

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе,

Заслуженный деятель науки РФ,

д.т.н., профессор

А.Г. Вострецов

2018 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ).

Диссертация «Многоканальные широкополосные СВЧ нагрузки и аттенюаторы на пленочных микрополосковых резисторах» выполнена в НГТУ на кафедре Теоретических основ радиотехники (ТОР).

В период подготовки диссертации соискатель Савенков Глеб Георгиевич обучался в очной аспирантуре НГТУ (поступил в сентябре 2015 года) на кафедре ТОР.

В 2015 г. окончил магистратуру Новосибирского государственного технического университета по направлению подготовки 11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Справка № 380 о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2018 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Разинкин Владимир Павлович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры ТОР.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Савенкова Глеба Георгиевича является научно-квалификационной работой, в которой предложен метод построения микрополосковых широкополосных нагрузок в виде многоканальной структуры с сосредоточенными или распределенными диссипативными элементами, согласованными в пределах полосы частот соответствующего частотного канала. На основе предложенного подхода решён ряд актуальных новых задач по теоретическому обоснованию и разработке схемотехнических и конструктивных решений для согласованных нагрузок и аттенюаторов высокого уровня мощности, используемых в дециметровом и сантиметровом диапазоне длин волн в качестве эквивалента антенны для радиопередающей аппаратуры. Полученные результаты позволяют разрабатывать широкополосные нагрузки с полосой частот, которая многократно превышает полосу частот известных одноканальных нагрузок.

Актуальность темы диссертационного исследования

В настоящее время существует большая потребность в создании и разработке новых методов построения и практической реализации сверхширокополосных нагрузок и аттенюаторов высокого уровня мощности, входящих в состав измерительного оборудования для оценки параметров выходного сигнала мощных радиопередающих устройств, используемых в современных цифровых системах связи и телевидения. Особенно актуально создание мощных согласованных нагрузок и аттенюаторов дециметрового и сантиметрового диапазона. Это обусловлено все более интенсивным использованием в этом диапазоне радиопередающей аппаратуры с многопозиционными цифровыми видами модуляции, параметры которой должны тщательно контролироваться.

Современные сверхширокополосные СВЧ нагрузки и аттенюаторы для мощных радиопередающих устройств в основном выполняются по двум вариантам. В первом варианте за основу взята дендритная структура соединения планарных пленочных резисторов, сопротивления которых

выбраны из условия получения требуемого номинального значения входного сопротивления. При этом допустимая мощность подводимого СВЧ сигнала оказывается пропорциональной количеству используемых резисторов. Однако полоса рабочих частот такой нагрузки ограничивается полосой пропускания делителей мощности, входящих в состав дендритной структуры. Во втором варианте построения широкополосных СВЧ нагрузок используется принцип каскадного соединения согласованных четырехполюсников с заданным уровнем диссипативных потерь. Данный метод построения обеспечивает более широкую полосу рабочих частот по сравнению с первым вариантом, однако имеет сложную конструктивную реализацию в дециметровом и сантиметровом диапазоне. Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод о том, что, несомненно, актуальны исследования, направленные на создание СВЧ нагрузок высокого уровня мощности, предназначенных для работы в верхней части дециметрового и в сантиметровом диапазоне.

Личное участие автора в получении результатов

Все выносимые на защиту основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Изложенные в диссертации результаты исследований получены лично автором при организационном участии научного руководителя, имеется научная публикация без соавторов. На основании обсуждения с соавторами физических принципов и конструктивных реализаций автор лично получил основные расчетные соотношения для разработанных многоканальных нагрузок.

Степень достоверности результатов исследований

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректной постановкой задач, строгостью применяемого математического аппарата, результатами схмотехнического анализа и численного электродинамического моделирования, соответствием теоретических положений результатам проведенных экспериментов, широкой апробацией на научно-технических конференциях и внедрением.

Кроме того имеет место достаточно хорошее соответствие результатов численного электродинамического моделирования и результатов, полученных на базе составленных эквивалентных схем, адекватно отражающих физические процессы в сосредоточенных и распределенных диссипативных элементах большой мощности.

Научная новизна исследований

В диссертационной работе получены следующие новые результаты:

1. На основе декомпозиционного подхода предложена многоэлементная структура для микрополосковых нагрузок и аттенуаторов высокого уровня мощности, обеспечивающая расширение полосы рабочих частот пропорционально числу декомпозиционных элементов при использовании внешней согласующей цепи и внутренних индуктивных элементов согласования. Новизна данного технического решения подтверждена патентом на изобретение № 2667348. Разработана мощная микрополосковая нагрузка на основе ступенчатых линий передачи с равномерным распределением рассеиваемой мощности по всей длине, обусловленным скачкообразным возрастанием погонного сопротивления. Предложенная распределенная нагрузка защищена патентом на полезную модель № 181510.

2. Исследованы частотные свойства и выявлены характерные особенности широкополосных пленочных нагрузок и аттенуаторов, выполненных в виде неотражающих фильтров с многоэлементными пленочными нагрузками, имеющими полосу рабочих частот, ограниченную паразитной емкостью планарных пленочных резисторов.

