

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

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.

Современная навигация и связь, исследования электромагнитных параметров и связанных с ними другими фундаментальными характеристиками веществ, анализ биологических объектов, медицина, химия и другие области науки и техники не могут быть успешно применены без аппаратуры СВЧ и ГВЧ диапазонов. В свою очередь, надежность и эффективность такой аппаратуры зависит от степени разработанности контрольно-измерительных средств, востребованных как на этапе проектирования, так и при оценке готовой продукции.

Контрольно-измерительная аппаратура (КИА) микроволнового диапазона постоянно совершенствуется, что вызвано возрастающими требованиями к качеству радиоэлектронной аппаратуры и расширением номенклатуры вновь создаваемых изделий современными предприятиями. Среди наиболее важных элементов ваттметров, рефлектометров, векторных и скалярных анализаторов цепей выделяются направленные устройства: мосты и ответвители, которые используются для создания фиксированных аттенуаторов, делителей мощности, балансных смесителей, балансных модуляторов, фазовых и частотных дискриминаторов. Направленные ответвители (НО) могут применяться и как самостоятельные элементы высокочастотной радиоэлектроники.

В связи с этим задачи, поставленные перед научным исследованием, являются актуальными.

В диссертационной работе Попкова А.Ю. исследуются микроволновые характеристики полосковых направленных ответвителей со слабой связью при изменении геометрических размеров, топологии и эффективной диэлектрической проницаемости. Решается проблема наличия воздушной полости при сборке направленных ответвителей полоскового типа. Автором предложена методика настройки НО путем использования подстроечных элементов в виде тонких полосок диэлектрика, помещенных в эту воздушную полость.

Проектирование радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона имеет свою специфику, которая определяется её способностью получать высокие радиотехнические характеристики.

Работа содержит 117 страниц, состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 109 наименований, содержит 87 рисунков, 3 таблицы, приложение.

В введении определены объекты исследования, цели и задачи диссертационного исследования, обоснована актуальность, отмечены новизна, теоретическая и практическая значимость, обоснована достоверность, описан личный

вклад автора, сформулированы защищаемые положения, перечислены научные мероприятия, на которых результаты работы прошли апробацию.

Первый раздел посвящен обзору существующих типов направленных ответвителей, а также основам анализа связанных линий. Обзор проведен на глубину до 1934 г, использовано 102 источника.

Представлены методы математического моделирования устройств СВЧ, которые разделяют на численные, аналитические и комплексные. Рассмотрен метод расчета частотных характеристик НО, на основе его квазистатической модели, метода декомпозиции и матричного описания. Раздел завершается постановкой целей и задач исследования.

Во втором разделе рассмотрены частотные характеристики НО при изменении геометрических параметров. Сделан вывод о том, что высота камеры связи и толщина проводников вносят наибольший вклад в изменение характеристик устройства. На основании проведенного исследования выведена формула расчета предельной частоты направленного ответвителя.

В третьем разделе рассмотрено влияние воздушной полости на АЧХ плосковых направленных ответвителей. Предлагается методика настройки направленного ответвителя путем регулировки воздушной полости, образующейся в результате его сборки, при помощи тонких полос фторопластовой ленты.

Четвёртый раздел посвящён описанию квазистатической модели направленного ответвителя. Модель использует метод декомпозиции области связи на отдельные отрезки в совокупности с матричным подходом и основан на расчете матриц ABCD этих отрезков с дальнейшим преобразованием общей матрицы ABCD в матрицу рассеяния, с целью получения частотных характеристик НО.

Научная новизна результатов диссертации определяется тем, что в ней:

1. Получены результаты моделирования АЧХ направленных ответвителей и зависимости характеристик от изменения геометрических размеров и топологии, которые экспериментально проверены.

2. Предложен способ улучшения частотных характеристик симметричных плосковых направленных ответвителей на нерегулярных линиях со слабой связью путём добавления тонких полосок диэлектрика в образующуюся воздушную полость.

3. Проведено сравнение результатов расчета АЧХ направленных ответвителей по квазистатической модели с электромагнитным расчетом.

Достоверность результатов диссертационной работы основывается на применении физически обоснованных экспериментальных методик, современного высокоточного оборудования, САПР и других прикладных программ, применении общеизвестных методов численного и аналитического анализа, воспроизводимости полученных результатов и их качественным согласием с результатами электродинамического моделирования.

Автореферат соответствует тексту диссертации. Материалы диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях и отражают основные результаты..

Замечания по работе.

1. В результате проведенного аналитического обзора делается вывод: «С этой точки зрения хорошо показала себя *квазистатическая модель*, основанная на методах конечных разностей и декомпозиции исходного устройства с последующим анализом его составных частей (Стр 36.)». Непонятна задача, поставленная перед данной работой, которая касается необходимости создания квазистатической модели.

2. Не понятно, как может влиять *предельная частота*, которая определяется геометрическими параметрами направленного ответвителя и значением эффективной относительной диэлектрической проницаемости (формула 1.3), на характеристики ответвителя. Непонятна трактовка наблюдаемых АЧХ направленного ответвителя в зависимости от топологии подводящих линий: «Более того, нетрудно заметить, что влияние предельной частоты заметно на частоте ниже, чем та, на которой она проявляется» (стр.46). Особенно в части: а) «Её влияние на частотные характеристики очевидно, а значит она должна учитываться при анализе направленного ответвителя» (стр 46); б) «Уменьшение предельной частоты оказало значительное влияние на частотные характеристики НО» (стр.49). На стр.54 есть раздел «2.3 Экспериментальное исследование влияния предельной частоты направленного ответвителя на его частотные характеристики».

Означает ли это независимость предельной частоты от АЧХ направленного ответвителя и, более того, эта величина есть параметр, определяющий вид АЧХ? Из текста следует, что это число, которое не используется в расчетах.

3. Не дано объяснение, почему в разделе 2.2.3 для оценки предельной частоты используется формула 1.3., а не уточненная автором формула 2.7. (раздел 2.2.5).

Редакционные погрешности

1. Стр. 57. «Поскольку коаксиально-полосковые переходы не разрабатывались и порты не учитывались при моделировании, то экспериментальные значения модулей *коэффициентов ответвления* (рисунок 2.21) значительно отличаются от полученных в результате моделирования». На графике 2.21. приведены значения модулей *коэффициента отражения*.

2. В подписях на рис. 3.2.–3.4. указан диапазон 1 - 4 ГГц, на рисунках реально больше и в ту и в другую сторону.

3. На стр.71 упущен знак минус у коэффициентов ослабления и отражения.

4. Грамматические ошибки на страницах 13, 14,15,16, 24, 32, 82.

Отмечаю, что соискателем выполнен большой объем работы, требующей достаточно высокой квалификации и считаю, что диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, направленным на решение актуальных задач, имеющей существенное значение для радиотехники

СВЧ. Получены технические результаты, имеющие существенное значение для радиоэлектронной промышленности. Работа соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Попков Александр Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Официальный оппонент
доцент кафедры радиоэлектроники
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
кандидат физико-математических наук
(01.04.03 – Радиофизика),
доцент



Суслев Валентин Иванович
тел.: +79059910610,
e-mail: susl@mail.tsu.ru

02.12.2016

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

телефон: (3822) 529-852

E-mail: rector@tsu.ru,

Адрес официального сайта: www.tsu.ru

Подпись Суслева В.И. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ



Н. А. Сазонтова