

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Абросимова Артёма Александровича на диссертацию Богомолова Павла Геннадьевича «Методы увеличения полосы рабочих частот и уровня входной мощности в многокаскадных СВЧ аттенюаторах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Диссертационная работа Павла Геннадьевича Богомолова посвящена решению задачи построения мощных широкополосных аттенюаторов и окончных согласованных нагрузок СВЧ диапазона с применением микрополосковых плёночных технологий. В рамках поставленной задачи с целью улучшения технических характеристик микрополосковых пленочных СВЧ аттенюаторов по уровню входной мощности и полосе рабочих частот автором предложены и исследованы различные варианты соединения большого числа диссипативных элементов в виде планарных пленочных резисторов, распределенных на достаточно большой поверхности. Убедительно обоснован и выбран каскадный принцип построения многоэлементных аттенюаторов, как наиболее перспективный и применимый в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазонах. Таким образом, разработка новых методов построения широкополосных СВЧ аттенюаторов высокого уровня мощности, выполненных на основе каскадно включенных согласованных звеньев, несомненно, является актуальной задачей. Многокаскадные аттенюаторы на пленочных резисторах в составе измерительного оборудования позволяют в полосе частот до 2 ГГц и более с требуемой точностью оценивать параметры выходного сигнала передающих устройств телекоммуникаций, связи и цифрового телевидения с выходной мощностью от нескольких Вт до нескольких кВт.

Диссертация состоит из 4 разделов и списка использованной литературы.

В первом разделе описаны конструктивная реализация и технические характеристики планарных пленочных резисторов. Рассмотрены схемотехнические решения для аттенюаторов в виде дендритных и многокаскадных структур

на уровень мощности до нескольких кВт. На основе анализа и сопоставления технических характеристик и конструктивно-технологических особенностей автор делает обоснованный выбор в пользу многокаскадного построения мощных пленочных СВЧ аттенюаторов. Этот вывод еще раз подтверждает актуальность выполненного диссертационного исследования.

Второй раздел посвящён методам построения широкополосных согласованных СВЧ аттенюаторов на планарных плёночных резисторах. Для компенсации влияния паразитных индуктивностей и емкостей планарных пленочных резисторов использованы методы теории фильтров с однородными и вынесенными диссипативными потерями. Рассмотрены особенности конструирования многоэлементных и многокаскадных оконечных нагрузок и аттенюаторов в микрополосковом исполнении. Обоснован выбор в качестве межкаскадных согласующих цепей полиномиальных чебышёвских фильтров. Решена задача теоретической оценки максимально достижимой полосы рабочих частот межкаскадных согласующих цепей с учетом влияния диссипативных потерь.

В третьем разделе предложены и исследованы конструкции многокаскадных СВЧ аттенюаторов, у которых согласованные каскады с различным уровнем вносимого затухания выполнены на одной или нескольких диэлектрических подложках при условии равномерного распределения рассеиваемой мощности на каждом каскаде. При этом площадь пленочных планарных резисторов выбирается пропорционально рассеиваемой на нём мощности. Представлены результаты численного электродинамического моделирования ряда мощных многокаскадных аттенюаторов на основе планарных пленочных резисторов на уровень мощности 100 Вт с входным сопротивлением 50 Ом. Исследованы частотные свойства аттенюатора в виде согласованной Т-образной структуры, в котором паразитные емкостные и индуктивные параметры планарных пленочных резисторов встроены в П-образный фильтр нижних частот. Полоса рабочих частот аттенюатора находится в пределах от 0 до 2000 МГц. Использование

данного аттенюатора в многокаскадном построении позволит получить любые значения вносимого затухания в указанном диапазоне частот.

В четвёртом разделе представлены результаты ряда экспериментов по реализации мощных аттенюаторов дециметрового диапазона и приведены их частотные характеристики, отличающиеся высоким качеством согласования и малой неравномерностью вносимого затухания. Полученные результаты подтверждают сформулированные автором теоретические положения второго и третьего раздела.

Необходимо отметить несомненную научную новизну работы, заключающуюся в разработке теоретических положений, обосновывающих предельно достижимые параметры по полосе рабочих частот при заданном уровне входной мощности. Полученные автором соотношения для определения коэффициентов передачи согласованных звеньев с равномерным распределением мощности и оценка предельно достижимой полосы рабочих частот с учетом порядка согласующей цепи в виде чебышёвского фильтра и эффекта развязки являются определенным вкладом в развитие положений теории широкополосных СВЧ цепей с диссипативными потерями.

Диссертация П.Г. Богомолова имеет важное практическое значение. Предложены новые схемотехнические решения и указан выбор параметров многокаскадных структур, обеспечивающий существенное расширение полосы рабочих частот (пропорционально количеству каскадов) или во столько же раз увеличение допустимого уровня входной СВЧ мощности. Разработанные опытные образцы отличаются высоким качеством согласования и малой неравномерностью амплитудно-частотных характеристик, что позволяет использовать их в составе измерительного оборудования для контроля параметров выходного сигнала современных радиоэлектронных систем с цифровыми видами модуляции. Сформулированные в работе выводы и рекомендации открывают новые перспективы в практической реализации широкополосных СВЧ аттенюаторов с кратным превышением достигнутого в настоящее время уровня мощности.

Следует отметить некоторые замечания к диссертационной работе.

1. Во введении не раскрыто понятие «полосковый резистор». Не понятно, что означает этот термин.
2. В первом разделе не рассмотрены конструктивно-технологические особенности реализации мощных аттенюаторов по коаксиальной технологии.
3. Во втором разделе диссертации не показана необходимость использования двумерной модели плёночного резистора большой мощности.
4. В третьем разделе не описано в явном виде, что конкретно ограничивает верхнюю частоту мощного аттенюатора при его построении по каскадной технологии.
5. В тексте диссертации не имеется сведений о патентных исследованиях по предложенным схмотехническим решениям.

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают общего положительного мнения о проведённом диссертационном исследовании.

Научные результаты опубликованы в 23 работах, из которых 4 – в изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК. Полученные теоретические положения и практические результаты апробированы на 12 международных и Российских научно-технических конференциях.

Обоснованность и достоверность материалов диссертации не вызывает сомнения, поскольку для определения первоначальных структур аттенюаторов были корректно использованы методы теории СВЧ цепей, теории фильтров и теории широкополосного согласования. На последующем этапе применялись типовые САПР и методы оптимизации, широко распространенные среди специалистов.

Содержание, тема, научная новизна и выносимые на защиту положения работы соответствуют паспорту научной специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» (п.1, 2, 7).

Подводя итоги, считаю, что диссертация Богомолова Павла Геннадьевича на тему «Методы увеличения полосы рабочих частот и уровня входной мощности в многокаскадных СВЧ аттенюаторах» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. В диссертации решена актуальная задача, удовлетворяющая всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент,
к.т.н., ведущий инженер ООО
«Научно производственное предприятие Триада-ТВ»

Абросимов Артём Александрович

«01» 12 2016 г.

630087, г. Новосибирск, ул. Новогодняя, 26/1,
info@triadatv.ru
8(383)204-89-83

Подпись Абросимова А.А. заверяю:

Начальник ОК

