

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра общей физики

**Теоретические и экспериментальные исследования
электромеханических коаксиальных переключателей в канале
3,5/ 1,52 мм**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 252 группы
направления 03.04.02 «Физика» физического факультета

Ерофеевой Наталии Вячеславовны

Научный руководитель

профессор, д.т.н.
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата




14.06.2019

Хвалин А.Л.
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата



14.06.2019

Игнатьев А.А.
инициалы, фамилия

г. Саратов, 2019 год

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра общей физики

**Теоретические и экспериментальные исследования
электромеханических коаксиальных переключателей в канале
3,5/ 1,52 мм**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 252 группы
направления 03.04.02 «Физика» физического факультета

Ерофеевой Наталии Вячеславовны

Научный руководитель

профессор, д.т.н.
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Хвалин А.Л.
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Игнатьев А.А.
инициалы, фамилия

г. Саратов, 2019 год

Оглавление

Введение.....	3
Структура и объем работы.	4
Содержание работы.....	4
Заключение.	9
Список используемых источников.....	10

Введение

В настоящее время переключатели СВЧ – сигналов находят применение во множестве приборов. Они входят в состав переключаемых конденсаторов, аттенуаторов, линий задержки, приемопередающих модулей, синтезаторов частот и др. Особенно стоит выделить незаменимую роль переключателей при коммутации каналов в комплексах радиолокации и связи.

В зависимости от предъявляемых к ним требований, переключатели имеют различное исполнение. В связи с этим выделяют следующие типы таких устройств: твердотельные, электромеханические, ферритовые и сегнетоэлектрические. Объектом исследования магистерской работы являются электромеханические переключатели высокой мощности диапазона СВЧ.

Электромеханические переключатели (ЭМП) используются для замыкания, прерывания, или изменения пути прохождения сигнала. Из всех типов переключателей они обеспечивают наименьшие вносимые потери в замкнутом состоянии и высокий уровень развязки в разомкнутом состоянии.

Основными областями применения ЭМП являются:

- подключение приемников или передатчиков к одной или нескольким антеннам;
- переключение каналов приема-передачи в необслуживаемых автономных системах;
- проведение многократных измерений в системах автоматических системах.

Управление включением/выключением контактов, через которые проходит СВЧ – сигнал, осуществляется посредством актуаторов (исполнительных механизмов), при подаче на них управляющего напряжения. В качестве актуаторов используются соленоиды, магниты и различные двигатели.

В качестве прототипа электромеханического СВЧ переключателя использован зарубежный переключатель серии 900 компании Dow – Key Microwave .

Актуальность магистерской работы связана с необходимостью создания отечественной конструкции коаксиального электромеханического переключателя SPDT – типа, с улучшенными рабочими характеристиками, которые существенно превосходят характеристики зарубежного прототипа.

Основной целью магистерской работы является оптимизация характеристик электромеханического СВЧ переключателя на основе компьютерной модели.

Структура и объем работы.

Магистерская работа состоит из введения, двух глав (1. Электромеханические переключатели СВЧ – сигналов, 2. Теоретическое и экспериментальное исследование электромеханического коаксиального переключателя) заключения и списка используемой литературы. Объем работы составляет 55 страниц.

Содержание работы

Во введении сформулированы цели и задачи выполняемой работы. Описана структура магистерской работы.

В первой главе выпускной квалификационной работы был рассмотрен коаксиальный СВЧ переключатель SPDT – типа, его общие характеристики и режимы работы. Электромеханические SPDT-переключатели – один из наиболее распространенных видов переключателей. СВЧ переключатель SPDT типа представляет собой единую конструкцию с одним входом и двумя выходами. Коммутация портов переключателя SPDT-типа схематично представлена на рисунке 1. В положении 1 первый контакт (выход) соединяется со 2-м (вход), во втором положении 3-й контакт (выход) соединяется со 2-м (вход).

