

ОТЗЫВ

официального оппонента Аубакирова Константина Якубовича
на диссертацию Савенкова Глеба Георгиевича

«Многоканальные широкополосные СВЧ нагрузки и аттенюаторы на пленочных микрополосковых резисторах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Актуальность темы работы

Развитие современных телекоммуникационных технологий ведет к повсеместному внедрению приема-передающего оборудования, способного обрабатывать и передавать по радиоканалу сигналы цифрового телевидения и связи.

Однако в настоящее время для диапазона частот до 18 ГГц в нашей стране производится недостаточное количество технологического СВЧ оборудования, в том числе согласованных нагрузок и аттенюаторов, работающих на высоком уровне мощности ($P \geq 100$ Вт) и обеспечивающих подключение измерительных приборов различного типа для контроля параметров выходного сигнала радиопередатчиков.

Так без мощных широкополосных согласованных нагрузок-аттенюаторов, используемых в качестве эквивалента антенны, не представляется возможным эффективно настраивать и эксплуатировать передающую аппаратуру. Известные отечественные и зарубежные аналоги не всегда имеют параметры, приближающиеся к потенциально достижимым значениям, оценка которых в литературе не приводится.

Требуется также оценка электрической прочности, данного оборудования при длительном подведении предельно допустимого уровня поглощаемой СВЧ мощности. Ответ на эти вопросы могут дать теоретические исследования с использованием компьютерного моделирования и экспериментальные исследования диссипативных СВЧ устройств нового поколения.

Анализ известных способов построения мощных СВЧ нагрузок в виде дендритных многоэлементных структур и многокаскадных устройств показывает, что частотные характеристики данных нагрузок приблизились к своим предельно достижимым значениям.

Дальнейшее улучшение технических характеристик возможно только за счет новых идей и подходов. Поэтому актуальность и перспективность темы диссертационной работы Савенкова Г.Г., посвященной обоснованию и

развитию многоканального метода построения СВЧ нагрузок и аттенюаторов на пленочных резисторах в микрополосковом исполнении, не вызывает сомнения.

Соответствие диссертации представленной специальности

Объектом исследования в диссертации Савенкова Г.Г. являются широкополосные многоканальные СВЧ нагрузки и аттенюаторы большой мощности, выполненные на многоэлементных пленочных резисторах и микрополосковых линиях с большими потерями. Для исследования этих СВЧ объектов в работе применяется теория линейных электрических цепей с распределенными параметрами и численное электродинамическое моделирование. Как показывает анализ, представленная диссертация соответствует пунктам 1-3 и 7 паспорта специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Оценка единства и содержательности диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованной литературы и приложения. Общий объем составляет 140 страниц, включая 85 рисунков и список литературы из 81 наименования.

В работе сформулированы и решены задачи по разработке и развитию многоканального метода построения сверхширокополосных СВЧ нагрузок и аттенюаторов на основе несимметричных полосковых линий передачи с потерями, выполненных методами тонкопленочной технологии на керамике BeO . Поставленные задачи решены на высоком научно-техническом уровне.

Так предложены новые схмотехнические решения для диссипативных элементов сосредоточенного и распределенного типа, способные работать в диапазоне частот от 0 до 10 ГГц и более.

Полученные параметры разработанных устройств находятся в хорошем соответствии со сделанными теоретическим оценками предельно достижимых характеристик.

Задача разработки широкополосной многоэлементной нагрузки решается во второй главе с помощью составления соответствующей эквивалентной схемы и синтеза согласующих цепей в виде чебышевского

ФНЧ на сосредоточенных элементах, с последующим применением процедур параметрического синтеза и электродинамического анализа.

В третьей главе решена задача разработки и исследования частотных свойств распределенной микрополосковой нагрузки. Основным достоинством исследованной нагрузки распределенного типа является конструктивная простота и отсутствие согласующих цепей. Данный результат обусловлен отказом от качественного согласования в области низких частот, что естественно компенсируется при многоканальной структуре нагрузки.

Решение задачи по разработке двух вариантов многоканальных нагрузок приведено в четвертой главе. Первый вариант выполнен на основе каскадного включения диплексеров с сосредоточенным диссипативным элементом в низкочастотном канале и распределенными диссипативными элементами в высокочастотных каналах. При таком построении обеспечивается полоса рабочих частот до 15-18 ГГц.

Во втором варианте многоканальная нагрузка выполнена на основе неотражающего фильтра нижних частот на сосредоточенных элементах и сосредоточенных пленочных балластных и нагрузочных резисторах. Предложенное в диссертации техническое решение при паразитных емкостях пленочных резисторов порядка 0,6 пФ обеспечивает полосу рабочих частот до 2-3 ГГц на уровне входной допустимой СВЧ мощности до 100 Вт.

