

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и инновационной деятельности
Национального исследовательского Томского
государственного университета,

доктор физико-математических наук, профессор



Ворожцов Александр Борисович

« 10 » декабря 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Афонина Алексея Олеговича «Полосковые диплексеры для навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и исследование коэффициентов связи согласующих цепей с входными резонаторами фильтров каналов» по специальности 01.04.03 – Радиофизика на соискание ученой степени кандидата технических наук

С развитием радиотехники и радиоэлектроники к частотно-селективным устройствам предъявляются все более жесткие требования, а именно к их миниатюрности, избирательности, надежности, технологичности в производстве, а также стоимости. Наиболее высоким уровнем всех перечисленных качеств в совокупности обладают диплексеры, построенные на полосковых и микрополосковых резонаторах. Чаще всего диплексеры конструируют как два полосно-пропускающих фильтра, имеющих один общий вход (порт). Из-за взаимодействия между двумя фильтрами каналов, составляющих диплексер, их характеристики искажаются, т. е. получаются отличными от характеристик двух отдельных фильтров. Для того чтобы свести эти искажения к минимуму, каждый канал диплексера необходимо правильно согласовать с общим входным портом с помощью соответствующей конфигурации согласующей цепи. Используемые в настоящее время приемы согласования двух каналов с общим портом не позволяют создавать диплексеры, которые полностью удовлетворяют требованиям современных радиосистем. Часто цепи согласования занимают до половины площади всего устройства, что неприемлемо при разработке миниатюрных диплексеров. Некоторые

способы согласования слишком сложны в настройке, что делает невозможной разработку диплексеров для серийного производства. Поэтому актуальной задачей является разработка простых способов согласования каналов, позволяющих проектировать миниатюрные диплексеры на подложках с высокой ϵ_r . Решению этой, безусловно, актуальной задачи посвящено научное исследование Афонаина Алексея Олеговича.

Научная новизна результатов, полученных в диссертационном исследовании, заключается в следующем:

1. Впервые рассчитаны и исследованы частотно-зависимые коэффициенты связи согласующей цепи в виде нерезонансного отрезка микрополосковой линии с входными резонаторами каналов в микрополосковом диплексере.

2. Разработана новая конфигурация согласующей цепи в виде нерегулярного Π -образного короткозамкнутого полоскового проводника для согласования каналов с общим портом в микрополосковом диплексере на основе четвертьволновых резонаторов. Такая конфигурация согласующей цепи свела к минимуму взаимное влияние каналов друг на друга и позволила уменьшить размеры устройства. Рассчитаны и исследованы частотно-зависимые коэффициенты связи Π -образной согласующей цепи с входными резонаторами каналов.

3. Предложена конфигурация согласующей цепи в виде короткозамкнутого отрезка полосковой линии для согласования каналов с общим портом в полосковом диплексере на подвешенной подложке на основе двухпроводниковых резонаторов. Конфигурация отличается от известной тем, что один конец полоскового проводника замкнут на землю, что обеспечило требуемый уровень связи с фильтрами каналов. Исследовано влияние ширины согласующего проводника на величину связи с входными резонаторами каналов.

Практическая значимость полученных результатов

Разработана конструкция микрополоскового диплексера с полуволновыми резонаторами в фильтрах каналов с малыми вносимыми потерями (0,84 дБ в низкочастотном и 0,95 дБ в высокочастотном каналах) для работы в спутниковых радионавигационных системах ГЛОНАСС/GPS с возможностью простой регулировки.

Разработанная конструкция миниатюрного микрополоскового диплексера с четвертьволновыми резонаторами в фильтрах каналов для работы в СРНС ГЛОНАСС/GPS позволила уменьшить размеры диплексера более чем в два раза (по сравнению с ранее используемой конструкцией).

Разработанная конструкция миниатюрного полоскового диплексера на подвешенной подложке с двухпроводниковыми резонаторами в фильтрах каналов для работы в СРНС ГЛОНАСС/GPS позволила обеспечить высокий уровень развязки между каналами, который составляет не менее 75 дБ.

Полученные результаты позволили реализовать ряд устройств для применения в радиотехнических системах, которые внедрены в серийное производство.

Достоверность полученных результатов обеспечена применением корректных методов математического анализа, современных программ электродинамического моделирования полосковых и микрополосковых структур, хорошим согласием результатов численных и физических экспериментов, а также использованием современной измерительной аппаратуры (R&S ZVL и ZVA 50).

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук и 1 статья в зарубежном научном журнале, индексируемом БД Web of Science, и 9 публикаций в материалах международных и всероссийских конференций; получен 1 патент на изобретение Российской Федерации.

Основные результаты рассматриваемой работы

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и 6 приложений. Общий объем работы составляет 135 страниц, включая 59 рисунков, 4 таблицы, а также список цитируемой литературы из 133 наименований.

