

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Дунаевского Григория Ефимовича

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 исследования

Традиционно к фильтрам СВЧ предъявляются требования минимальных потерь и минимального коэффициента отражения в полосе пропускания, а в полосах частот заграждения – максимального, близкого к единице, коэффициента отражения. При этом вносимые потери на частотах заграждения в основном определяются возвратными потерями, измеряемыми коэффициентом S_{11} матрицы рассеяния. В разработку полосковых фильтров такого типа внесли большой вклад Б.А.Беляев, Г.М. Аристархов и другие.

Но наличие отражений сигнала на внеполосных частотах в ряде случаев является нежелательным фактором для работы многоканальных систем связи и схем, содержащих нелинейные элементы. Поэтому в последнее время стало развиваться направление создания неотражающих фильтров, которые называют также поглощающими фильтрами. Началу активизации исследований неотражающих фильтров послужили работы Моргана М.А., получившим патент на неотражающие фильтры на сосредоточенных элементах в 2013 г. Первые работы по теме неотражающих полосковых фильтров отечественных авторов Лоцилова А.Г., Малютина Н.Д. и др. были опубликованы в 2008 г. в трудах конференции КрыМиКо.

Тема диссертации Чинь То Тхань является весьма актуальным продолжением исследований и разработки новых конструкций полосковых неотражающих фильтров.

Цель работы — исследование, разработка моделей и конструкций неотражающих полосковых фильтров на связанных полосковых линиях (СПЛ) и сосредоточенных RLC-элементах с максимально возможным коэффициентом передачи в полосе пропускания и минимально достижимым коэффициентом отражения в полосе заграждения.

Соответствие темы диссертации научной специальности

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии п.2 «Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.» и п.3 «Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных микроволновых устройств, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно

улучшенными параметрами».

Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований, примененные методы получения новых научных сведений, так же соответствуют паспорту специальности 2.2.14 — «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» (технические науки).

Общая характеристика работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 156 страницах текста, включает 93 рисунка и 3 таблицы. Список литературы состоит из 134 наименований.

В диссертации представлены все необходимые разделы для выполнения квалификационной работы, их содержание соответствует сформулированным целям и задачам исследования. Во введении сформулированы научные положения, представляемые к защите. Результаты математического моделирования подтверждены экспериментальными данными. Автор полно исследует основные результаты, описанные в диссертации.

По результатам исследований 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.

Анализ содержания работы

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

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

Второй раздел посвящен результатам разработки аналитических моделей неотражающих полосковых фильтров на основе 3D-конструкций связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-цепей. Эти модели стали основой для создания алгоритмов и программ, используемых при исследовании и проектировании неотражающих фильтров. Рассматриваются 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 работы, даны рекомендации и обозначены перспективы дальнейшего развития темы.

Научная новизна полученных автором результатов, выводов и рекомендаций

Наиболее значимыми из сформулированных автором диссертации пунктов, характеризующих научную новизну, можно считать следующие:

1) Построение аналитической модели неотражающих фильтров на основе решения обратной задачи определения частотной зависимости импеданса RLC-цепей, входящих в состав НПФ, при известных параметрах связанных полосковых линий, что позволяет синтезировать схему и параметры элементов RLC-цепи и фильтров.

2) Определение зависимости 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.

3) Предложены и реализованы новые схемы и конструкции полосковых неотражающих фильтров, а также метод уменьшения габаритов неотражающих фильтров путем изменения топологии проводников СПЛ в форме меандра.

Теоретическая и практическая значимость

Известно, что получение аналитических зависимостей между параметрами устройств имеет важное значение для понимания физических закономерностей работы объектов исследования и позволяет существенно ускорять процесс проектирования. Поэтому полученные в диссертации аналитические соотношения для анализа неотражающих фильтров и решение обратной задачи определения частотной зависимости импеданса RLC-цепей безусловно представляют теоретически значимый результат. Полученные результаты можно рассматривать как существенное дополнение в теории связанных полосковых линий, нагруженных на сосредоточенные RLC-цепи. Автор получил одно из возможных решений противоречивой задачи сохранения частотно-селективных свойств и минимального отражения от входа и выхода устройств.

