

## **Отзыв официального оппонента**

доктора технических наук Даровских С.Н. на диссертацию Летавина Дениса Александровича «Методика структурного синтеза шлейфных мостов УВЧ диапазона с уменьшенными габаритными размерами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

### **Актуальность темы исследования и степень ее разработанности**

Современные требования по оптимизации, предъявляемые к разработке УВЧ и СВЧ устройств, напрямую связаны с уменьшением их габаритных характеристик. Структурным базовым элементом фазовращателей, сумматоров, смесителей, диаграммообразующих схем антенных решеток и других радиотехнических средств является микрополосковый направленный ответвитель и его разновидность: шлейфный квадратурный мост (ШКМ). Особенность конструктивного исполнения используемых ШКМ в таких системах как GSM, Wi-Fi, 3G, 4G, GPS, ГЛОНАСС состоит в том, что большая площадь внутри моста остается неиспользуемой. Это обстоятельство лежит в основе поиска конструктивных решений, направленных на уменьшение их размеров. В настоящее время известны различные методы уменьшения габаритных размеров шлейфных квадратурных мостов. Но их авторы мало внимания уделяют описанию методики синтеза топологии компактных мостов, а останавливаются лишь на обобщенных широко известных расчетных выражениях, не раскрывая перечень выполненных этапов проектирования. Отсутствие этой информации предопределяет актуальность исследования, направленного на разработку методики их проектирования и устройств на её основе. Результаты проведенного исследования позволят упростить процедуру проектирования ШКМ и их использование в современных радиотехнических системах.

Вх. № 05-19/1-389  
07.09.2021г

## **2. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Наиболее значимыми научными положениями и выводами, разработанными в диссертации, являются:

- проведенный анализ существующих конструкций компактных мостов и методик их проектирования, подтверждающий актуальность работы;
- разработанная методика проектирования компактных шлейфных квадратурных мостов с применением комбинации сосредоточенных и/или распределенных элементов в виде Т-образных звеньев. Предложенный подход позволяет выполнять проектирование топологии миниатюрных (в разы занимающих меньшие площади) ШКМ по заданным техническим характеристикам с использованием доступных диэлектрических подложек;
- полученные выражения для расчета погонных емкостей и индуктивностей, используемых в эквивалентной схеме разрабатываемых устройств;
- предложенный схемно-конструктивный способ реализации компактного квадратурного моста и результаты его исследования;
- результаты исследования по оценке допустимых пределов миниатюризации ШКМ.

Достоверность защищаемых положений и результатов диссертационной работы основывается на применении общеизвестных методов аналитического и численного анализа, проверенных систем схемотехнического и электродинамического моделирования и современного измерительного оборудования. Полученные результаты апробированы на международных конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах.

## **3. Научная новизна**

К основным научным результатам диссертации Летавина Д.А. следует отнести:

- методику структурного синтеза шлейфных мостов с уменьшенными габаритными размерами относительно традиционных конструкций, которая

отличается от существующих методик построения компактных мостов наличием компромиссного решения между уменьшением габаритных размеров устройства и ухудшением его частотных характеристик при условии замены лишь двух идентичных отрезков МПЛ на Т-образные звенья;

- определение допустимых пределов миниатюризации ШКМ. Показано, что Т-образные звенья с индуктивными элементами в виде высокоомных отрезков и емкостными элементами в виде низкоомных отрезков позволяют уменьшить площадь микрополосковых устройств на (80–90)% с уменьшением полосы развязки и согласования не более, чем на (30 – 40)%. При этом определено, что наибольшую степень миниатюризации удастся достичь при использовании тонких подложек с небольшой диэлектрической проницаемостью;

- новое схемно-конструктивное решение по реализации шлейфного квадратурного моста с коммутируемым типом направленности, которое отличается от известных тем, что вместо исключительно фильтров нижних частот в состав моста добавлен фильтр верхних частот;

- разработанные компактные мосты, отличающиеся от существующих аналогов тем, что для изменения волновых сопротивлений подводящих линий устройства вместо традиционных четвертьволновых отрезков используются Т-образные звенья фильтров с разными сопротивлениями входов/выходов.

