

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Летавин Денис Александрович на диссертационную работу Чинь То Тхань «Модели и конструкции неотражающих фильтров СВЧ на основе связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-элементов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук, по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Развитие технологий в области телекоммуникаций, радиолокации, систем связи в СВЧ-диапазоне главным образом обусловлено усовершенствованием всех компонентов радиоэлектронного оборудования, включая частотно-избирательные устройства. Фильтры неотражающего или поглощающего типа представляют интерес для разработчиков т.к. в отличие от традиционных решений на основе резонаторов, часть частотного спектра сигнала, попадающая в полосу заграждения таких фильтров, не отражается обратно к источнику сигнала, а поглощается самим фильтром. Это обеспечивает хорошее согласование с другими устройствами системы, что критически важно при разработке широкополосной аппаратуры с несколькими выходными каналами, настроенными на различные частоты. Поглощение нежелательной части частотного спектра сигнала непосредственно фильтром помогает снизить уровень помех и повысить чистоту спектра формируемых сигналов.

Применение неотражающих фильтров в составе источников сигнала обеспечивает оптимальные условия работы, поскольку источник функционирует на чисто резистивную нагрузку, исключая отражения сигнала. Кроме того, следует подчеркнуть, что на выходе такого фильтра возможно формирование требуемой частотной характеристики в заданном диапазоне.

Автор диссертации провёл анализ текущего состояния разработок неотражающих и поглощающих фильтров в обзорной статье, опубликованной в «Журнале радиоэлектроники». Из этого обзора следует, что возможно решить противоречивые задачи – получения селективных свойств цепей при незначительном отражении в широком диапазоне частот. Устройства подобного типа находят применение в многоканальных системах. Поэтому тема диссертации актуальна для решения проблемы разработки и производства СВЧ компонент.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация Чинь То Тхань состоит из введения, 4 разделов и заключения. Она содержит список источников из 134 наименований, 93 рисунка, 3 таблицы. Общий объем диссертации – 156 страниц.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, представлена научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первом разделе представлен обзор по теме создания неотражающих фильтров СВЧ на связанных полосковых линиях (СПЛ) и сосредоточенных элементах, а также рассмотрено применение 3D-конструкций СПЛ в различных устройствах.

Во втором разделе оценены результаты разработки аналитических моделей неотражающих полосковых фильтров на основе 3D-конструкций связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-цепей. Эти модели необходимы для создания алгоритмов и программ, используемых для исследования и проектирования неотражающих полосковых фильтров (НПФ). Рассматривается решение задачи диссертационных исследований: расчёт частотных характеристик фильтров по известным параметрам конструкции и материалов (прямая задача) и обратная задача определения частотной зависимости импеданса RLC-цепи для получения требуемых характеристик фильтра.

В третьем разделе приведены результаты численного и экспериментального исследования неотражающих полосковых фильтров. Рассмотрены частотные характеристики однокаскадного и двухкаскадного НПФ фильтра нечетных гармоник, малогабаритного и перестраиваемого НПФ, а также фильтра с расширенной полосой пропускания.

В четвертом разделе, основанном на материалах второго и третьего разделов, описаны алгоритмы и программы для проектирования НПФ. Приведен пример проектирования фильтра по заданным параметрам матрицы рассеяния.

В заключении представлены основные результаты, даны рекомендации и приведены перспективы дальнейшей разработки темы.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

В диссертационной работе получены следующие новые результаты:

- Предложена эквивалентная схема неотражающих фильтров на основе применения принципа декомпозиции, которая позволяет проводить анализ частотных характеристик НПФ по известным параметрам конструкции СПЛ и значениям номиналов сосредоточенных элементов.

- Построены аналитические модели неотражающих фильтров как результат решения обратной задачи отыскания частотной зависимости импеданса RLC-цепей, входящих в состав НПФ при известных параметрах СПЛ, позволяющие решать задачу синтеза схемы и нахождения параметров элементов RLC-цепи и фильтров.

- Определена зависимость частотных свойств базового варианта неотражающего полосно-пропускающего фильтра от первичных и модальных параметров связанных линий, а также от согласованности характеристического импеданса RLC-цепи и среднего геометрического характеристических сопротивлений синфазного и противофазного возбуждения СПЛ.

