

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

Актуальность темы диссертации

Одним из актуальных направлений электромагнитной совместимости (ЭМС) является защита радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от преднамеренных электромагнитных воздействий (ПЭМВ). Это связано с такими факторами, как увеличение плотности монтажа, уменьшение рабочих напряжений и частот РЭА. Одним из опасных видов ПЭМВ является сверхкороткий импульс (СКИ). Он имеет широкий спектр, перекрывающий частотные диапазоны работы РЭА, а высокая амплитуда напряжения приводит к пробоем полупроводниковых приборов и конденсаторов. Кроме того, исследования отечественных и зарубежных ученых показали необходимость совершенствования защиты РЭА от СКИ. Одним из решений является применение многокаскадных модальных фильтров (МФ). Поэтому тематика данной диссертационной работы является актуальной для обеспечения ЭМС РЭА.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений и выводов диссертационной работы Хажобекова Р.Р. подтверждается тем, что для получения результатов применено как имитационное моделирование с использованием квазистатического и электродинамического подходов, так и натурный эксперимент. Согласованность результатов моделирования и натурального эксперимента подтверждает положения. Рекомендации, приведенные в заключении, обоснованы содержанием работы.

Достоверность результатов

Достоверность результатов подтверждается следующим:

- корректным использованием метода моментов и теории линий передачи;
- согласованностью результатов, полученных разными методами моделирования и натурным экспериментом;
- использованием результатов на практике.

Результаты диссертации обсуждались на всероссийских и международных научных конференциях (12 докладов) и 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.

Научная новизна

Научная новизна диссертации определяется комплексом новых полученных автором результатов:

- впервые выполнена оценка уровня излучаемой электромагнитной эмиссии от семикаскадного МФ и показана возможность уменьшения этого уровня за счет выравнивания длины полувитков;

- впервые показана возможность увеличения значения и изменения знака разности временных задержек мод в структурах МФ с торцевой связью и периодическим профилем области связи;

- предложена защита бортовой РЭА космического аппарата от сверхкороткого импульса в цепях высоковольтного питания, отличающаяся использованием МФ с лицевой связью;

- впервые показана возможность увеличения ширины полосы пропускания и крутизны спада амплитудно-частотной характеристики МФ путем разделения пассивного проводника на отрезки.

Теоретическая и практическая значимости

Теоретическая значимость:

1. Изучены особенности влияния периодического профиля области связи 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. Изучены 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 т.ч. квазистатический анализ, метод моментов, модифицированный узловый метод, электродинамический анализ, экспериментальные методы измерения характеристик.

Практическая значимость:

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 оборудования 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. Даны рекомендации по проектированию меандровых линий задержки на печатной плате с минимальной амплитудой перекрестных наводок и выбору подхода к моделированию для решения задач ЭМС.

Анализ содержания диссертации

В состав диссертации входят введение, 6 глав, заключение, список литературы из 118 наименований и приложение. Объём диссертации – 202 с., в т.ч. 149 рисунков и 13 таблиц.

Во введении представлена краткая характеристика работы. В разделе 1 приведен обзор проблемы защиты РЭА от СКИ. В разделе 2 представлены результаты исследования характеристик МФ для защиты сетевого оборудования, в т.ч. сравнение результатов квазистатического и электродинамического моделирования, моделирование макетов МФ, оценка уровня излучаемой электромагнитной эмиссии МФ. 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 исследования характеристик МФ для защиты оборудования КА от СКИ. В разделе 5 исследованы характеристики многокаскадного исполнения МФ и гибридных устройств защиты, в т.ч. решения по увеличению крутизны спада АЧХ и ширины полосы пропускания, разработке и измерению характеристик гибридных устройств защиты. В разделе 6 описано использование результатов работы, в т.ч. даны рекомендации. В заключении сделаны выводы по работе. Далее приведён список литературы. В приложении приведены копии актов внедрения и других документов. Автореферат диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Замечания

1. В разделе 4.3 вычислены формы напряжения на выходе МФ с волновым сопротивлением 50 Ом при воздействии ЭСР. Однако подобное моделирование не выполнялось для конечной конструкции с широкими проводниками.

2. В разделе 2.3 выполнена оценка уровня излучаемой электромагнитной эмиссии семикаскадных МФ. Однако такая оценка не выполнена для других рассматриваемых в работе МФ.

3. В разделе 5.1.1 не описаны подробно причины увеличения ширины полосы пропускания при разделении пассивного проводника МФ на отрезки.

4. В диссертации присутствуют орфографические ошибки и опечатки.

Заключение

Указанные выше замечания не влияют на результаты работы. Полученные результаты являются достоверными, а выводы и заключения обоснованными. Диссертация Хажибекова Р.Р., в соответствии с п. 9 положения ВАК о присуждении ученых степеней, является завершенным научным исследованием, выполненным на высоком уровне и содержит решение задачи совершенствования характеристик помехозащитных фильтров, имеющей 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.

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



Филатенко Л.Г.