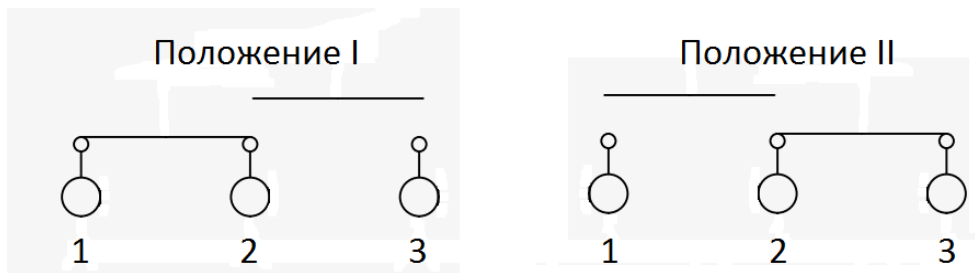


Рисунок 1. Условные обозначения переключателя SPDT – типа в положениях I и II

Для всех типов переключателей можно выделить общий список важнейших характеристик, определяющих их эффективность:

- Диапазон рабочих частот;
- Время переключения;
- Допустимая входная мощность;
- КСВН;
- Вносимые потери;
- Развязка;

Во второй главе был изучен теоретического материала исследуемого электромеханического коаксиального переключателя, его принципиальная схема рабочих положений, пошаговое компьютерное трехмерное электродинамическое моделирование СВЧ тракта коаксиального переключателя SPDT – типа с помощью программы ANSYS HFSS, был произведен расчет его электрических характеристик. Коаксиальные переключатели SPDT – типа (рисунок 2.) имеют общий радиочастотный порт. В данной работе рассматривается SPDT - тип. SPDT – Single Pole, Double Throw. Один полюс, два направления или один вход и два выхода. Это означает, что есть один общий контакт (полюс), который может быть подключен к одному из двух других контактов, как показано на рисунке 3. В русской схемотехнике это называется одна группа контактов.



Рисунок 2. Коаксиальный переключатель SPDT – типа.

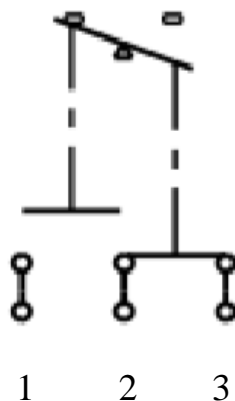


Рисунок 3. Коммутация контактов

Прототипом исследуемого переключателя является зарубежный переключатель серии 909 компании Dow – Key Microwave, который предназначенный для частот от 0 до 26,5 ГГц. Переключатели этого типа снабжены соединителями типа 3,5 мм. Диапазон рабочих температур $-55..85$ °С. Потребляемый ток при напряжении 28В составляет 95 мА. Потери в замкнутом состоянии = 0,05 дБ, КСВН = 1,05, развязка между не связанными каналами должна быть не менее 100 дБ.

В данной работе на основе прототипа создана компьютерная модель коаксиального СВЧ переключателя SPDT – типа, которая представлена на рисунке 4. Оптимизация основных характеристик проводилась для достижения максимально приближенных значений электрических параметров переключателя – прототипа.

