

ОТЗЫВ

официального оппонента Горбачева Анатолия Петровича
на диссертационную работу Самойличенко Марии Александровны
«Повышение качества защиты от нежелательных импульсных воздействий
в конфигурациях полосковых линий передачи
с дополнительными проводниками в заземленном основании»,
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертационной работы

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) становится всё более востребованным фактором. Это обусловлено ростом плотности размещения радиоэлектронной аппаратуры на объектах установки и монтажа компонентов внутри функциональных узлов и блоков, ширины спектра распространяющихся в них радиосигналов и непреднамеренных и преднамеренных помех, а также несовершенством электрогерметичности радиопередатчиков и радиоприемников полезных сигналов, включая фильтрующие каскады, предшествующие передающей антенне. Показательным примером являются побочные электромагнитные излучения, в том числе от боковых лепестков диаграмм направленности антенн. Расширяющаяся рабочая полоса частот

антенн также способствует проникновению в радиоаппаратуру энергии преднамеренных сверхширокополосных импульсных воздействий, генераторы которых непрерывно совершенствуются, в части роста амплитуды, верхней частоты спектра и частоты повторения импульсов. В этой связи, весьма востребована эффективная защита от больших импульсных токов, наводимых в цепях сигналов, управления и питания внутри аппаратуры. Поэтому тема диссертационной работы представляется весьма актуальной.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 218 страницах и включает введение, четыре раздела, заключение, список использованных источников и приложения.

Во введении обосновывается актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи, охарактеризован объект исследований, дано обоснование научной новизны и практической значимости, представлены сведения об апробации результатов исследований, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первый раздел посвящён обзору способов и приёмов защиты РЭС от импульсных помех.

Во втором разделе анализируются печатные модальные фильтры с пассивным проводником между выступами в опорной заземлённой плоскости и проводится нелинейная параметрическая оптимизация соответствующих целевых функций нескольких переменных с учётом ограничений конструктивно-технологического характера.

В третьем разделе выполнена параметрическая оптимизация печатных модальных фильтров на двухсторонне фольгированной диэлектрической заготовке.

Четвёртый раздел посвящён экспериментальным исследованиям разработанных модальных фильтров с целью подтвердить основные результаты теоретических исследований по заявленной теме.

Выводы по разделам и в целом по диссертационной работе чётко сформулированы, теоретические положения доказаны и подтверждены результатами измерений с использованием сертифицированной современной аппаратуры. Оформление материалов работы соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным работам. Автореферат полностью отражает структуру и содержание диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Что касается трёх положений, выносимых на защиту, то примечательно, что каждое из них основано строго на соответствующем пункте научной новизны. При этом степень обоснованности утверждений в положениях достаточно высока и заслуживает поддержки.

В первом положении, касающемся самой простой структуры, утверждается о значительном ослаблении импульса помехи лишь с помощью обычных вырезов в опорной плоскости микрополосковой линии (МПЛ). Весьма примечательны простота, но нетривиальность этого утверждения, несмотря на то, что МПЛ, как таковая, давно известна. Обоснованность положения доказана не только квазистатическим, но и электродинамическим моделированием, а также экспериментом, причем на двух изготовленных макетах.

Второе, более сложное, положение объединяет в себе довольно большой объем результатов. Их можно было представить даже несколькими отдельными, более простыми и ясными, положениями. Но автору удалось объединить в этом утверждении несколько факторов (симметричные вырезы, соединение опорных проводников, переход от резистивных граничных условий к более простым, но эффективным, отсутствие некоторых опорных

проводников), позволяющих превращать широко известную копланарную линию во всё более совершенное устройство защиты. Обоснованность этого положения доказана использованием моделирования на базе теории многопроводных линий передачи, а также экспериментальными исследованиями на макетах.

Третье положение, является, пожалуй, самым объемным, поскольку, по сути, состоит из четырёх частей. Первая часть интересна тем, что посвящена мало исследованному вопросу появления, кроме импульсов мод, ещё и дополнительных импульсов, с задержками, представляющими линейные комбинации погонных задержек мод. Вторая, третья и четвертая части утверждают о конкретном росте ослабления трёх вариантов защитных структур с переходом от резистивных граничных условий к короткому замыканию и холостому ходу. Обоснованность положения также доказана многочисленными результатами моделирования и эксперимента.

Что касается степени обоснованности выводов, то они подробно и весьма взыскательно сформулированы в конце разделов на основе реально имеющихся результатов в самих разделах. После первого раздела, это логично следующие из него цель и задачи работы. После второго и третьего разделов, это многочисленные результаты моделирования различных вариантов двух базовых структур. После четвертого раздела, это результаты натурных экспериментов.

Что касается рекомендаций, то их обоснованность также не вызывает сомнений. Часть их следует из подраздела «Практическая значимость» во Введении и обобщена в четырех пунктах. Кроме того, они косвенно следуют из 11 пунктов подраздела «Использование результатов исследования». Наконец, они кратко обобщены парой предложений подраздела «Рекомендации» в Заключение.

