

Волноводный электромеханический СВЧ переключатель R-типа

Д.С. Колесников^{1,2}, С.И. Кузюткин¹, Н.В. Дмитричкова¹, В.О. Огородник¹, А.А. Довгань¹,
И.Ш. Бахтеев¹, С.Ю. Молчанов¹

¹АО «НПП «Алмаз»

²СГТУ им. Ю.А. Гагарина

Аннотация: в данной работе представлены результаты исследования и разработки волноводного электромеханического СВЧ переключателя R-типа с сечением волновода WR75. Проведено трехмерное электромагнитное моделирование, изготовлены опытные образцы изделий, измерены их электрические параметры.

Ключевые слова: СВЧ переключатель, пассивные СВЧ устройства, волновод, элементы СВЧ тракта

1. Введение

Электромеханические СВЧ переключатели применяются в качестве элементов коммутации и резервирования каналов приема-передачи в составе СВЧ трактов спутниковых систем, так как обладают меньшими вносимыми потерями и большей развязкой между каналами по сравнению с остальными типами СВЧ переключателей.

Одними из наиболее востребованных СВЧ переключателей являются волноводные СВЧ переключатели R-типа, представляющие собой квадратный статор с четырьмя волноводными портами и плотно входящим в него трехканальным ротором.

В работе рассмотрены расчет и моделирование волноводных электромеханических СВЧ переключателей R-типа космического назначения. Приведены результаты проектирования и изготовления СВЧ переключателей, достигнутые электрические параметры опытных образцов изделий.

2. Расчет конструкции волноводных СВЧ переключателей R-типа

Конструкция волноводного переключателя включает корпус с четырьмя волноводными выводами. Внутри корпуса вращается цилиндрический ротор с двумя вырезами, образующими между стенками корпуса и ротора волноводные каналы, реализующий поворот на 45°. При вращении ротора осуществляется попеременное соединение волноводных выводов наружного корпуса. Общий вид переключателя приведен на рисунке 1.

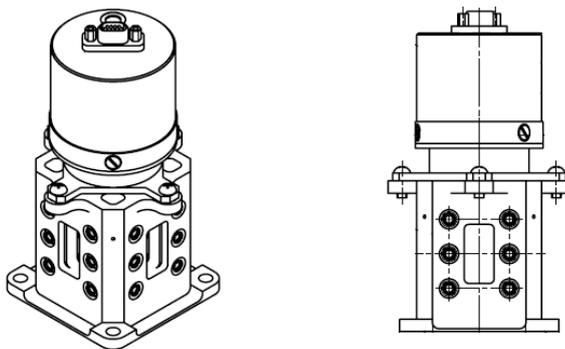


Рисунок 1. Общий вид и возможные позиции волноводного СВЧ переключателя R-типа

Для осуществления свободного вращения ротора внутри корпуса существует зазор между ротором и корпусом. Уменьшение зазора ведет к возможности заклинивания при повороте за счет несоосности и люфта механического соединения и изготовления деталей, а также при неравномерном разогреве при прохождении мощности. Увеличение зазора ведет к снижению изоляции между плечами переключателя. Величина зазора может также влиять на КСВН и ослабление.

К современным узлам СВЧ техники применяют очень жёсткие требования к электрическим параметрам. Так, для волноводных переключателей важным является соблюдение требования по КСВН, значение которого должно быть не более 1,15. Развязка между каналами должна быть на уровне нескольких десятков децибел, а значение прямых потерь должно составлять не более 0,06-0,01 дБ.

Использование трехканального ротора значительно ограничивает рабочий диапазон частот волноводных СВЧ переключателей. Это связано с тем, что центральный канал ротора при боковых соединениях волноводов представляет собой полый резонатор, вносящий резонансы в конструкцию переключателя. Для создания широкополосных волноводных СВЧ переключателей в корпус переключателя помещают поглотители СВЧ сигналов, однако это приводит к ухудшению электрических параметров переключателя в целом.