Распределение диссипации по перекрывающимся частотным каналам, безусловно, является новым этапом в создании сверхширокополосных нагрузок большой мощности. В пятой главе представлены результаты экспериментальных исследований основных блоков многоканальных нагрузок, которые подтвердили принципиальную возможность создания нагрузок на уровень входной мощности 100 Вт в диапазоне частот до 10 ГГц.

Исходя из анализа содержания работы и представленных по главам выводов, можно заключить, что диссертация по своей структуре и объему является полноценным и завершенным научным исследованием.

Апробация работы и опубликование основных результатов

Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на 10 международных и Российских научно-технических конференциях и семинарах.

Материалы диссертации опубликованы в 15 печатных работах, включая 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК, один патент на изобретение и один патент на полезную модель. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание и полученные автором выводы и результаты.

Научная новизна

Научная новизна полученных автором результатов заключается в разработке декомпозиционного подхода к построению широкополосных СВЧ нагрузок, позволяющего расширить полосу рабочих частот нагрузки пропорционально числу декомпозиционных элементов при использовании внешней согласующей цепи в виде чебышевского фильтра нижних частот и внутренних индуктивных элементов согласования.

Также впервые была предложена реализация нагрузок на основе многоступенчатых линий с диссипативными потерями передачи с равномерным распределением рассеиваемой мощности по всей длине, обусловленным скачкообразным возрастанием погонного сопротивления. Нагрузки данного типа отличаются хорошим качеством согласования на частотах более 5 ГГц.

Наиболее важным научным результатом, полученным автором, является обоснование и развитие многоканального метода построения сверхширокополосных нагрузок и аттенуаторов, сочетающих в себе предложенные многоэлементные пленочные структуры и многоступенчатые линии передачи с большими диссипативными потерями, что позволило разработать мощные нагрузки для диапазона частот 0 - 10 ГГц.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения, поскольку автор корректно использует математический аппарат, пользуется апробированными компьютерными САПР и сертифицированными измерительными приборами. Кроме того, полученные результаты не противоречат физическим законам и данным, приведенным в публикациях других авторов.

Практическая значимость

Практическая значимость работы подтверждается применением теоретических положений и практических разработок на предприятии ООО «НПП Триада-ТВ», а также в учебном процессе на кафедре теоретических основ радиотехники ФГОБУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», что подтверждается соответствующими актами о внедрении. Разработанные устройства в диапазоне частот 0 - 10 ГГц по уровню входной допустимой СВЧ мощности во многих случаях превосходят аналоги, производимые зарубежными фирмами.

Замечания по выполненной работе

1. В начале третьей главы диссертации сказано о расширении нижней границы полосы рабочих частот нагрузки при переходе от одноступенчатой нагрузки к двухступенчатой. Затем в представленных результатах компьютерного моделирования трехступенчатой нагрузки наблюдается увеличение КСВ по сравнению с двухступенчатой нагрузкой на частотах менее 2 ГГц. Однако в диссертации не приведено объяснения данным особенностям.

2. В первом разделе третьей главы не даны рекомендации по выбору значения результирующего коэффициента передачи по мощности K_p для нагрузки в виде линии с потерями.

3. Для полноты картины, следовало бы предъявить результаты электродинамического моделирования, показывающего равномерное поглощение мощности (картину растекания СВЧ тока) на участках линии передачи с разным поверхностным сопротивлением в диапазоне частот.

Указанные замечания не снижают положительную оценку диссертации, ее научной новизны, значимости и достоверности результатов.

Заключение по диссертации

В целом считаю, что диссертация Савенкова Глеба Георгиевича на тему «Многоканальные широкополосные СВЧ нагрузки и аттенюаторы на пленочных микополосковых резисторах» выполнена в полном объеме и на высоком научно-техническом уровне. В диссертации содержится решение ряда новых задач.

Считаю, что диссертационная работа соответствует критериям для кандидатских диссертаций, установленным Положением ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а соискатель Савенков Глеб Георгиевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент, к.т.н., доцент кафедры
специальных устройств и технологий ФГБОУ ВО

«Сибирский государственный университет
геосистем и технологий» (СГУГиТ)

 / К.Я. Аубакиров /

26 ноября 2018 г.

Телефон: +7 (383) 343 39 37

E-mail: aubaikirov1949@mail.ru

Адрес: г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10



Ученый секретарь Ученого совета



/ Е.Л. Соболева /