛ с двумя заземленными проводниками и покрытием из радиопоглощающего материала ЗИПСИЛ 601 РПМ-01;

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 покрытия радиопоглощающим материалом ЗИПСИЛ 601 РПМ-01;

4. Продемонстрировано 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 покрытия радиопоглощающим материалом ЗИПСИЛ 601 РПМ-01;

5. Отработана оптимизация генетическими алгоритмами (ГА) и эволюционными стратегиями (ЭС) меандровой МПЛ по одному и нескольким критериям, в том числе с учетом изменения температуры и наличия тонкого слоя воды или льда;

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», в отчётах по грантам РНФ, госзаданий и учебном процессе ТУСУРа (три акта внедрения).

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

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы определяются совпадением результатов моделирования квазистатическим и электродинамическим подходами и их согласованностью с результатами измерений во временной и частотной области на базе сертифицированных и поверенных аппаратно-программных комплексов.

Полнота опубликования результатов работы

По тематике диссертационной работы опубликована 21 работа, в том числе 3 статьи в изданиях, из перечня ВАК, 2 – в изданиях, индексируемых в Scopus (Q1/Q2), 3 – в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, 4 доклада в сборниках трудов конференций, индексируемых в WoS/Scopus, 4 – в других конференциях, а также 3 патента на изобретение. Материалы диссертационной работы в достаточной степени изложены в опубликованных работах.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает её содержание, основные положения и полученные результаты.

Общая характеристика работы

В работе обстоятельно теоретически и экспериментально исследованы свойства свёрнутого витка меандровой микрополосковой линии, в том числе с двумя пассивными проводниками и покрытием из радиопоглощающего материала, в плане его использования для ослабления сверхкоротких импульсов и уменьшения габаритов устройства защиты на его основе. Выполнена также параметрическая оптимизация витка обычной (несвёрнутой) меандровой микрополосковой линии по одному и двум критериям. Исследовано влияние температуры, воды и льда на параметры витка.

Замечания

1. В разделе «Научная новизна» неудачно сформулирован п.3.

2. Подразделы 2.1 и 2.2 выглядят в диссертации лишними. Результаты этих подразделов далее в работе не используются.

3. В подразделе 4.3 не указана толщина радиопоглощающего материала у прототипа и при моделировании. Отсутствуют исследования влияния толщины радиопоглощающего материала на уменьшение амплитуды СКИ и целостность полезного сигнала.

4. На ряде рисунков, например на рис. 4.19, 4.23, 4.26, 4.21, кривые, относящиеся к разным ситуациям, визуально мало отличаются. Кроме того, они даже не пронумерованы.

5. На стр. 107 перепутаны номера структур в тексте и в таблице 4.10.

6. В тексте работы имеются стилистические и грамматические ошибки.

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертационная работа Малыгина Константина Петровича «Помехозащитные структуры на основе витка меандровой микрополосковой линии с улучшенными характеристиками» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи подавления сверхширокополосных помех, имеющей существенное значение в области радиотехники. Диссертационная работа удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Малыгин Константин Петрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 — «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Я, Дмитренко Анатолий Григорьевич, даю своё 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.


08.11.2024г.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: 3822 52-94-85

E-mail: dmitr.tsu.202@mail.ru



Подпись удостоверяю
Ведущий документовед
Андреев И. В.

