

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Карри Салима  
«Полосковые устройства защиты на основе витка меандровой  
линии с модифицированной структурой»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том  
числе системы и устройства телевидения

### АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Вопросы функциональной безопасности и надежности при проектировании радиоэлектронных средств (РЭС) неразрывно связаны с обеспечением требований электромагнитной совместимости (ЭМС). Одной из задач ЭМС является защита РЭС от электромагнитных воздействий (ЭМВ). К опасным видам ЭМВ относятся сверхширокополосные (СШП) импульсные воздействия. Они способны проникать внутрь РЭС за счёт широкого спектра, минуя средства защиты, и выводить из строя их чувствительные цепи. Для защиты от таких воздействий применяются схемотехнические и конструктивные решения, но они не лишены недостатков и не всегда способны обеспечить должную защиту. Поэтому совершенствование существующих и поиск новых решений для защиты не теряют своей актуальности. Диссертационная работа посвящена совершенствованию одного из таких решений. Поэтому выбранная тематика и результаты, представленные в работе, актуальны.

### АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация Карри С. состоит из введения, 4 глав и заключения. Она содержит список источников из 167 наименований, 101 рисунок, 34 таблицы и 1 приложение. Общий объем диссертации – 184 страницы.

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

**В первом разделе** обоснована актуальность защиты РЭС от ЭМВ, приведен обзор источников преднамеренных ЭМВ, подходов к защите от ЭМВ и методов моделирования полосковых структур.

**Во втором разделе** оценено влияние сетки дискретизации модели витка меандровой линии (МЛ) на результаты моделирования электродинамическим подходом. Выполнен анализ ослабления помеховых воздействий разной формы в полосковых устройствах с модальным разложением. Оценено влияние потерь на распространение помеховых воздействий в витке МЛ, в том числе на рассеяние мощности сверхкоротких импульсов.

**В третьем разделе** представлены результаты модификации полосковых устройств с модальным разложением для совершенствования их характеристик. Рассмотрена трассировка витка МЛ с симметричным поперечным сечением в виде меандра со слабой связью между его полувитками; уменьшение размеров

витка за счёт добавления дополнительных проводников, заземленных на концах; увеличение ослабления за счёт усиления асимметрии поперечного сечения витка.

**В четвертом разделе** представлены результаты измерений характеристик прототипов на основе модифицированных структур, доказывающие возможность их применения. Выполнен сравнительный анализ эффективности изготовленных прототипов для ослабления помеховых воздействий с известными решениями.

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

**В приложении** приведены копии актов внедрения.

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

В диссертационной работе получены следующие новые результаты:

– предложена трассировка витка меандровой линии с симметричным поперечным сечением, в котором обеспечивается модальное разложение импульсного сигнала на составляющие, отличающаяся сворачиванием витка в виде меандра со слабой электромагнитной связью между его полувитками;

– разработан подход к уменьшению электромагнитной связи между полувитками витка меандровой линии с симметричным поперечным сечением, свернутого в меандр, отличающийся добавлением, заземленных на концах, дополнительных проводников между неосновными полувитками;

– доказана возможность дополнительного ослабления импульсного воздействия в витке меандровой микрополосковой линии, отличающаяся увеличением ширины одного из проводников витка.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Теоретическая значимость определяется следующим:

– оценено влияние дискретизации границ структуры на результаты электродинамического моделирования временного отклика витка меандровой линии с симметричным поперечным сечением;

– исследованы особенности влияния длины и ширины проводника витка меандровой линии с симметричным поперечным сечением на рассеяние мощности гауссова импульса из-за всех видов потерь;

– предложены 3 модификации структуры витка меандровой линии для улучшения характеристик полосковых устройств защиты на их основе.

Практическая значимость определяется следующим:

– показана возможность уменьшения на 45% ширины поперечного сечения витка меандровой линии, свернутого в меандр, с сохранением свойств защиты за счёт добавления дополнительных заземленных проводников;

– разработаны и измерены характеристики 5 прототипов устройств на основе витка меандровой линии, обеспечивающих разложение импульсных сверхширокополосных воздействий;

– экспериментально доказано, что увеличение асимметрии поперечного сечения витка меандровой линии увеличивает амплитуду дополнительного импульса разложения, ослабляя импульсное сверхширокополосное воздействие.

На значимость работы для решения практических задач также указывает внедрение её результатов в АО «РЕШЕТНЁВ», НИР по грантам Президента РФ, РФФИ и РФФИ и учебный процесс ТУСУРа (три акта внедрения).

### СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Обоснованность и достоверность результатов, изложенных в диссертации, подтверждается совпадением результатов численного моделирования разными методами и их согласованностью с результатами, полученными экспериментально на базе современных аппаратно-программных комплексов.

### ПОЛНОТА ОПУБЛИКОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ, СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

По результатам исследований, представленных в диссертационной работе, **опубликовано** 16 работ, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК, 3 доклада в трудах конференций, индексируемых в WoS/Scopus, 9 докладов в трудах других конференций. Материалы диссертационной работы достаточно полно изложены в опубликованных работах.

**Автореферат** диссертационной работы написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и в достаточной мере отражает содержание и основные положения, сформулированные в диссертации.

### ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТУ

1. В части экспериментальных исследований разработанных прототипов устройств недостаточно полно пояснены причины расхождения результатов, полученных численно и экспериментально.

2. В работе не приведены результаты измерений прототипа асимметричного витка МЛ с лицевой связью, хотя в п. 3.3.2.2 показаны результаты его численного моделирования разными методами.

3. Не рассмотрено влияние разработанных прототипов устройств защиты на искажение полезных сигналов, хотя необходимость таких исследований очевидна.

4. Текстовая форма представления результатов не лишена недостатков. В ней встречаются орфографические, пунктуационные и стилистические ошибки, а также опечатки.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Несмотря на перечисленные недостатки, диссертация Карри С. является завершённой научно-квалификационной работой, где предложено решение актуальной научно-исследовательской задачи. Результаты работы обладают новизной, теоретической и практической значимостями, а выводы, сделанные в работе, являются обоснованными и достоверными.


2. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г №842, а её автор, Карри С., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ,

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры систем автоматизированного  
проектирования Казанского национального  
исследовательского технического  
университета им. А.Н. Туполева-КАИ

 Гизатуллин З.М.

ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ  
420111, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.  
Телефоны: +7 (843) 231-00-81  
E-mail: zmgizatullin@kai.ru

Подпись   
заверяю. Начальник управления  
делопроизводства и контроля

