



УТВЕРЖДАЮ
Ректор Сибирского Федерального
Университета, академик РАН
Ваганов Е. А.
« 25 » ноября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Попкова Александра Юрьевича «Влияние электрофизических и геометрических параметров на частотные характеристики полосковых направленных ответвителей со слабой связью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Актуальность темы диссертационной работы

Контрольно-измерительная аппаратура микроволнового диапазона частот является неотъемлемой частью метрологического обеспечения при проектировании и производстве современных радиоэлектронных устройств, служащих для построения систем передачи информации, радиолокации, радионавигации, связи, телевидения и т. д. При этом эти системы постоянно развиваются, что проявляется в постоянном повышении требований к их характеристикам.

Измерение электрических характеристик микроволновых устройств – трудоемкая задача, требующая наличия такой специализированной аппаратуры, как векторные и скалярные анализаторы цепей. Практически во всех современных анализаторах цепей одним из основных компонентов является направленное устройство (НУ), разделяющее падающие и отраженные от испытываемого устройства волны. В качестве НУ чаще всего используется направленный ответвитель (НО), представляющий собой устройство на основе связанных линий передачи. Разработка таких устройств является важной задачей, а вопрос оптимизации процесса проектирования актуален, в связи с отсутствием адекватного математического описания подобных устройств.

Автором диссертационной работы предлагаются новые решения, направленные на оптимизацию процесса разработки полосковых направленных ответвителей, путем применения квазистатического моделирования с использованием метода декомпозиции и матричного подхода. Кроме того, им также предложен метод улучшения их частотных характеристик при сборке и настройке НО.

Анализ содержания работы

В первом разделе проведен обзор существующих типов направленных ответвителей, а также обзор методов математического моделирования микроволновых устройств, которые разделяют на аналитические, численные и комплексные. Представлен аппарат расчета частотных характеристик направленных ответвителей, основанный на квазистатическом анализе методом конечных разностей с использованием методов декомпозиции и матричной алгебры. В конце раздела формулируются цели и задачи диссертационного исследования.

Второй раздел посвящен исследованию геометрических и электрофизических параметров, влияющих на частотные характеристики полосковых направленных ответвителей со слабой связью. Выявлено, что топология подводящих линий и ширина области связи НО оказывают слабое влияние на характеристики НО. При этом, высота камеры связи и толщина связанных линий влияют на них в большей степени. На основании проведенного исследования было получено выражение, определяющее граничную рабочую частоту НО, а также сформулирован критерий подбора геометрических параметров, согласно которому верхняя рабочая частота должна быть не менее, чем в три раза меньше, чем граничная частота ответвителя.

Третий раздел описывает результаты экспериментального исследования влияния воздушной полости, образующейся в ходе послойной сборки направленного ответвителя, на его частотные характеристики. Показано, что размеры этой воздушной полости оказывают влияние на направленность НО, причем наличие воздушной полости определенных размеров позволяет получить лучший уровень направленности, чем при отсутствии этой полости. Регулирование воздушной полости осуществляется путем добавления тонкой полоски диэлектрика между слоями НО с дальнейшей регулировкой расстояния между проводником и этой полоской. Наилучших результатов удалось достичь, используя фторопластовую ленту – материал, который обладает удовлетворительными свойствами упругости, гибкости и эластичности, а также соответствующими электрофизическими параметрами.

В четвертом разделе приводится квазистатическая модель полоскового направленного ответвителя со слабой связью, основанная на методе декомпозиции с использованием матричного алгоритма. Суть моделирования сводится к разбиению области связи НО на равные отрезки конечной длины и нахождении матрицы ABCD каждого из отрезков. После чего находится общая матрица ABCD всего устройства, которая преобразуется в матрицу рассеяния. Учет предельной частоты НО заключается в аппроксимации частотных характеристик направленного ответвителя экспоненциальной

зависимостью в той области, где заданная экспоненциальная функция превышает значение исходных характеристик, рассчитанных без учета предельной частоты.

Достоверность положений и выводов работы

Достоверность полученных результатов подтверждается их согласованностью с результатами компьютерного моделирования и экспериментальных исследований, их внедрением в процесс сборки и настройки НО на производстве.

Новизна полученных результатов

Новизна результатов работы обусловлена тем, что впервые предложен критерий подбора геометрических параметров направленного ответвителя с учетом предельной частоты работы направленного ответвителя. Разработанная квазистатическая модель НО вместе с методом декомпозиции и матричной алгеброй позволили на основании данного критерия адекватно описать частотные характеристики направленного ответвителя.

Практическая ценность результатов работы и рекомендации по их использованию

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, используются в образовательном процессе кафедры СВЧиКР ТУСУР, а также при сборке и настройке направленных ответвителей производства АО «НПФ «Микран», о чем свидетельствуют справки о внедрении и использовании результатов.

Разработанная квазистатическая модель может быть использована при разработке полосковых НО со слабой связью для векторных и скалярных анализаторов цепей производства АО «НПФ «Микран».

Апробация результатов работы и публикации

По результатам проведенных исследований опубликовано 6 работ, в том числе 3 публикации в журналах из перечня ВАК. Результаты диссертационных исследований докладывались автором на 3 международных конференциях. Основные результаты диссертации были опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК.

В автореферате достаточно полно отражено основное содержание диссертации.

Замечания по работе

В ходе обсуждения работы выявились следующие недостатки:

1. В диссертации не приведено сравнение результатов разработанной математической модели с результатами математического моделирования иными методами.

2. Не рассмотрен вопрос решения проблемы воздушной полости у других производителей направленных ответвителей.

3. В тексте диссертационной работы замечены некоторые орфографические и пунктуационные неточности.

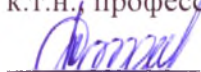
Перечисленные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

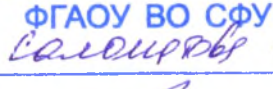

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения» о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года (№824), так как является завершенной научно-квалифицированной работой, в которой решена актуальная для радиоизмерительной микроволновой техники задача разработки полосковых направленных ответвителей со слабой связью, на основе квазистатического моделирования с использованием метода декомпозиции.

Учитывая вышеизложенное, считаем, что Попков Александр Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Отзыв на диссертационную работу обсужден на научном семинаре кафедры радиотехники ИИФ и РЭ Сибирского Федерального Университета «18» ноября 2016 г., протокол № 2(65)

Наименование организации	Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ)
Почтовый адрес	660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
E-mail	ysalomatov@sfu-kras.ru
Телефон	8 (391) 2-912-278
Должность, степень	Заведующий кафедрой радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники, к.т.н., профессор.
Ф И О	Саломатов Юрий Петрович 

Подпись Саломатова Ю.П. заверяю _____ / _____ /

ФГАОУ ВО СФУ
Подпись  заверяю
Начальник общего отдела 
«25» ноября 2016 г.