Обобщенную эквивалентную схему можно рассматривать как продукт, имеющий важное практическое значение для создания новых неотражающих частотно-селективных устройств. Схема инвариантна к методам ее анализа, что позволяет использовать подходы, основанные на анализе квази-Т-волн в связанных полосковых линиях, и методы расчета сосредоточенных цепей. Это дает возможность разрабатывать программы моделирования в среде Mathcad, а также применять эту схему для электродинамического анализа устройств в САПР CST Studio Suite 2017 и AWR.

Важным вкладом в практику построения и применения неотражающих фильтров являются полученные результаты интеллектуальной деятельности,

макеты полосковых неотражающих полосно-пропускающих фильтров, обладающие новизной. Проведенные экспериментальные исследования частотных характеристик полосковых неотражающих фильтров представляют базу для оценки реальных параметров НПФ.

Достоверность результатов работы

Достоверность результатов анализа, синтеза и экспериментов подтверждается корректным применением известных аналитических методов, корректным применением пакета численного моделирования СВЧ устройств CST Studio Suite, использованием для экспериментальных исследований векторного анализатора цепей P4226 с подтвержденными метрологическими характеристиками, совпадением данных численного моделирования, выполненного различными методами, их согласованностью с экспериментальными результатами.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

Замечания по работе

При анализе диссертационной работы и автореферата выявлены следующие недостатки:

- 1) Автор использует термины «коэффициент неравенства фазовых скоростей» и «отношение фазовых скоростей» (см. 2.7.2) без определения коэффициента неравенства фазовых скоростей, что некорректно, так как одновременно используется и термин «отношение фазовых скоростей». Очевидно, что надо было использовать термин, однозначно определяющий сравниваемые фазовые скорости.
- 2) По результатам экспериментальных исследований характеристик изготовленных макетов фильтров автор утверждает, что они близки к расчетным. Однако, из приведенных зависимостей видно, что измеренные прямые и обратные потери заметно выше расчетных, особенно за пределами полосы пропускания. К сожалению, причины этого отличия в диссертационной работе не обсуждаются в достаточной мере.
- 3) На частотах полосы пропускания предложенная конструкция НПФ представляет собой двухзвенный микрополосковый фильтр, собранный на четвертьволновых резонаторах. В данном случае фильтр подключен к линиям передачи в точках, где расположена пучность электрического поля резонаторов. Добротность резонаторов в этом случае минимальна, что приводит к заметным потерям в полосе пропускания. Известно (см., например, работы Беляева Б.А.), что потери в полосе пропускания фильтров на МПР можно минимизировать путем подбора точки подключения резонаторов к линиям передачи. Данный момент в работе также не рассматривается и не обсуждается.
- 4) В диссертационной работе, на наш взгляд, недостаточно подробно описан механизм образования получаемых волновых свойств

неотражающих фильтров. Разумеется, что приводимые подробные сведения о частотных зависимостях матрицы рассеяния латентно содержат информацию о волновых процессах, но их дополнительное исследование, в том числе, - в зависимости от продольной координаты, было бы весьма интересным.

- 5) В диссертации и автореферате автору, к сожалению, не удалось избежать описок и грамматических ошибок.

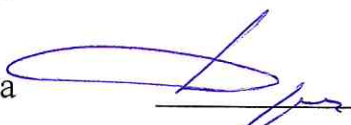
В целом данные замечания не снижают научной ценности и практической значимости проведенного исследования и не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа "Модели и конструкции неотражающих фильтров СВЧ на основе связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-элементов" соответствует пунктам 9-14 "Положения" о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 28.08.2017 №1024), поскольку является завершенной самостоятельной научно-исследовательской работой, включающей в себя решение задачи разработки неотражающих фильтров СВЧ, и ее автор, Чинь То Тхань, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 "Антенны, СВЧ-устройства и их технологии".

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой радиоэлектроники
Национального исследовательского
Томского государственного университета


16.07.24

Дунаевский Г.Е.

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

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Телефон: 8 (3822) 529-557

E-mail: rector@mail.tsu.ru