На рисунках 2-7 представлены результаты расчета волноводного СВЧ переключателя R-типа с сечением волноводного канала WR75, оптимизированного для работы в диапазоне частот 11,7-12,32 ГГц.

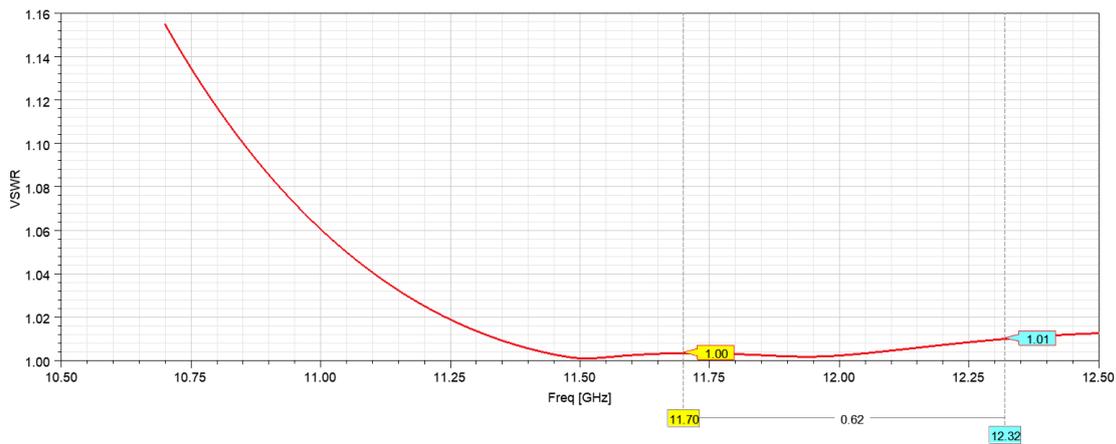


Рисунок 2. Результаты расчета КСВН прямого канала переключателя с сечением WR75

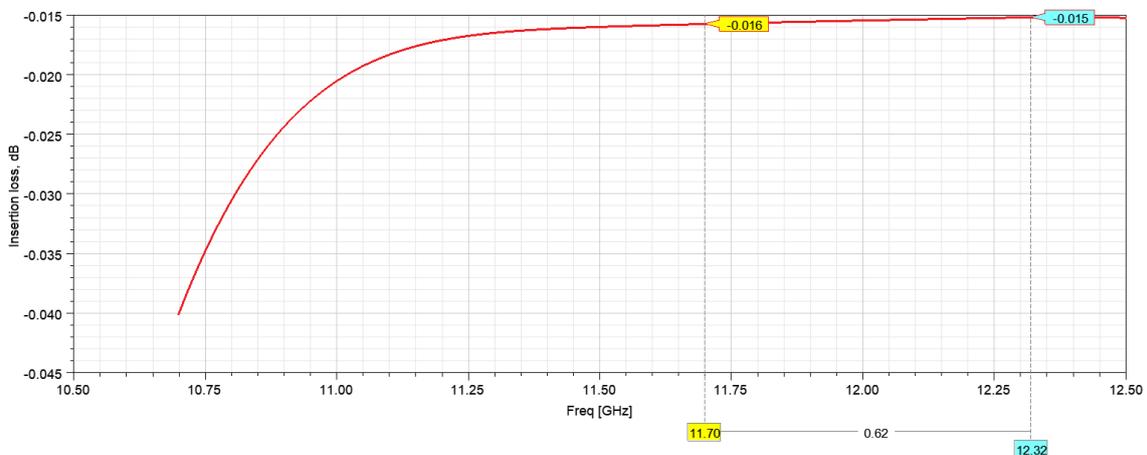


Рисунок 3. Результаты расчета прямых потерь прямого канала переключателя с сечением WR75

