

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Белоусова Антона Олеговича
**«Анализ и оптимизация многопроводных структур
с модальным разложением для обработки импульсных сигналов»**,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.04 – Радиотехника,
в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью защиты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от импульсов субнаносекундного диапазона. Известно, что для защиты от преднамеренных электромагнитных воздействий в широком диапазоне требуются сложные многоступенчатые устройства, что ведет не только к увеличению массы и габаритов устройства, но и финансовых затрат на проектирование и производство. Практика же, наоборот, требует простоты и дешевизны устройств защиты. Поэтому актуален поиск новых простых и дешевых устройств защиты. С точки зрения простоты и универсальности, в субнаносекундном диапазоне представляются перспективными устройства защиты от импульсов на основе многопроводных структур. Защита в таких структурах основана на явлении модального разложения импульса на последовательность импульсов меньшей амплитуды. Это явление ранее исследовалось в работах Газизова Т.Р., Заболоцкого А.М. и др. Однако многие аспекты проблемы использования многопроводных структур для защиты от СКИ оставались открытыми. Их исследованию посвящена данная диссертация. Таким образом, тема диссертационной работы является современной и актуальной.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений и выводов диссертационной работы Белоусова А.О. подтверждается тем, что для получения результатов применено как имитационное моделирование с использованием квазистатического и электродинамического подходов, так и натуральный эксперимент.

Так, для подтверждения первого научного положения автором использовано сравнение результатов квазистатического моделирования и натурального эксперимента. Для подтверждения второго положения сначала предложены аналитические соотношения, представляющие из себя критерии для оптимизации, а после эти критерии апробированы моделированием и оптимизацией эвристическим поиском. В третьем положении использованы аналитические соотношения в виде целевых функций для многокритериальной оптимизации, результаты которой подтверждаются корректным использованием метода моментов, генетических алгоритмов и модифицированного узлового метода для вычисления временного отклика, реализованных в известной системе TALGAT, которая давно и плодотворно используется в научном коллективе автора. Кроме того, результаты,

полученные при оптимизации посредством оптимизации генетическим алгоритмом и представленные в третьем положении, косвенно подтверждаются результатами натурального эксперимента.

Должно отметить, что выводы, сделанные автором в конце каждого раздела, также представляются вполне обоснованными. Именно из них и сформулированы основные положения, выносимые на защиту, а также научная новизна результатов работы и их теоретическая и практическая значимости. Рекомендации, приведенные в заключении, обоснованы содержанием работы.

Достоверность результатов

Достоверность результатов подтверждается следующим:

- сравнением результатов моделирования с результатами других программных продуктов и натурального эксперимента;
- сравнением результатов, полученных по аналитическим моделям, с результатами вычислительного эксперимента численными методами;
- реализованностью предложенных устройств на практике в виде макетов.

Результаты диссертации обсуждались на научных конференциях международного и всероссийского уровней и опубликованы в журналах из перечня ВАК (в т.ч. журналах «Труды МАИ» и «Системы управления, связи и безопасности»), а также в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, в т.ч. в высокорейтинговых журналах «Complexity» (Q1 WoS) и «Symmetry» (Q1 Scopus).

Научная новизна

Научная новизна диссертации определяется комплексом новых полученных автором результатов:

- предложена защита радиотехнических устройств от сверхкоротких импульсов на основе использования многопроводных модальных фильтров: микрополосковых; зеркально-симметричных; с круговой симметрией;
- доказана возможность максимизации длительности полностью разлагаемого на последовательность импульсов в многопроводных полосковых модальных фильтрах сверхкороткого импульса, достигающаяся за счет максимизации разности задержек между первым и последним импульсами разложения и выравнивания – между соседними;
- введены целевые функции, компоненты которых зависят от амплитуды выходных импульсов, их разностей задержек, временных интервалов между ними, согласования с трактом, массы и объема, и доказана перспективность совместного использования этих компонент при многокритериальной оптимизации структур с модальным разложением;

Теоретическая и практическая значимости

Теоретическая значимость:

1. Раскрыты особенности влияния параметров зеркально-

симметричного и многопроводных микрополосковых модальных фильтров на погонные задержки мод и отклик на воздействие сверхкороткого импульса.

2. Проведена модернизация: целевых функций для оптимизации модальных фильтров; выражений для вычисления погонных задержек мод зеркально-симметричного модального фильтра.

3. Изложен сравнительный анализ четырехпроводного микрополоскового модального фильтра и зеркально-симметричного модального фильтра.

4. Изучены причинно-следственные связи между асимметрией матриц погонных параметров многопроводных линий передачи и формой напряжения в конце линии.

Практическая значимость:

1. Разработаны и внедрены результаты: моделирования шины печатной платы радиоприемного устройства системы автономной навигации космического аппарата, выявления уровня перекрестных наводок и оценки коэффициента передачи в межсоединениях печатной платы, позволившие выявить критичные места трассировки; создания методологии для синтеза оптимальной сети высоковольтного электропитания перспективных космических аппаратов (2 акта внедрения в АО «ИСС», г. Железногорск); моделирования, экспериментальных исследований и оптимизации многопроводных микрополосковых модальных фильтров для защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов, позволившие улучшить подготовку магистрантов двух университетов (2 акта внедрения: НИ ТГУ и ТУСУР, г. Томск).

2. Создана система практических рекомендаций по моделированию, оптимизации и использованию многопроводных модальных фильтров, позволяющая улучшить их характеристики.

3. Представлены предложения по дальнейшему совершенствованию: оптимизации за счет последовательного использования эвристического поиска и генетического алгоритма с уменьшенными вычислительными затратами; генерации высоковольтных импульсов за счет использования многопроводных структур с модальным разложением при формировании цуга колебаний без использования дорогостоящих компонентов.

4. Определена степень влияния потерь в проводниках и диэлектриках многопроводных модальных фильтров при использовании реальных оцифрованных сигналов с разными длительностями.

5. Определены пределы изменения характеристик многопроводных модальных фильтров после нанесения влагозащитного покрытия.

Замечания

1. В подразделе 3.2, представлены результаты моделирования модальных фильтров с длинами 60 и 100 см, однако натурный эксперимент выполнен лишь для модальных фильтров длиной 60 см.

2. Отсутствуют результаты оптимизации зеркально-симметричных модальных фильтров посредством ГА и оптимизации модальных фильтров с круговой симметрией как таковой.

3. Результаты моделирования зеркально симметричных модальных фильтров и модальных фильтров с круговой симметрией не подтверждены экспериментально.

Однако указанные замечания не умаляют достоинств диссертационной работы, которая написана в хорошем стиле, грамотным языком, оформлена в соответствии с установленными требованиями.

Заключение

Диссертация А.О. Белоусова является завершённым научным исследованием, выполненным автором на хорошем научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, а выводы обоснованы.

Считаю, что рассматриваемая диссертация полностью удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор, Белоусов Антон Олегович, 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 (05.13.05 –
Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления), профессор,
заведующий кафедрой конструирования и
производства радиоэлектронных средств
РТУ МИРЭА

С.У. Увайсов

ФГБОУ ВО МИРЭА-Российский технологический университет
119454, Москва, пр. Вернадского, 78
Телефон: +7 499-215-65-65
E-mail: uvajsov@mirea.ru

Подпись Увайсова Сайгида Увайсовича удостоверяю:


Начальник
Управления кадров

