

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Саяпина Кирилла Александровича
«Синтез устройств согласования и фазового смещения радиосигналов»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.4. – «Радиофизика»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Саяпина К.А. посвящена созданию и исследованию новых структур коаксиально-волноводных переходов и фиксированных фазовращателей с оптимальными частотными характеристиками. Несмотря на значительный мировой опыт исследования устройств согласования и фазового смещения радиосигналов, многие практически важные вопросы их создания остаются нерешёнными. В первую очередь это относится к устройствам, предназначенным для эксплуатации в условиях комбинированного воздействия факторов внешней среды, существенно отличающихся от нормальных. В этой связи автор акцентирует внимание на воздействии факторов космического пространства на электрическую прочность исследуемых электродинамических структур, предназначенных для использования в составе негерметичных приемо-передающих модулей систем спутниковой связи. Это является весьма **актуальной** задачей, поскольку работа функциональных устройств СВЧ при высоких значениях мощности значительно повышает риск возникновения электрических разрядов в них, что может привести к росту шумов в каналах приемных трактов, уменьшению мощности передатчиков, а также отказу приемо-передающей аппаратуры бортовых радиоэлектронных комплексов. Одна из поставленных автором задач как раз направлена на создание устройств согласования и фазового смещения сигналов, способных стабильно функционировать в условиях космического вакуума при относительно высоких уровнях рабочей СВЧ-мощности.

Второй составляющей диссертации является поиск и исследование новых малогабаритных электродинамических структур коаксиально-волноводных переходов и фиксированных фазовращателей, имеющих более совершенные частотные характеристики, чем у известных аналогов: меньшие значения вносимых и обратных потерь, больший рабочий диапазон частот и т.д. Данная задача также является **актуальной** в связи с миниатюризацией бортовой радиоэлектронной аппаратуры и её широкополосностью.

Степень обоснованности научных положений, сформулированных в диссертации

Научные положения и выводы, представленные в работе, достаточно обоснованы, что обеспечивается корректным применением методов схмотехнического и электродинамического моделирования микроволновых многополосников и подтверждается соответствием теоретических и экспериментальных данных, полученных с привлечением хорошо апробированных методов калибровки измерительной аппаратуры, а также сравнением их с результатами работ других авторов.

Научная новизна

К наиболее существенным результатам диссертации можно отнести следующее:

1. Проведены исследования электрической прочности различных структур коаксиально-волноводных переходов с ёмкостным и индуктивным типами связи. Определена оптимальная конфигурация элементов согласования, при которой обеспечивается высокий уровень рабочей мощности при оптимальных частотных характеристиках.

2. Предложены и исследованы структуры соосных коаксиально-волноводных переходов с ёмкостным и индуктивным типами связи, имеющие элементы согласования оптимальной конфигурации, благодаря чему обеспечиваются более совершенные частотные характеристики, чем у известных аналогов.

3. Исследованы структуры уголкового коаксиально-волноводного перехода с индуктивным типом связи. Предложена новая конфигурация перехода, отличающаяся от аналогов подключением коаксиальной линии передачи через узкую боковую стенку волновода.

4. Разработан специальный алгоритм электродинамического анализа прямоугольного резонатора с системой произвольно ориентированных коаксиально-волноводных переходов. Получены соотношения для оценки критических значений напряженности электромагнитных полей для исследованных структур.

5. Предложены и исследованы фазосмещающие свойства структур электрических цепей на основе неоднородных (ступенчатых и плавных) одиночных линий передачи с неоднородными шлейфами. Показано, что данные структуры имеют в 1,3-3,0 раза меньшую электрическую длину, чем известные структуры с однородными шлейфами.

6. Проведено комплексное теоретическое и экспериментальное исследование широкополосных фиксированных фазовращателей со структурой электрической цепи в виде связанных линий передачи класса II, нагруженных короткозамкнутым шлейфом. Также исследована структура с двухэлементным фазосдвигающим каналом на основе связанных линий передачи со шлейфом. В обоих случаях предложенные структуры имеют меньший коэффициент связи между линиями, чем аналогичная структура на С-звеньях.