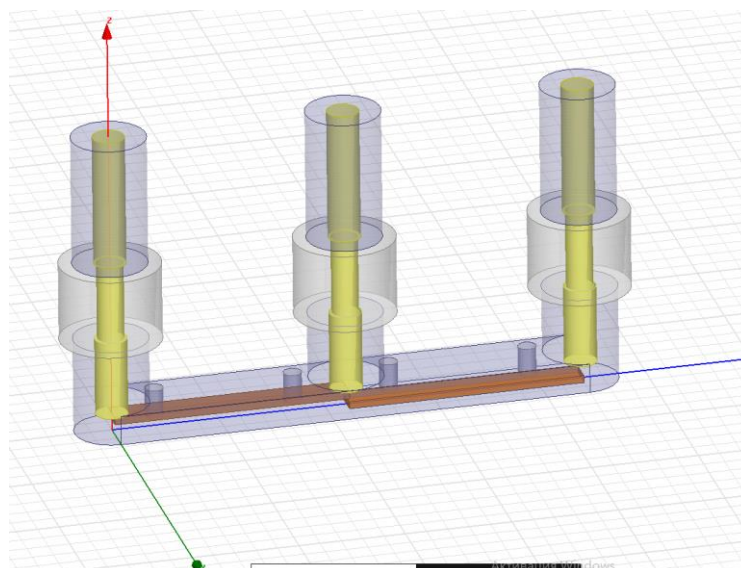


Рисунок 4. 3D модель СВЧ части коаксиального переключателя SPDT-типа.

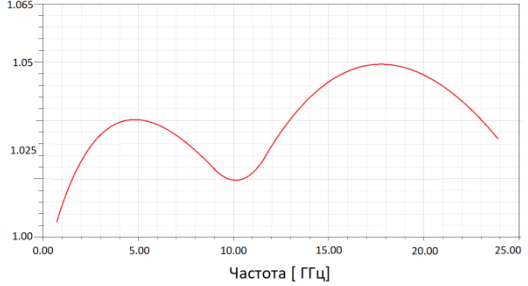
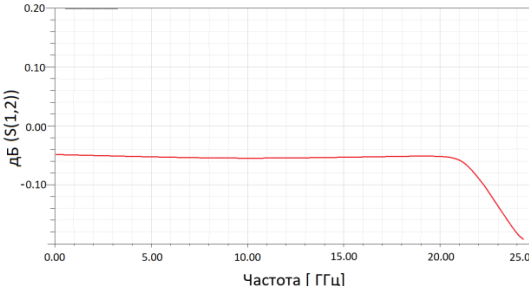
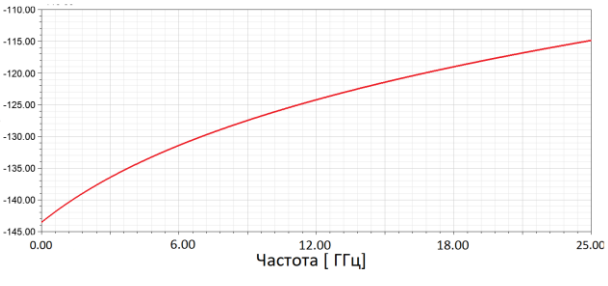
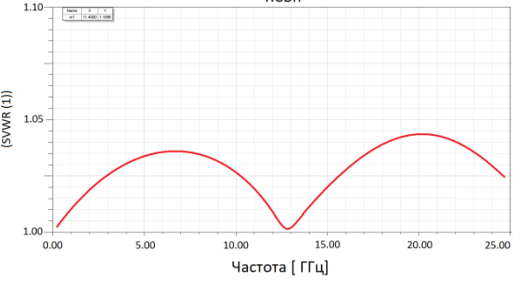
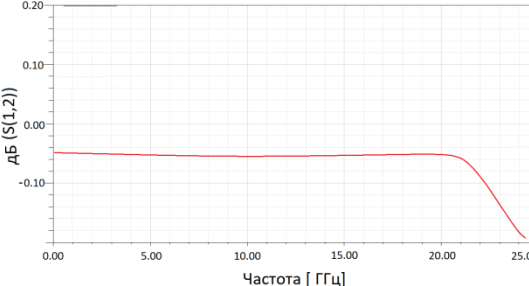
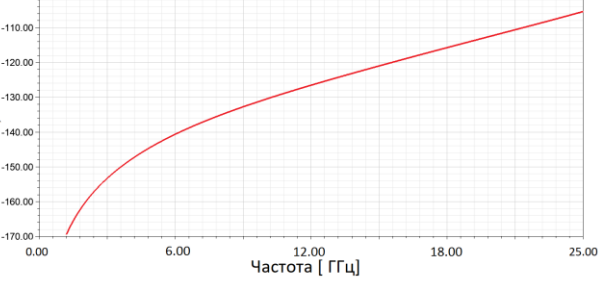
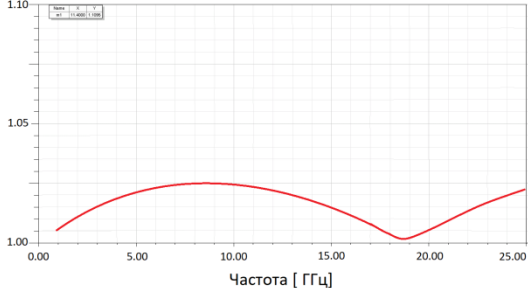
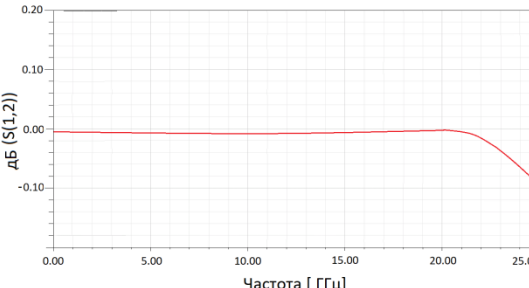
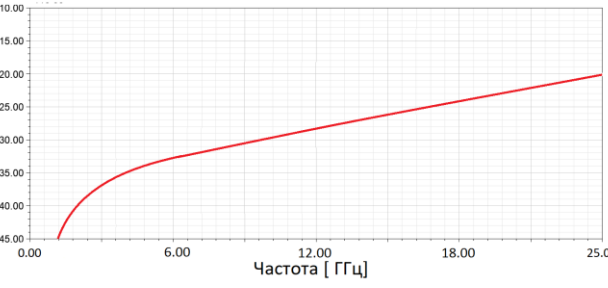
Аналогичным образом построена электродинамическая модель коаксиального переключателя SPDT – типа и сделаны расчеты электрических параметров с диэлектриком, чья диэлектрическая проницаемость больше, чем у тефлона ($\epsilon = 2,1$). Это диэлектрик Ultem 1000. Ultem 1000 – аморфный термопластический материал, обладающий высокой прочностью и термостойкостью. Диэлектрическая проницаемость у Ultem 1000 $\epsilon = 3.15$. Далее для улучшения электрических параметров было испробовано построение модели коаксиального переключателя, где внутренние проводники и внешние границы (стенки) покрыты химическим составом золото-кобальт (Au-Co), благодаря которому снижается переходное сопротивление, сохраняется постоянство электрических параметров, повышается износостойкость и улучшению электрической проводимости.

