

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Хажобекова Романа Руслановича
«Многокаскадные модальные фильтры»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и
устройства телевидения

Диссертационная работа Хажобекова Романа Руслановича посвящена совершенствованию помехозащиты и улучшению показателей электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) на базе разработанных автором конструкций многокаскадных модальных фильтров (МФ) и методов их проектирования.

Диссертация содержит введение, 6 глав, заключение, список литературы из 118 наименований и приложение. Объем диссертации – 202 с., в том числе 149 рисунков и 13 таблиц. Во введении охарактеризованы ключевые аспекты диссертационной работы. В разделе 1 проведен обзор литературы по проблеме защиты РЭС от сверхкоротких импульсов (СКИ), оказывающих существенное негативное воздействие на функционирование РЭС. В разделе 2 представлены результаты исследования характеристик конструкций МФ для защиты сетевого оборудования, в том числе сравнение результатов квазистатического и электродинамического моделирования, моделирование макетов МФ, оценка уровня излучаемой ими электромагнитной эмиссии. В разделе 3 приведены результаты исследований и разработки МФ с периодическим профилем области связи проводников (встречно-штыревым, *L*-образным и спиралевидным профилями), приведены выражения для вычисления параметров МФ со встречно-штыревой структурой проводников, выполнена разработка макета МФ со встречно-штыревой структурой проводников. В разделе 4 приведены результаты разработки и исследований характеристик МФ для защиты радиоэлектронных средств космических аппаратов (КА) от СКИ. В разделе 5 исследованы характеристики многокаскадного исполнения МФ и гибридных устройств защиты, в том числе решения по увеличению крутизны спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и ширины полосы пропускания,

разработке и измерению характеристик гибридных устройств защиты. В разделе 6 описано использование результатов работы, в том числе даны рекомендации. В заключении сделаны выводы по работе. Далее следует список литературы. В приложении представлены копии актов внедрения и других сопутствующих документов.

Автореферат диссертации выполнен в соответствии с требованиями ВАК. Содержание автореферата позволяет в полной мере ознакомиться с содержанием диссертационной работы и ее основными результатами.

Актуальность избранной темы

Значительный научный и практический интерес к разработке новых радиоэлектронных средств связан с перспективами их широкого применения в любых областях науки и техники. Современной тенденцией при разработке таких средств являются всё возрастающие требования к степени их защиты от мощных преднамеренных и случайных СКИ. Для такой защиты была предложена технология модальной фильтрации. Конструкции МФ обладают длительным сроком службы и являются простыми и дешевыми в изготовлении. Однако они обладают рядом недостатков, таких как заметные габариты, недостаточный коэффициент ослабления импульса и узкая полоса пропускания. Для устранения этих недостатков предложено использовать конструкции многокаскадных МФ. С этой точки зрения представляют значительный интерес относительно малоисследованные аспекты их проектирования. Поэтому тематика исследований, направленная на создание методологии, алгоритмов и программного обеспечения для проектирования и имитационного моделирования многокаскадных модальных фильтров, является современной, актуальной и наверняка будет востребована при разработке РЭС различного назначения.

Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы определяется следующими основными результатами:

1. Предложен и успешно апробирован новый метод расчёта уровня излучаемой электромагнитной эмиссии от каскадных МФ, и на его базе впервые выполнена оценка такой эмиссии от 7-каскадного фильтра, где, в том числе, показана возможность уменьшения уровня эмиссии за счет выравнивания длины полу-витков.

2. Впервые выявлена возможность увеличения значения и изменения знака разности временных задержек мод в структурах МФ с торцевой связью полосковых линий и периодическим профилем их области связи.

3. Предложена защита бортовой РЭС космического аппарата от сверхкоротких импульсов в цепях высоковольтного питания, отличающаяся использованием МФ с лицевой связью полосковых линий.

4. Впервые обоснована возможность увеличения ширины полосы пропускания и крутизны спада амплитудно-частотной характеристики МФ путем разделения пассивного полоскового проводника на отрезки.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость следует из нижеперечисленных результатов анализа и параметрического синтеза:

1. Исследованы особенности влияния периодичности профиля области связи полосковых проводников МФ на разность задержек мод.

2. Для МФ со встречно-штыревой структурой проводников предложен способ и выражения для вычисления матриц погонных коэффициентов электростатической и электромагнитной индукции.

3. Выявлены особенности влияния количества отрезков пассивного проводника на крутизну спада амплитудно-частотной характеристики и ширину полосы пропускания МФ с лицевой связью.

4. Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе квазистатический анализ, метод моментов, модифицированный узловый метод, электродинамический анализ, экспериментальные методы измерения характеристик.

Практическая значимость обусловлена изготовленными МФ, так сказать «в металле», и результатами их натурных исследований:

1. Измерены излучаемые электромагнитные эмиссии семикаскадных МФ для защиты оборудования Fast Ethernet.

2. Разработаны макеты МФ: со встречно-штыревой структурой проводников для защиты оборудования вычислительных сетей и с лицевой связью для защиты РЭС космического аппарата.

3. Измерены частотные и временные характеристики каскадного соединения МФ, МФ с пассивным проводником, разделенным на отрезки линий передачи и гибридного соединения МФ с помехоподавляющим фильтром.

4. Выработаны рекомендации по проектированию меандровых линий задержки на печатной плате с минимальной амплитудой перекрестных наводок, а также по выбору подхода к их имитационному моделированию для решения задач ЭМС.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений и выводов данной работы подтверждается согласованностью результатов моделирования и натурального эксперимента. Для получения результатов применено имитационное моделирование с использованием квазистатического и электродинамического подходов и натурный эксперимент с использованием скалярного анализатора цепей и комбинированного стробоскопического осциллографа. Рекомендации по работе приведены в заключении и вполне обосновываются содержанием работы.

Достоверность результатов

Достоверность результатов работы основана на корректном использовании метода моментов, теории одиночных и связанных линий передачи сверхвысоких частот с ТЕМ и квази-ТЕМ волной, а также подтверждается согласованностью результатов, полученных разными методами моделирования и натурным экспериментом, включая использование результатов на практике. Основные положения диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных научных конференциях (12 докладов), опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК (3 статьи) и в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science (6 публикаций). Всего опубликованы 22 работы.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Работа изложена грамотным языком в хорошем научном стиле, содержание работы выстроено логично, проведёнными исследованиями поставленная цель работы достигнута. Текст хорошо иллюстрирован графиками, схемами, таблицами. Качество оформления диссертации и автореферата соответствует предъявляемым требованиям по библиотечному и информационно-издательскому делу. По каждой главе сформулированы содержательные выводы, что свидетельствует о чёткости системного подхода в проведении диссертационных исследований. Вместе с тем, в работе

встречаются орфографические и пунктуационные неточности, а также неудачно сформулированные термины и выражения, например, «низкоомный модальный фильтр» или «ЕМІ-фильтр».

Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 2.1 сравниваются результаты моделирования МФ с применением квазистатического и электродинамического подходов. В некоторых случаях налицо достаточно большие отклонения результатов (до 20 процентов), оставленные соискателем без комментариев.

2. В работе присутствуют результаты, которые не анализируются или не влияют на выводы. Так, например, в разделе 3.2 для МФ с разными профилями области связи приводятся частотные зависимости модулякоэффициента отражения $|S_{11}|$, которые никак не описываются и не используются для дальнейших вычислений.

Тем не менее, в диссертационной работе получены значимые результаты, на основе которых выполнена комплексная оптимизация многокаскадных модальных фильтров, нашедших практическое применение. Поэтому сделанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы, и не будут препятствовать её поддержке с моей стороны в процессе защиты на заседании Диссертационного Совета.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней

Основываясь на вышеизложенном, можно уверенно сделать вывод о том, что диссертация Хажобекова Романа Руслановича является научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача, связанная с совершенствованием характеристик помехозащитных фильтров и имеющая значение для технических наук в области исследования «Разработка устройств генерирования, усиления, преобразования радиосигналов в радиосредствах различного назначения. Создание методик их расчета и основ проектирования», согласно п. 3 областей исследований паспорта специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертационная работа Р.Р. Хажобекова соответствует требованиям ВАК и предписаниям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент,
доктор технических наук (05.12.21 по номенклатуре
1999 года), доцент по кафедре «Конструирование и
технология радиоэлектронных средств»,
и.о. профессора по кафедре «Радиоприёмные и радио-
передающие устройства» Новосибирского государст-
венного технического университета

А.П. Горбачев

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

630073, Новосибирск, проспект Карла Маркса, дом 20, корпус 4.

Телефон: +7 (383) 346-15-46.

E-mail: gorbachev@corp.nstu.ru

Подпись и.о. профессора А. П. Горбачева заверяю.

Начальник отдела кадров НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна
года.



« 19 » ноября 2019