

ОТЗЫВ

официального оппонента **Малютина Николая Дмитриевича** на диссертацию **Сержантова Алексея Михайловича** «Резонансные полосковые структуры и частотно-селективные устройства на их основе с улучшенными характеристиками» по специальности 01.04.03 – Радиофизика на соискание ученой степени доктора технических наук.

Актуальность темы

Развитие современных систем радиолокации, радионавигации, подвижной радиосвязи, глобальных телекоммуникаций, цифрового телевидения и радиовещания, а также радиоизмерительных систем сопровождается непрерывным повышением требований к используемой в них элементной базе. Как известно, одними из важнейших элементов современных радиотехнических систем являются частотно-селективные устройства сверхвысоких частот (СВЧ), предназначенные выделения из сигнала с широким спектром составляющей с узким спектром, а также управляемые устройства, предназначенные для изменения амплитуды и фазы электромагнитных волн. Именно эти устройства зачастую определяют предельные тактико-технические характеристики всей системы в целом. Основными требованиями, предъявляемыми к таким устройствам являются миниатюрность, надежность, высокая технологичность в изготовлении. С этих позиций наиболее привлекательными являются устройства на основе планарных волноведущих структур, например, полосковых и микрополосковых линий передачи, которые эффективно поддаются численному расчету в программах как скоростного квазистатического, так и более ресурсоемкого, но более точного электродинамического моделирования. В связи с вышесказанным тема диссертационной работы Сержантова А.М., посвященная разработке новых принципов построения и методов численного анализа полосковых частотно-селективных и управляемых устройств сверхвысоких частот с улучшенными характеристиками, является, несомненно, **актуальной**.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Представленная диссертационная работа состоит из введения и основной части, которая состоит из шести глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи работы, приведены положения, выносимые на защиту. Рассмотрена научная и практическая значимость работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней дана оценка состояния современного уровня развития полосковых частотно-селективных и управляемых устройств СВЧ и определены основные трудности, стоящие на пути улучшения их массогабаритных и электрических характеристик.

Вторая глава посвящена рассмотрению модифицированного энергетического метода расчета частотно-зависимых коэффициентов связи полосковых резонаторов.

В третьей главе с использованием предложенного модифицированного энергетического подхода исследованы особенности поведения частотно-зависимых коэффициентов связи микрополосковых резонаторов в конструкциях полосно-пропускающих фильтров.

В четвертой главе рассмотрена новая концепция построения полосковых и микрополосковых резонаторов на основе многопроводниковых структур, позволяющая значительно улучшить массогабаритные и электрические характеристики частотно-селективных устройств.

В пятой главе рассмотрены новые подходы к улучшению характеристик частотно-селективных устройств СВЧ.

В шестой главе рассмотрено применение обнаруженных особенностей взаимодействия резонансных полосковых структур для создания СВЧ-устройств различного назначения.

В заключении приведены основные результаты исследований.

Анализ диссертационной работы показывает, что в ней содержится ряд новых результатов, имеющих важное научное и прикладное значение. Наиболее существенными новыми научными результатами работы можно

считать следующие:

1. Модифицированный энергетический метод расчета частотно-зависимых коэффициентов связи полосковых резонаторов, основанный на применении распределений по длине полосковых проводников комплексных величин токов и напряжений, найденных в квазистатическом приближении, позволяющий существенно повысить точность оценки электромагнитного взаимодействия резонаторов в широком диапазоне частот при изменении их конструктивных параметров в значительных пределах.

2. В структурах, состоящих из электромагнитно-связанных многопроводниковых резонаторов, нули коэффициента передачи могут быть следствием взаимной компенсации не только индуктивного и емкостного взаимодействий, но и чисто индуктивного взаимодействия полосковых проводников.

3. В микрополосковых фильтрах на основе регулярных полуволновых, шпильковых полуволновых и нерегулярных четвертьволновых резонаторах в условиях близких по величине и противоположных по знаку коэффициентов емкостного и индуктивного взаимодействия резонаторов может наблюдаться аномальное поведение зависимости полного коэффициента связи, которое заключается в усилении взаимодействия резонаторов при увеличении расстояния между ними.

4. Новая концепция построения полосковых устройств, основанная на замене традиционного однопроводникового полоскового резонатора на систему электромагнитно взаимодействующих полосковых резонаторов (эквивалентный многопроводниковый резонатор), у которых коэффициент индуктивной связи близок к максимальному значению, что позволяет создавать частотно-селективные устройства с значительно лучшими характеристиками по сравнению с известными аналогами.