Достоверность результатов

О достоверности результатов уже косвенно упоминалось, когда рассматривались положения. Тем не менее, можно дополнительно отметить, что основные результаты работы получены моделированием, и автор уделил внимание их достоверности. Так, он использует доступную ему систему TALGAT, предварительно увеличивая количество сегментов границ проводников и диэлектриков поперечного сечения, чтобы добиться сходимости результатов моделирования. Достоверность результатов моделирования подтверждена согласованностью результатов, полученных в разных программах и разными методами. Кроме того, изготовлены макеты разных структур, измерены их частотные и временные характеристики, которые хорошо согласуются с данными, полученными моделированием. Таким образом, достоверность результатов подтверждена разными способами, аккуратно и целесообразно реализованными. Между тем, определенным доказательством достоверности результатов является и их широкая апробация. Она подтверждена многочисленными победами во внушительном перечне различных конкурсов, большим числом докладов на конференциях различного уровня, в т.ч. индексируемых Scopus и Web of Sciences, и статьями в журналах из перечня ВАК, а также индексируемых Scopus и Web of Sciences, в том числе из Q1.

Обоснованность и новизна научных положений и выводов

Научная новизна сформулирована в трех пунктах и заслуживает поддержки. Суть их, как отмечено выше, отражена в положениях. Поэтому нет необходимости её приводить. Техническая новизна подтверждена тремя патентами на изобретение: двумя на устройство и одним на способ.

Целесообразно подчеркнуть, что обоснованность результатов диссертационной работы обеспечена выбором непротиворечивого и

адекватного рассматриваемым задачам математического аппарата, а применяемые численные и аналитические методы основаны на проверенных временем методиках. Результаты работы воспроизводимы и повторяемы, а количественное и качественное совпадение результатов моделирования и экспериментальных данных убедительно. В частности, предложенные теоретические выкладки подтверждаются моделированием и результатами экспериментальных исследований затухания сверхкороткого импульса в макете модального фильтра с двумя вырезами в копланарной линии передачи.

Общая оценка диссертационной работы

Рассматриваемую работу можно квалифицировать как имеющую чёткую иерархию и структурную целостность, характеризующуюся полнотой представления теоретических и экспериментальных результатов, отвечающую тем самым критериям завершённости в научном и техническом планах.

Вместе с тем, по диссертационной работе имеется ряд замечаний.

Так, пункт 2 научной новизны и положение 2 можно было бы представить несколькими отдельными пунктами.

Далее, оптимизация выполнена эвристическим поиском, который не гарантирует высокую степень вероятности нахождения глобального экстремума, тогда как использование имеющихся, весьма совершенных методов оптимизации могло бы, на мой взгляд, более убедительно судить об оптимальности найденного решения.

Нельзя также не отметить, что исследования проведены для антенно-фидерных трактов с волновым сопротивлением 50 Ом. Между тем, во многих технических требованиях к намечающимся проектам задействованы и другие граничные условия на концах печатных проводников.

Кроме того, в ряде образцов модальных фильтров используются печатные проводники с весьма малыми зазорами между ними. Так, в таблицах 3.19 и

3.20 фигурирует зазор 0,1 миллиметра. При реализации полосковых проводников методами фотолитографии присущая им 100-процентная корреляция величины зазора и ширины проводников приводит к необходимости исследований влияния допусков на геометрические размеры линий (или, что тоже: разрешающей способности технологического оборудования фотолитографии и избирательного травления медной фольги с пробельных мест на диэлектрической заготовке) на выходные электрические характеристики фильтров. Попутно вызывают недоумение подписи осей абсцисс на графиках обеих таблиц, где обозначена ширина линий в микрометрах. По-видимому, должно быть указано в миллиметрах, о чём свидетельствует текст концовки первого абзаца подраздела 3.2.2 (стр. 102).

Отмеченные замечания не снижают научную значимость и не оказывают существенного влияния на основные результаты и практическую направленность работы, а также не умаляют мою убеждённость в её поддержке.

Выводы

Представленная диссертационная работа Марии Александровны Самойличенко является законченным самостоятельно выполненным научным исследованием, представляющим значимый и прикладной интерес, содержит ряд обоснованных научных положений, выводов и рекомендаций, изложена технически грамотным языком, логически структурирована по разделам. Публикации и автореферат достаточно полно отражают содержание и основные результаты работы. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» с учётом дополнений, изложенных в соответствующих Постановлениях Правительства Российской Федерации.

Автор работы Самойличенко Мария Александровна вполне состоялась как квалифицированный научный специалист, способный самостоятельно ставить и решать достаточно сложные научно-технические задачи, и потому

заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.



Горбачев А.П.

Сведения

Горбачев Анатолий Петрович, доктор технических наук по специальности 05.12.21 (номенклатура 1999 года), доцент по кафедре «Конструирование и технология радиоэлектронных средств», и.о. профессора кафедры «Радиоприёмные и радиопередающие устройства» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

630073, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, дом 20, корпус 4.

Телефон: +7(383)346-15-46.

E-mail: gorbachev@corp.nstu.ru

Подпись профессора А.П. Горбачева заверяю.

Начальник отдела кадров

Пустовалова Ольга Константиновна  «17» августа 2022 года