- Разработан и запатентован способ определения отношения фазовых скоростей синфазных и противофазных волн в связанных полосковых линиях. Решена задача определения диэлектрических проницаемостей подложек СПЛ по заданному отношению фазовых скоростей синфазной и противофазной волн.

- Предложен и реализован способ уменьшения габаритов неотражающих фильтров путем изменения топологии проводников СПЛ в форме меандра.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Теоретическая значимость определяется следующим:

- Полученные аналитические соотношения для анализа неотражающих фильтров и решение обратной задачи отыскания частотной зависимости импеданса RLC-цепей, необходимых для получения задаваемых параметров НПФ, представляют теоретически значимый результат для решения задач моделирования частотно-селективных неотражающих цепей распределено-сосредоточенного типа.

- Обобщенная эквивалентная схема неотражающих частотно-селективных устройств инвариантна к методам ее анализа, что позволяет использовать подходы, основанные на анализе квази-Т-волн в связанных полосковых линиях и методы расчета сосредоточенных цепей, и на этой основе разрабатывать программы моделирования в среде математического моделирования Mathcad, а также применять схему для электродинамического анализа устройств при расчетах с помощью САПР CST Studio Suite 2017, AWR.

Практическая значимость определяется следующим:

- Предложены и разработаны макеты полосковых неотражающих полосно-пропускающих фильтров, обладающих новизной. Разработаны программы анализа неотражающих фильтров и программа для расчета частотных характеристик RLC-цепей по задаваемым параметрам фильтра как четырехполосника.

- Разработан алгоритм и программа синтеза связанных полосковых линий с гетерогенным диэлектрическим заполнением, которые позволяют решить задачу выбора подложек по критерию относительных диэлектрических проницаемостей для проектирования конструкции связанных полосковых линий, базового элемента НПФ.

- Получены результаты экспериментальных исследований частотных характеристик полосковых неотражающих фильтров.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Обоснованность и достоверность результатов, представленных в диссертации, подтверждаются совпадением данных численного моделирования, выполненного различными методами, и их согласованностью с экспериментальными результатами.

ПОЛНОТА ОПУБЛИКОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ, СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

По результатам исследований, представленных в диссертационной работе, **опубликованы** 23 работы (3 без соавторов): 8 статей в журналах из перечня ВАК, 4 доклада в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus, 2 патента на изобретение, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 5 докладов в трудах международных конференций, 1 монография. Материалы диссертационной работы достаточно полно изложены в опубликованных работах.

Автореферат диссертационной работы написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и в достаточной мере отражает содержание и основные положения, сформулированные в диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТУ

Представленная диссертационная работа хорошо структурирована и логично построена, начиная с постановки задачи и анализа состояния

проблемы, через теоретические исследования и эксперименты, до практической реализации измерительного неотражающих фильтров СВЧ. Тем не менее, по работе имеются замечания.

1. В разделе экспериментальных исследований представлено качественное сравнение результатов расчета фильтров-прототипов с разработанными. Вероятно следовало бы по крайней мере графически отобразить расхождение, поместив зависимости на одном графике. Необходимо более детально объяснить причины расхождения результатов, полученных численным и экспериментальным путями.

2. На наш взгляд следовало бы рассмотреть различные варианты звеньев на сосредоточенных элементах, а не только те, которые приведены в диссертации. Фильтры могут работать с разными RLC-цепями и это представляет интерес для практики.

3. В тексте работы имеются опечатки и стилистические неточности.

Перечисленные замечания не влияют на научную значимость представленной диссертационной работы. Практическая направленность и завершённость работы остаются её важными преимуществами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Несмотря на перечисленные недостатки, диссертация Чинь То Тхань является завершённой научно-квалификационной работой, где предложено решение актуальной научно-исследовательской задачи. Результаты работы обладают новизной, теоретической и практической значимостями, а выводы, сделанные в работе, являются обоснованными и достоверными.

2. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г №842, а ее автор, Чинь То Тхань, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ,

Кандидат технических наук, доцент,

Институт радиоэлектроники и информационных