Научно-практическая значимость полученных автором результатов

Результаты диссертационной работы могут найти широкое применение в разработке известных и новых типов микроволновых устройств, предназначенных для работы в составе негерметизированной аппаратуры бортовых радиотрансляционных комплексов спутниковых систем телекоммуникации. Кроме этого, предложенные широкополосные структуры устройств согласования и фазового смещения могут быть использованы в различных измерительных системах.

Значительная часть результатов диссертации была получена в ходе выполнения НИОКР «Мультиплексор-И1Т», ОКР «Спутник», НИР «Импульс» в ООО «НПП «НИКА-СВЧ» (г. Саратов), что подтверждается актом внедрения, приложенным к диссертации. Другая часть результатов диссертации была получена в ходе выполнения гранта Российского научного фонда (проект №23-29-00879) и гранта Фонда содействия инновациям (проект №17ГРРЭС14/71669).

Оценка содержания работы

Диссертационная работа состоит из списка сокращений, введения, трех глав, заключения и списка используемой литературы. Работа содержит 181 страницу, 82 рисунка, 22 таблицы. Список используемой литературы включает 205 наименований. Каждая глава завершается перечнем полученных в ней результатов и промежуточных выводов.

В **главе 1** сделан обширный обзор исследований фиксированных фазовращателей и коаксиально-волноводных переходов. Значительное внимание уделено анализу влияния факторов открытого космического пространства на режимы работы СВЧ-устройств, а также обзору численных методов, использованных в работе.

Глава 2 посвящена синтезу коаксиально-волноводных переходов с емкостным и индуктивным типами связи. Также в ней описана электродинамическая модель возбуждения частично заполненного диэлектриком резонатора несколькими коаксиально-волноводными переходами через окна связи.

В **главе 3** приведены результаты синтеза и исследования структур фиксированных фазовращателей на основе одиночных и связанных линий передачи со шлейфами. Большая часть теоретических результатов подтверждена многочисленными экспериментами. Приведены сравнения характеристик предложенных структур с ранее известными, показывающие преимущества использования шлейфов.

В **заключении** приводятся выводы и основные результаты диссертационной работы.

В целом, диссертационная работа выполнена на достаточно хорошем научном уровне и хорошо структурирована. Автореферат соответствует тексту диссертационной работы.

Замечания

- В тексте диссертации и автореферата присутствует избыточное количество аббревиатур.
- На рисунке 2.39 отсутствует шкала, по которой можно было бы сравнить решение на основе теории возбуждения и решение, полученное с помощью доступного пакета электродинамического моделирования.
- В главе 2 недостаточно подробно рассмотрено влияние физических свойств материалов и покрытий волноводных каналов коаксиально-волноводных переходов на их электрическую прочность.
- В главе 2 частично нарушилась нумерация разделов.
- При описании двухэлементной структуры фиксированного фазовращателя в главе 3 недостаточно подробно рассмотрено влияние соединительного отрезка между элементами фазосдвигающего канала, который, как указывает автор, отрицательно сказывается на частотных характеристиках устройства.

Однако указанные замечания не умаляют заслуг соискателя и не влияют на общее положительное впечатление от диссертации.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне. В ней содержится решение задачи

синтеза устройств согласования и фазового смещения радиосигналов, которая имеет важное значение как в области радиофизики, так и для современной микроволновой техники. Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными.

Кандидатская диссертация полностью соответствует требованиям и критериям пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Саяпин Кирилл Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4. «Радиофизика».

Доктор технических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор кафедры «Электронные приборы и устройства» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77. Телефон: 8 (845) 299-86-03
E-mail: muchkaev_vadim@mail.ru

02.09.2024г.

Вадим Юрьевич Мучкаев

Подпись доктора технических наук, профессора кафедры «Электронные приборы и устройства» Мучкаева Вадима Юрьевича заверяю:

Учёный секретарь Ученого совета
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный
технический университет имени
Гагарина Ю.А.»



А.В. Потапова