При этом особая значимость работы связана с практической её направленностью. В этой связи необходимо отметить полученные автором 13 патентов РФ на полезную модель.

#### **4. Соответствие диссертации паспорту специальности**

Полученные в диссертации научные результаты соответствуют пунктам 2 и 9 из перечня областей исследований для специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии согласно её паспорту:

пункту 2 – Исследование характеристик антенн и СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные

диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т. д.;

пункту 9 – Разработка методов проектирования и оптимизации антенных систем и СВЧ устройств широкого применения.

#### **4. Стил ь изложения и оформления**

Стил ь изложения материалов проведенного исследования и его оформление удовлетворяет соответствующим требованиям.

Положения, выносимые на защиту, выводы полностью подтверждены в диссертации фактическими данными и соответствуют цели и задачам исследования.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

#### **5. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 36 научных работ. Основные теоретические и практические результаты научной работы опубликованы в 7 статьях в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 2 статьи в международных журналах, индексируемых в базах научного цитирования WoS и Scopus. Получено 13 патентов РФ на полезную модель.

#### **Замечания по работе:**

1. Название диссертации и её цель используют разные ключевые слова. В названии - это «структурный синтез», в цели – это «алгоритмы расчета». В задачах для достижения поставленной цели диссертационного исследования нет задач «структурного синтеза шлейфных мостов», а в научной новизне это отмечено как результат проведенного исследования. Словосочетание «структурный синтез» не нашло свое использование и в выводах по работе.

2. Компромиссное решение между уменьшением габаритных размеров шлейфового моста и допустимым для практических целей ухудшением его частотных характеристик делает целесообразным применить

в названии диссертации словосочетание «структурно-параметрический синтез шлейфовых мостов» вместо «структурного их синтеза».

3. Теоретическая составляющая структурного синтеза шлейфовых мостов основана только на классических формулах расчета индуктивности и емкости звеньев, входящих в их конструкцию, а также на разработке соответствующей эквивалентной схемы. К сожалению, указанные формулы не учитывают взаимного влияния структурных элементов устройства друг на друга, погрешности их конструктивного исполнения и др. В этой связи актуальной является разработка электродинамической модели шлейфового моста даже в самой общей её постановке.

4. Критериями оптимизации не могут быть такие параметры, как несущая частота, полоса пропускания и т.д. по тексту диссертации. Критерии оптимизации – это правила, по которым проводится оптимизация. Указанные выше параметры могут быть использованы как показатели её эффективности.

5. Логика представления содержания второй главы не содержит необходимых пояснений для рассмотрения её содержания в представленном виде.

6. Трудно объяснить незаинтересованность к результатам диссертационного исследования предприятий радиотехнического профиля. Отсутствие необходимых документов по их внедрению снижают ценность представленной работы.

Вместе с тем указанные недостатки не влияют на значимость полученных результатов диссертационной работы. Идея оптимизации шлейфовых мостов обязательно найдет свое практическое применение.

### **Вывод**

Диссертация Летавина Дениса Александровича «Методика структурного синтеза шлейфовых мостов УВЧ диапазона с уменьшенными габаритными размерами», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является самостоятельной законченной научно-

квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и практических исследований разработана методика структурного синтеза шлейфных мостов УВЧ диапазона, которая позволила создать серию оригинальных малогабаритных устройств с расширенными функциональными возможностями относительно традиционной технологии их построения.

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Летавина Дениса Александровича соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней в Уральском федеральном университете, предъявляемых кандидатским диссертациям, а ее автор Летавин Денис Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральского государственного университета  
(научно-исследовательский университет)»,  
доктор технических наук, доцент, научная специальность: 05.11.17 -  
Приборы, системы и изделия медицинского назначения

— Даровских Станислав Никифорович

454080, Россия, г. Челябинск, Проспект Ленина, д.76а,  
тел. 8(351)267-92-16 , darovskih.s@mail.ru

06.09.2021г

Подпись Даровских Станислава Никифоровича удостоверяю

Начальник Управления по работе с кадрами

Минакова Н.С.