Наиболее значимые результаты

1. Показана возможность применения нерезонансного отрезка микрополосковой линии для согласования общего порта с фильтрами каналов микрополоскового диплексера для реализации миниатюрных устройств на подложке

с высокой относительной диэлектрической проницаемостью. Показано, что использование в качестве согласующей цепи нерезонансного отрезка микрополосковой линии позволяет разрабатывать микрополосковые диплексеры на полуволновых резонаторах, с использованием подложек с высокой относительной диэлектрической проницаемостью и широкими (до 15%) относительными полосами пропускания каналов.

2. Разработана новая конфигурация согласующей цепи в виде нерегулярного П-образного короткозамкнутого полоскового проводника для согласования общего порта с каналами микрополоскового диплексера на основе четвертьволновых резонаторов с использованием подложек с высокой ϵ_r и широкими (до 17%) относительными полосами пропускания каналов, что позволило уменьшить размеры диплексера более чем в два раза (по сравнению с ранее используемой конструкцией).

3. Предложена конфигурация согласующей цепи в виде короткозамкнутого отрезка полосковой линии для согласования каналов с общим портом в полосковом диплексере на подвешенной подложке на основе двухпроводниковых резонаторов. Показано, что использование такой согласующей цепи для согласования общего порта с каналами позволяет разрабатывать полосковые диплексеры на подвешенной подложке и двухпроводниковых резонаторах с широкими (до 21%) относительными полосами пропускания каналов.

4. Разработанные и исследованные способы согласования каналов в полосковых и микрополосковых диплексерах позволили реализовать ряд устройств для применения в радиотехнических системах, которые внедрены в серийное производство на предприятии АО «НПП «Радиосвязь» (г. Красноярск), что подтверждается актами о внедрении.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Частотно-селективные устройства сверхвысоких частот являются важнейшими элементами современных радиотехнических систем, таких как спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система) и GPS (Global Positioning System). Результаты диссертационного исследования Афонина А. О. позволяют получить диплексеры с улучшенными массо-габаритными параметрами, малыми вносимыми потерями в полосах пропускания, и высоким уровнем развязки между каналами.

Рекомендуем предоставить результаты диссертационного исследования для использования на предприятиях Росэлектроники.

Работа оформлена в соответствии с принятыми правилами.

Замечания.

1. Первое защищаемое положение сформулировано неоднозначно: «На подложках с высокой относительной диэлектрической проницаемостью...». Не определена величина относительной диэлектрической проницаемости, которая обозначена высокой. Выражение «...можно разрабатывать миниатюрные диплексеры» не отражает уверенности автора в полученных результатах, отраженных в положении.

2. Положение 2. В положении говорится «...позволяет создавать миниатюрные микрополосковые диплексеры...», однако не уточняется степень миниатюризации (конкретные размеры, сравнение с аналогами, например).

3. Аналогично, в положении 3 не определена степень миниатюризации.

4. На странице 82 несовпадение результатов моделирования и эксперимента однозначно объясняется тем, что реальная диэлектрическая проницаемость подложки меньше, чем взята в расчете. На чем основана такая уверенность? Почему не проведены измерения диэлектрической проницаемости подложки? Чем объясняется сдвиг низкочастотной части АХЧ на рисунке А2 в противоположную сторону от результатов, приведенных на рисунке на стр. 82?

Замечания редакционного характера.

1. Рисунок 4.2 и подпись под ним находятся на разных страницах.

2. В работе допущены оговорки: «Результаты главы опубликованы в работах...» (стр. 86, 102). Вероятно результаты, приведенные в главах, получены и опубликованы в результате исследования и ранее, чем написана глава.

3. Встречаются оценки: «небольшие размеры», «небольшие потери», что кажется странным в работе технического направления, где легко можно указать сравнительные оценки или численное значение.

Перечисленные недостатки не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы Афонина А. О. Работа выполнена на высоком научном уровне. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Заключение:

Диссертация Афолина Алексея Олеговича является самостоятельным и законченным исследованием на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для научного направления «генерация, передача, прием, регистрация и анализ колебаний и волн различной физической природы и разных частотных диапазонов, а также их применение в фундаментальных и прикладных исследованиях».

Работа соответствует требованиям пунктов 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 01 октября 2018 г.).

Учитывая вышеизложенное, считаем, что Афонин Алексей Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Отзыв на диссертацию Афолина А. О. обсужден и одобрен на семинаре кафедры радиоэлектроники радиофизического факультета Томского государственного университета 30 ноября 2020 года, протокол № 180.

Советник при ректорате,
заведующий кафедрой радиоэлектроники
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор технических наук (01.04.03 – Радиофизика),
профессор



Григорий Ефимович Дунаевский,
тел.: +79138278380, e-mail: proecs@mail.tsu.ru

20.12.2020

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36;

Телефон: (3822) 52-98-52, E-mail: rector@tsu.ru; сайт: <http://www.tsu.ru>.