Полученные результаты расчета характеристик исследуемого переключателя представлены в таблице 1.

По данным графиков видно, что значение КСВН, значение прямых потерь и развязки между не связанными каналами улучшились.

Результаты расчетов по созданной 3D модели показали улучшение основных характеристик по сравнению с прототипом переключатель серии 909.

Таблице 1.

Значение КСВН	Значение прямых потерь	Значение развязки
Компьютерной модели переключателя		
$K_{CT} U_{BX} = 1,05$	$\alpha_{пр} = 0,05$ дБ	$\alpha_{кан} = 105$ дБ
		
При диэлектрике Ultem 1000		
$K_{CT} U_{BX} = 1,045$	$\alpha_{пр} = 0,05$	$\alpha_{кан} = 115$ дБ
		
Где внутренние проводники покрыты химическим составом золото-кобальт		
$K_{CT} U_{BX} = 1,025$	$\alpha_{пр} = 0,02$ дБ	$\alpha_{кан} = 120$ дБ
		

Заключение.

В ходе магистерской работы был изучен теоретический материал по структуре и принципу работы коаксиальных электромеханических переключателей. С помощью программы моделирования ANSYS HFSS была построена модель коаксиального электромеханического переключателя, который в качестве прототипа послужил зарубежный переключатель серии 900 компании Dow – Key Microwave. Были решены задачи оптимизации основных характеристик переключателя. Изучено влияние используемых материалов на основные характеристики переключателя. Произведен расчет коэффициента стоячей волны по напряжению и значение прямых потерь, которые получились аналогичными значениям зарубежного переключателя. Экспериментально был изменен в конструкции материал диэлектрика и покрытие составляющих переключателя, и представлены результаты по сравнению с изначальными параметрами. Результаты показали улучшенные электрические параметры в сравнении с зарубежным аналогом. В процессе оптимизации результаты по сравнению с переключателем серии 909 показывают, что коэффициент стоячей волны по напряжению стал не более 1,02, когда значение прототипа был не более 1.05. Значение прямых потерь переключателя – прототипа в диапазоне частот от 0 до 26,5 ГГц равен 0,05 дБ, после проделанных оптимизаций значения стали равны 0,02 дБ. Также значение развязки между не связанными каналами переключателя - прототипа равны 105дБ, в конечной модели стала = 120 дБ. Данные результаты показывают улучшенные характеристики компьютерной модели СВЧ части коаксиального переключателя SPDT - типа по сравнению с зарубежным аналогом.

Список используемых источников

1. Ленди.Р, Дэвис Д., Албрехт А. Справочник радиоинженера. Государственное энергетическое издательство. Москва. 1961.
2. Изюмов Н.М. Основы радиотехники. Издательство «Связь». Москва. 1965.
3. Белов Л. Микроволновые переключатели компании Dow-Key Microwave. Электроника: Наука, THFSS технология, Бизнес. 8/2007. Ст 88-92
4. Кочемасов В. Электромеханические переключатели ВЧ /СВЧ-сигналов – Основные типы и производители. Часть 1. СВЧ – электроника №7 (157) 2016. Ст. 114- 121
5. Кочемасов В. Электромеханические переключатели ВЧ/СВЧ-сигналов – Основные типы и производители. Часть 1. СВЧ – электроника №8 (158) 2016. Ст. 96- 106
6. Буторов Е., Ларионов А. Обзор возможностей ANSYS HFSS для трехмерного моделирования СВЧ – устройств произвольной геометрии. PLM Урал. 2012. Ст. 62-65
7. Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д. Анализ и оптимизация СВЧ структур с помощью HFSS
8. Дроздовский А.В., Новиков А.И., Зарецкая Г.А. Проверка пригодности пакета FNSYS HFSS для моделирования.
9. Яманов С.А. Химия и радиоматериалы. М.» Высшая школа» 1970 .
10. Сайт компании-производителя программного обеспечения «Ansys». <http://www.ansys.com/>
11. Kishkek R.A., Lau Y.Y, Ang L.K., Valfells A., Gilgenbach R.M. Multipactor Discharge on Metals and Dielectric. Historical Review and Recent Theories // Physics of Plasmas. 1998. Vol.5. No. 5. Pp. 2120-2126.

12. Белов Д.А., Гертель С.Н., Кочемасов В.Н., Строганова Е.П.
Мультипактор в радиоэлектронной аппаратуре спутниковых сегментов систем связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 1. С. 10-16.
13. Вансовская К.М., Волянюк Г.А. Промышленная гальванопластика Л.: Машиностроение, 1986. — 105 с.
14. Садаков Г.А. Гальванопластика М.: Машиностроение, 1987. — 288 с

12. Белов Д.А., Гертель С.Н., Кочемасов В.Н., Строганова Е.П.
Мультипактор в радиоэлектронной аппаратуре спутниковых сегментов систем связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 1. С. 10-16.
13. Вансовская К.М., Волянюк Г.А. Промышленная гальванопластика Л.: Машиностроение, 1986. — 105 с.
14. Садаков Г.А. Гальванопластика М.: Машиностроение, 1987. — 288 с

С.С.С. 14.06.2019
Серебрякова Н.В. 11