

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.6:535-11

Захаров  
Иван Андреевич

СМЕСИТЕЛЬ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии»

Научный руководитель  
Гусинский Александр Владимирович  
к-т техн. наук, доцент

Минск 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данной магистерской диссертация является проектирование и анализ характеристик смесителя миллиметрового диапазона длин волн.

Особое место в области радиоэлектроники занимают вопросы создания и применения радиоэлектронных СВЧ-систем и устройств, в том числе сантиметрового, миллиметрового, а в последние годы и субмиллиметрового диапазонов волн. При создании подобных систем используют разнообразные СВЧ-устройства и их соединения. Исследования характеристик и параметров СВЧ-устройств при их создании и проверка соответствия таких устройств спецификационным требованиям при производственном выпуске, а также многие другие задачи и исследования требуют соответствующих средств инструментального анализа СВЧ-устройств и их соединений.

Многообразие используемых в СВЧ-диапазонах типов устройств обуславливает многообразие параметров и характеристик, описывающих их свойства и требующих экспериментального определения. Это в свою очередь приводит к необходимости решения разнообразных измерительных задач, что возможно с помощью соответствующих измерительных средств. Парк, существующих и создаваемых измерительных средств весьма велик, так как должен обеспечивать измерения всех параметров и характеристик СВЧ-устройств, интересующих разработчиков систем и других потребителей, в различных частотных диапазонах и для разных используемых типов линий передач.

В современной аппаратуре можно обнаружить множество смесительных каскадов. Они известны как устройства, которые, при подаче на них сигналов двух частот, дают дополнительные сигналы, равные по частотам сумме и разности подаваемых на смеситель сигналов. Одна из вновь образованных компонент выделяется настроенным полосовым фильтром (резонансным контуром) и подаётся для обработки далее. Не следует забывать, что остальные компоненты, как входные, так и полученные, также, присутствуют в той или иной степени в выходном сигнале смесителя, они никуда не девались, а просто были уменьшены по амплитуде при селекции. (Следует отметить, что входные сигналы, будучи поданными на нелинейное устройство, каким является смеситель, образуют собственные гармоники, которые тоже взаимодействуют, как между собой, так и с исходными сигналами, подаваемыми на смеситель, получаемые суммарные и разностные сигналы, взаимодействуют как друг с другом, так и с исходными сигналами, их гармониками и комбинационными сигналами, полученными в результате взаимодействия уже вторичных сигналов: каждый сигнал взаимодействует с

каждым, давая всё новые и новые частоты, так что на выходе нелинейного смесителя присутствует целый спектр частот с разными амплитудами [1].

Также смесители широко применяются в генераторах сигналов СВЧ-диапазона, а также в векторных и скалярных анализаторах цепей, и в другой измерительной технике.

**Актуальность темы магистерской диссертации.** В связи с интенсивным освоением миллиметрового диапазона длин волн возникают задачи создания устройств или систем этого диапазона. Следовательно, разработка, изготовление и исследование характеристик смесителя миллиметрового диапазона длин волн является весьма важной и актуальной задачей.

**Цель работы.** Разработать конструкцию, изготовить и исследовать параметры и характеристики балансного смесителя.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:**

1. Анализ существующих схем, конструкций и характеристик смесителей микроволнового диапазона длин волн.
2. Разработка схемы и конструкции балансного смесителя.
3. Разработка методик исследования параметров и характеристик балансного смесителя
4. Проведение исследования параметров и характеристик смесителя с использованием разработанных методик.

**Объект исследования** – балансный смеситель миллиметрового диапазона длин волн.

**Предмет исследования** – параметры и технические характеристики балансного смесителя миллиметрового диапазона длин волн.

Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности соответствует норме, установленный кафедрой ИРТ. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Одним из важнейших узлов во многом определяющим технические и метрологические характеристики векторных анализаторов цепей, а также других радиоэлектронных устройств и систем миллиметрового диапазона длин волн являются смесители.

В настоящее время отсутствуют волноводные смесители, работающие в этом диапазоне. Для создания таких смесителей необходимо провести моделирование схемы смесителя, решить задачи согласования нелинейных элементов с волноводной линией передач, разработать конструкцию и изготовить смеситель. Для определения его параметров и технических характеристик необходимо разработать методики их исследования и с использованием этих методик провести исследование характеристик и параметров смесителя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

1. Анализ существующих схем, конструкций и характеристик смесителей микроволнового диапазона длин волн.
2. Разработка схемы и конструкции балансного смесителя.
3. Разработка методик исследования параметров и характеристик балансного смесителя
4. Проведение исследования параметров и характеристик смесителя с использованием разработанных методик.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первом разделе приводится обзор и анализ существующих схем и конструкций смесителей миллиметрового диапазона длин волн (ММВД) и определяются пути их создания.

Во втором разделе приводятся результаты разработки структурной схемы и эквивалентной схемы смесителя на диодах Шоттки. Приводятся результаты моделирования с использованием программных средств и уточняется эквивалентная схема смесителя.

В третьем разделе приводятся результаты разработки конструкции.

В четвертом разделе приводятся результаты разработки методик исследования параметров и характеристик смесителя.

В пятом разделе приводятся результаты экспериментальных исследований смесителя ММВД.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Целью данной диссертации было разработать конструкцию, изготовить и исследовать параметры и характеристики балансного смесителя. Смесители являются частью преобразователей частоты в радиоприёмных,

радиопередающих и других устройствах, в которых осуществляется генерирование и формирование сигнала.

Разрабатываемое устройство способно конкурировать со своими аналогами, так как разрабатываемое устройство превосходит их по техническим характеристикам.

В ходе работы над диссертацией был произведен литературный обзор существующих смесителей, были рассмотрены аналоги.

Разработана конструкция смесителя и приведено описание.

Разработаны конструктивные элементы согласования линии передачи с диодами.

Разработаны конструктивные элементы перехода с прямоугольного волновода на микрополосковую линию передачи.

Также было проведено успешное испытание, которое показало, что разрабатываемое устройство является перспективным для дальнейшего использования.

### **Публикации**

1. Захаров И.А., Сайков А.В. Модуль умножения частоты в диапазоне частот 25,86 – 37,5 ГГц / 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2020 г.

2. Захаров И.А., Саланович И.Н., Хазановский И.О., Гусинский А.В. Амплитудный детектор в диапазоне частот 25,95 – 37,5 ГГц / Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020 : материалы Респ. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 28-29 октября 2020 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020. – 352 с.

3. Саланович И. Н., Захаров И. А., Дворникова Т. Н. Автоматизированная беспроводная система управления инженерным оборудованием здания / Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020 : материалы Респ. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 28-29 октября 2020 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020. – 352 с.