3. Развита и дополнена принцип многоканального построения СВЧ трактов применительно к широкополосным нагрузкам и аттенуаторам на основе частотно-разделительных устройств, выполненных на взаимно дополняющих баттервортовских фильтрах в сосредоточенном и распределенном элементном базисе с использованием в высокочастотном

канале частотно-независимой трансформации характеристического сопротивления.

4. Разработаны двухканальные и трехканальные нагрузки большой мощности для диапазона частот 0-10 ГГц, в которых используются сосредоточенные и распределенные диссипативные пленочные элементы.

Практическая значимость исследований

Созданные и экспериментально испытанные основные блоки сверхширокополосных двухканальных нагрузок дециметрового и сантиметрового диапазона имеют важное практическое значение. Полученные теоретические и экспериментальные результаты использованы при выполнении Госзадания в рамках проекта «Разработка теоретических основ построения измерительного оборудования для телекоммуникационных систем, содержащего мощные СВЧ-аттенюаторы, полосовые фильтры с заданными частотами режекции и микрополосковые печатные антенны». Шифр: 8.6847.2017/БЧ. Результаты данной работы применяются в учебном процессе на кафедре теоретических основ радиотехники ФГОБУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» при проведении занятий по курсу «Синтез линейных электрических цепей» и «Телевизионные системы и устройства» для магистрантов направления подготовки 11.04.01 (Радиотехника) и 11.04.02 (инфокоммуникационные технологии и системы связи), что подтверждается соответствующим актом внедрения. Также получен акт о внедрении на предприятии НПП «Триада ТВ», г. Новосибирск.

Ценность научных работ соискателя

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 15 печатных работах, в том числе по рекомендованному Высшей аттестационной комиссией «Перечню ведущих периодических изданий» опубликовано 3 научных работы, в которых изложены все положения, выносимые на защиту. Работы выполнены на достаточно высоком научно-техническом уровне с использованием обоснованного применения

компьютерных систем автоматизированного проектирования при проведении оптимизации характеристик в частотной области.

При проработке ключевых вопросов диссертации были задействованы:

1. Положения базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ, код проекта 629, тема проекта: «Теория построения и практическая реализация широкополосных микроволновых устройств, предназначенных для использования в измерительном оборудовании цифровых систем телевидения, связи и телекоммуникаций, включая вычислительные системы».

2. Требования базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ, шифр проекта 8.6847.2017/БЧ, тема проекта: «Разработка теоретических основ построения измерительного оборудования для телекоммуникационных систем, содержащего мощные СВЧ аттенюаторы, полосовые фильтры с заданными частотами режекции и микрополосковые печатные антенны».

Полнота изложенных материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По результатам исследований опубликовано 15 научных работ: 3 статьи в журналах Перечня ВАК; 10 докладов в трудах международных и отечественных научно-технических конференций, 2 из которых индексируются в базе данных “Web of Science”; получены 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель.

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Савенков Г.Г. Синтез согласующих цепей для пленочных СВЧ-нагрузок и аттенюаторов / В.П. Разинкин, Г.Г. Савенков, М.Г. Рубанович, В.В. Югай // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – № 4. – С. 77–80.
2. Савенков Г.Г. Многоступенчатая микрополосковая СВЧ-нагрузка / Г.Г. Савенков, В.П. Разинкин, А.Д. Мехтиев // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 4. – С. 53-57.

3. Савенков Г.Г. Широкополосные СВЧ нагрузки на ступенчато-неоднородных линиях с потерями / Г.Г. Савенков, В.П. Разинкин, В.А. Хрусталева // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 4. С.68-72.

Специальность, которой соответствует диссертация

Представленная диссертационная работа выполнена на актуальную тему в области широкополосных СВЧ устройств с диссипативными потерями, содержит самостоятельные исследования автора и является законченной научно-исследовательской работой, соответствующей специальности 05.12.07 - «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» по областям исследований: п. 1 «Решение внешних и внутренних дифракционных задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн и СВЧ-устройств, определения их предельно-достижимых характеристик, возможных путей построения и т. д.» и п. 9 «Разработка методов проектирования и оптимизации антенных систем и СВЧ устройств широкого применения».

Сформулированные соискателем теоретические положения позволили разработать широкополосные многоканальные нагрузки, полоса рабочих частот и уровень входной СВЧ мощности которых соответствуют современным зарубежным и отечественным аналогам и даже в ряде случаев превосходят их. Предложенные в работе конструктивные решения отличаются простотой и позволяют использовать отечественные технологии микроэлектроники и полосковых микросхем. Диссертационная работа Савенкова Г.Г. соответствует критерию - решение новых научных задач, имеющих важное хозяйственное значение.

Диссертационная работа «Многоканальные широкополосные СВЧ нагрузки и аттенюаторы на пленочных микрополосковых резисторах» Савенкова Глеба Георгиевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Теоретических основ радиотехники Новосибирского государственного технического университета.

Присутствовало на заседании 13 чел., в том числе 7 докторов технических наук и 2 кандидата технических наук. Результаты голосования: «за» - 13 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 5 от 20 сентября 2018 года.

Заведующий кафедрой

Теоретических основ радиотехники

д.т.н., профессор

А.А. Спектор

Ученый секретарь

к.т.н., доцент

Ю.В. Морозов