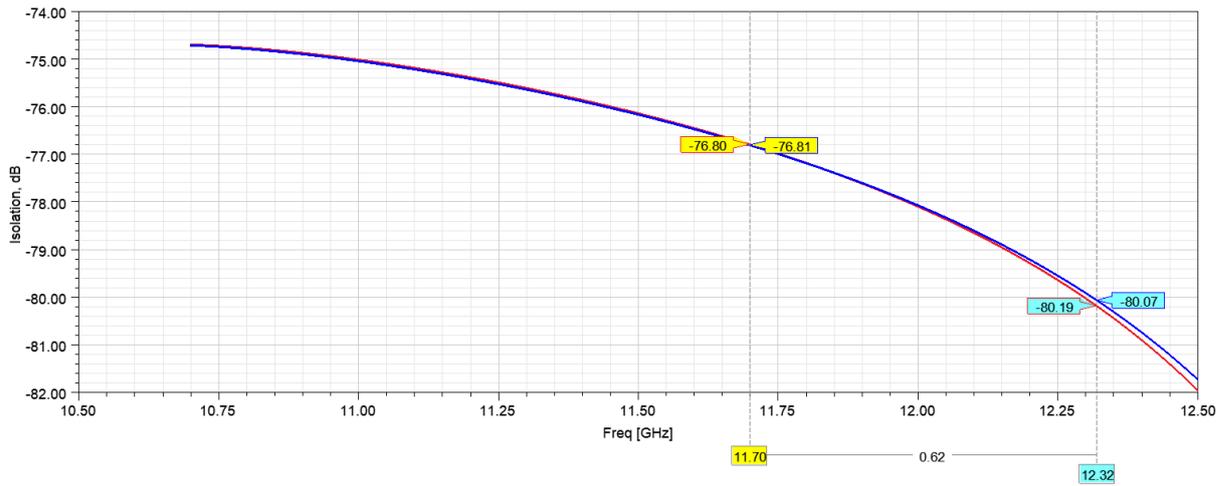


Рисунок 4. Результаты расчета развязки прямого канала переключателя с сечением WR75