5. Новые способы реализации дополнительной связи между парой несоседних резонаторов в полосно-пропускающих фильтрах, позволяющие формировать полюсы затухания на амплитудно-частотной характеристике устройств практически симметрично относительно центральной частоты полосы пропускания.

6. Новый подход к созданию электрически управляемых фазовращателей и линий задержки, высокочувствительных датчиков физических величин различных материалов и устройств защиты входных цепей приемных устройств от воздействия мощного радиоимпульса, обладающих улучшенными по сравнению с аналогами массогабаритными и электрическими характеристиками, который основан на применении в электромагнитно-связанных резонаторах активных (электрически управляемых) сред на основе жидких кристаллов, тонких магнитных пленок и плёнок из высокотемпературного сверхпроводника.

Оценка новизны и достоверности научных положений и результатов диссертации

Большинство научных результатов, полученных автором, следует считать новыми и не опубликованными ранее. Новизна результатов исследований подтверждается публикациями автора в ведущих научных журналах, а также патентами России на изобретения.

Полученные новые научные результаты базируются на известных достижениях таких научных дисциплин как электродинамика и теория электрических цепей. Корректность применения используемого математического аппарата предложенного в работе энергетического подхода подтверждается непротиворечивостью полученных результатов и их соответствием результатам, полученным методами известными ранее. Обоснованность и достоверность выводов и научных положений в диссертации Сержантова А.М. определяется также и тем, что в применявшимся им для исследований коэффициентов связи резонаторов программных продуктах расчет характеристик устройств производился на основе одномерной модели, параметры которой были получены в квазистатическом приближении. Как известно, результаты расчета структур в квазистатическом приближении характеризуются высокой точностью в случае малости поперечных размеров проводников по сравнению с их продольными размерами, что и имело место в исследованных структурах. Кроме того, справедливость применения такого

подхода обосновывается и тем, что рассчитанные характеристики устройств хорошо совпадают с экспериментальными зависимостями, измеренными на современной высокоточной аппаратуре.

Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным Министерством образования Российской Федерации. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Общий объем составляет 316 страниц, включая 148 рисунков, 8 таблиц. Список цитированной литературы состоит из 289 наименований.

По теме диссертации опубликовано 55 работ, в том числе 2 главы в монографиях, 20 статей в журналах из списка ВАК, 12 статей в зарубежных журналах и 23 патента на изобретения.

Замечания

1. Несмотря на значительный объем обзора (раздел 1 диссертации), в нем мало уделено места особенностям связанных микрополосковых структур с неуравновешенной электромагнитной связью. Как следствие, формулировка задач исследований имеет общий характер в виде проблемы.

2. Не совсем ясно из материалов диссертации каким образом оригинальный анализ резонаторов на основе изучения частотной зависимости коэффициентов емкостной и индуктивной связи сочетается с классическим анализом микрополосковых структур с помощью известных САПР. Ведь в случае изменения методологии проектирования должно быть разработано собственное программное обеспечение, либо «встраивание» разработанного подхода в виде математических моделей в существующую САПР. Этот вопрос не совсем ясен из текста диссертации.

3. Разделы диссертации не содержат коротко сформулированных выводов, что несколько затрудняет при прочтении оценку степени доказанности положений, выносимых на защиту.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения ВАК

Диссертация Сержантова Алексея Михайловича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. В работе

получен ряд важных научно-технических результатов. Разработан оригинальный метод расчета частотно-зависимых коэффициентов связи резонансных полосковых структур, применение которого привело к существенному прогрессу в развитии представлений о физике волновых процессов, происходящих в системах взаимодействующих электродинамических резонаторов. Предложены новые принципы построения частотно-селективных и электрически управляемых устройств сверхвысоких частот, обладающих улучшенными по сравнению с аналогами массогабаритными и электрическими характеристиками.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о наличии в диссертационной работе **научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.**

Считаю, что представленная работа «Резонансные полосковые структуры и частотно-селективные устройства на их основе с улучшенными характеристиками» **удовлетворяет** требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям (см. пункт 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней от 24.09.2013 г. № 842), а её автор, Сержантов Алексей Михайлович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, директор НИИ Систем электрической связи Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники». Адрес: Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40. Тел: 8 (382) 52 79 42. E-mail: ndm@main.tusur.ru

Дата: 04.09.2015 г.

Малютин Николай Дмитриевич



Подпись официального оппонента Малютина Николая Дмитриевича заверяю:

ПОДПИСЬ . . .
УДОСТОВЕРЕН
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Е.В. ПРОКОПЧУК