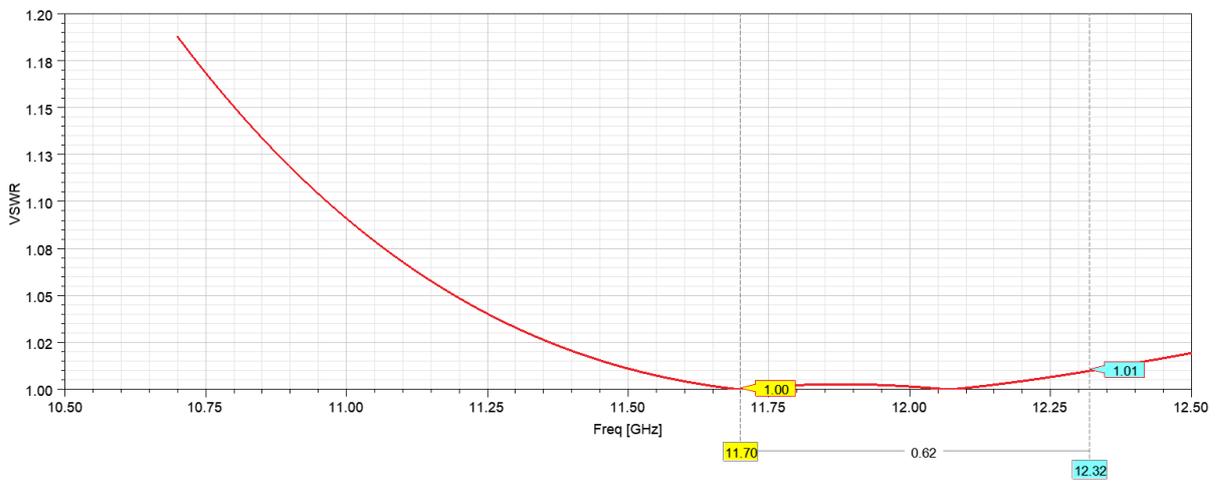


Рисунок 5. Результаты расчета КСВН бокового канала переключателя с сечением WR75

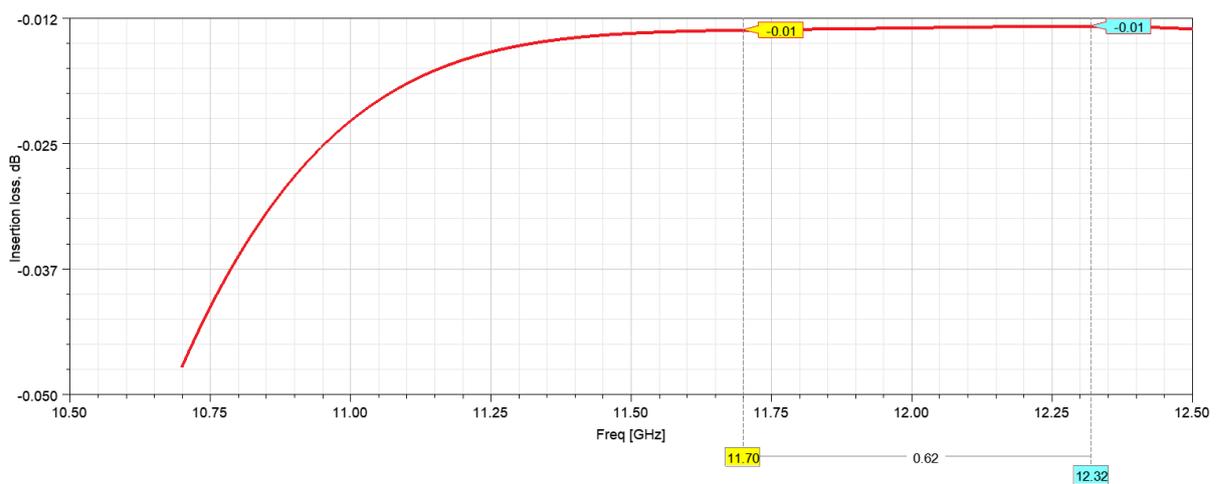


Рисунок 6. Результаты расчета прямых потерь бокового канала переключателя с сечением WR75

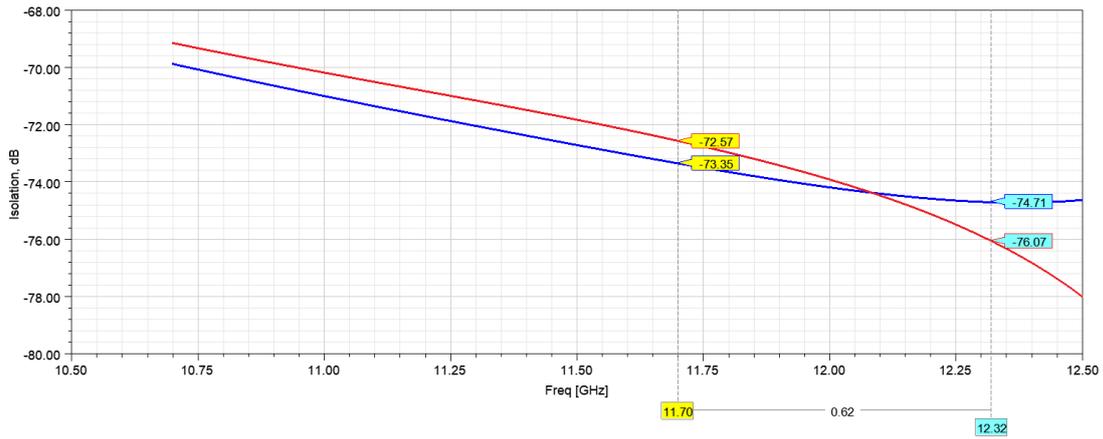


Рисунок 7. Результаты расчета развязки бокового канала переключателя с сечением WR75

3. Измерение опытных образцов изделий

По результатам моделирования были изготовлены опытные образцы волноводных СВЧ переключателей R-типа. Результаты измерения электрических параметров представлены на рисунках 8-10.

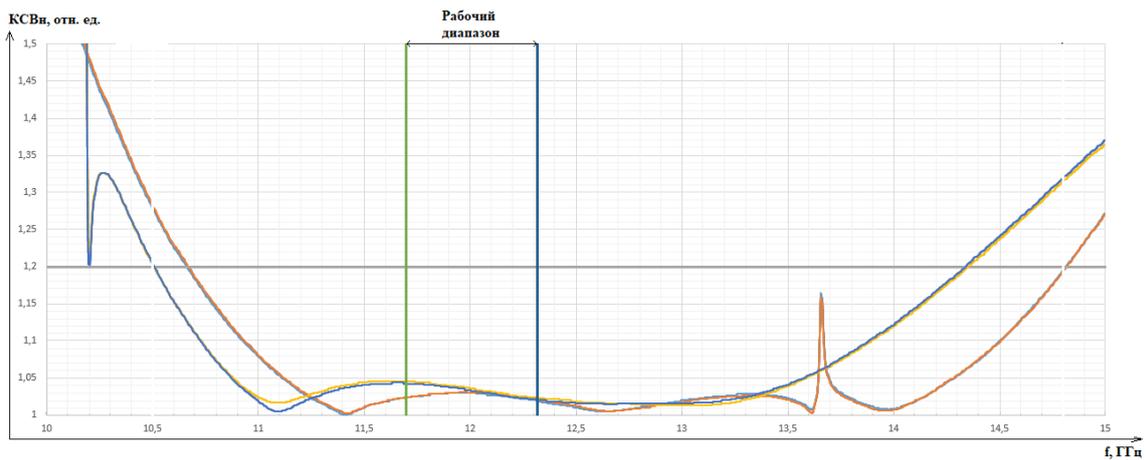


Рисунок 8. Результаты измерения КСВН переключателя с сечением WR75

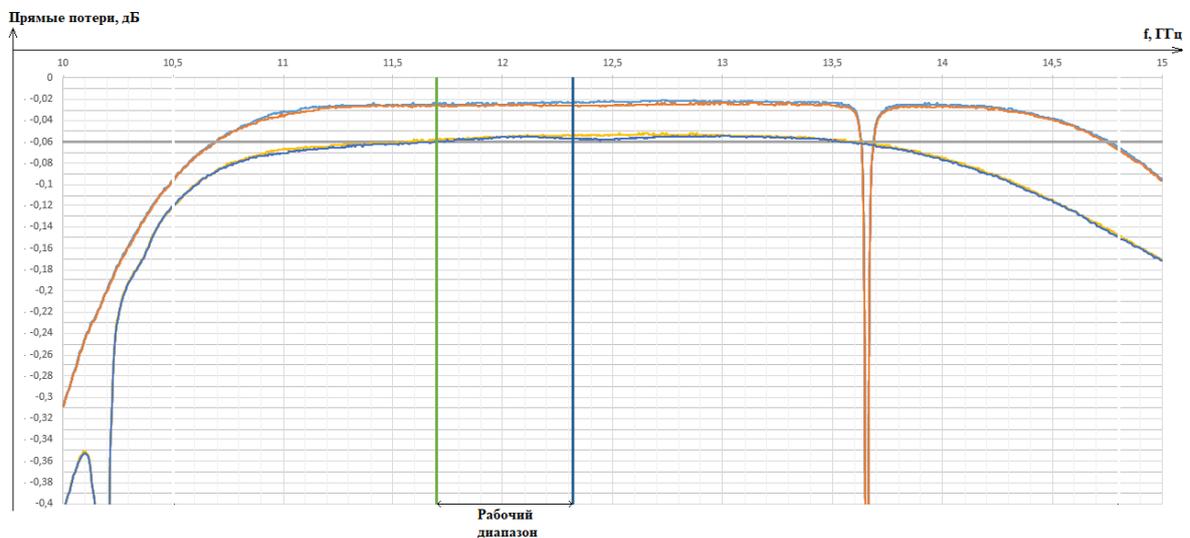


Рисунок 9. Результаты измерения прямых потерь переключателя с сечением WR75

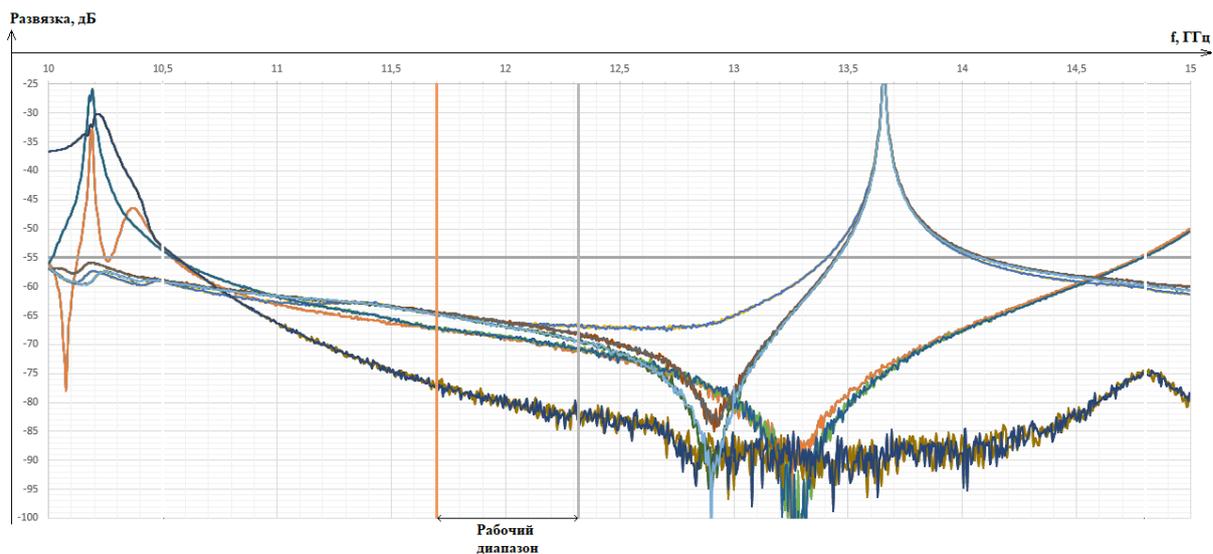


Рисунок 10. Результаты измерения развязки переключателя с сечением WR75

Как видно из результатов измерений, изготовленные образцы волноводных СВЧ переключателей R-типа оптимизированы для работы в заданном диапазоне частот и соответствуют расчетной модели.

4. Заключение

В результате расчета конструкции переключателя получена модель, по которой были изготовлены опытные образцы изделий. Полученная расчетная модель соответствует изготовленным образцам переключателя.

Разработанные волноводные электромеханические СВЧ переключатели R-типа соответствуют требованиям, предъявляемым к современным СВЧ устройствам.

Список литературы

1. Кочемасов В. Электромеханические переключатели ВЧ/СВЧ-сигналов – основные типы и производители. Часть 1 //Электроника: Наука, технология, бизнес. 2016. № 7 (157). С. 114-131.
2. Кочемасов В. Электромеханические переключатели ВЧ/СВЧ-сигналов – основные типы и производители. Часть 2 //Электроника: Наука, технология, бизнес. 2016. № 8 (158). С. 96-106.