

## Исследование направленного ответвителя на связанных полосковых линиях

*А.В. Андрианов<sup>1</sup>, Д.Е. Губарев<sup>1</sup>, А.Н. Зикий<sup>2</sup>, В.Г. Сленчковский<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Таганрогский научно-исследовательский институт связи, Таганрог

<sup>2</sup>Южный Федеральный Университет, Таганрог

**Аннотация:** Проведено исследование направленного ответвителя диапазона 1-4ГГц. Дано описание конструкции на симметричной полосковой линии с боковой связью. Проведено моделирование амплитудно-частотных характеристик с помощью пакета MicrowaveOffice. Экспериментально исследован макет направленного ответвителя, получены следующие результаты: рабочее затухание не превышает 1,7 дБ, переходное ослабление не превышает 10 дБ.

**Ключевые слова:** Направленный ответвитель, амплитудно-частотная характеристика, неравномерность, симметричная полосковая линия.

Направленные ответвители (далее НО) широко используются на входе приемника для ввода контрольного сигнала, и на выходе передатчика для контроля выходной мощности, поэтому их исследование является актуальным.

Объектом исследования является направленный ответвитель на симметричной полосковой линии с боковой связью [1-3]. Методика расчета такого НО достаточно хорошо известна [1-3], в то же время результаты моделирования и эксперимента опубликованы недостаточно.

### Конструкция

Направленный ответвитель выполнен на симметричной полосковой линии [1]. Топология его проводников представлена на рис. 1. НО размещен в корпусе чашечного типа с внутренним размером 69,2x82,3x9 мм. Корпус изготовлен из латуни методом фрезерования и покрыт слоем серебра. В качестве соединителей использованы 4 гнезда (коаксиально-полосковых перехода) типа IV по ГОСТ20265. В качестве диэлектрика использован

---

фторопласт-4 толщиной 4,5 мм[4]. Проводники выполнены из меди и покрыты серебром. Корпус закрывается крышкой из латуни толщиной 2мм.

Крышка привинчивается к корпусу 11 винтами М2,5, распределенными по периметру как показано на рис. 1. Отсутствие двух-трех винтов из 11 приводит к провалам в АЧХ, поэтому их завинчивание перед испытанием является обязательным.

Геометрические размеры НО можно вычислить, пользуясь книгой [2]. В качестве исходных взяты следующие данные :

- центральная частота 3ГГц;
- диэлектрическая постоянная  $\epsilon=2$ ;
- расстояние между полоском и крышкой  $H_1=H_2=4.5$  мм;
- коэффициент связи минус 8дБ (переходное ослабление).

Результаты расчета приведены в таблице 1.

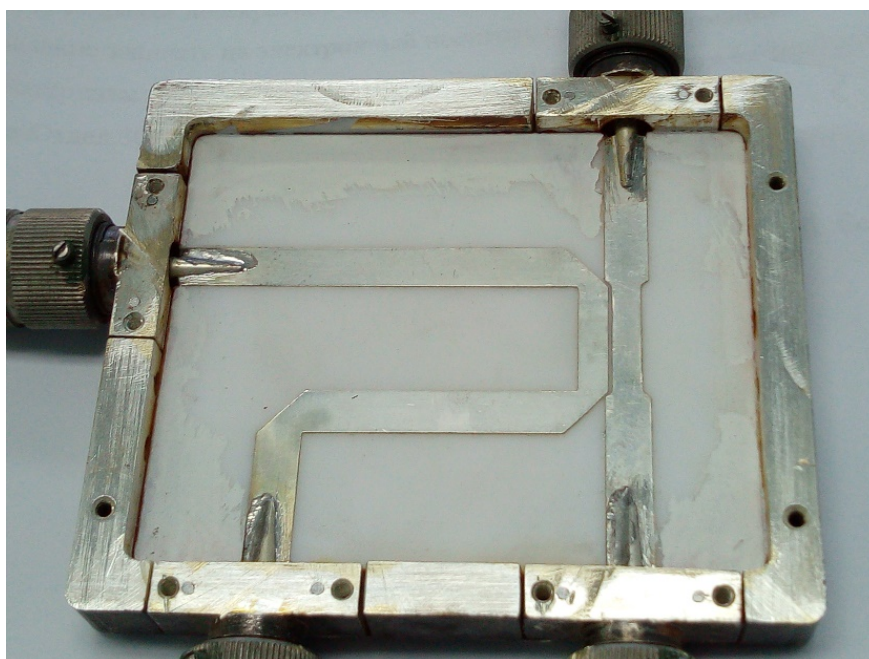


Рис. 1- Фото направленного ответвителя со снятой крышкой и верхней пластиной фторопласта

Таблица 1

Геометрические размеры НО

Наименование параметра, размерность	Расчет	Моделирование	Эксперимент
Диэлектрическая проницаемость	2	2	2
Коэффициент связи (переходное ослабление), дБ	-8	-8	-8
Расстояние между полоском и крышкой, мм	4,5	4,5	4,5
Длина области связи, мм	17,6	17,6	17,6
Зазор в области связи, мм	0,6	0,6	0,6
Ширина полосковой линии в области связи, мм	4,4	4,4	4,4
Ширина подводящих полосковых линий, мм	6,6	6,6	6,6
Расстояние между крышками, мм	9	9	9
Внутренние размеры корпуса, мм	-	-	69,2x82,3x9
Наружные размеры корпуса, мм	-	-	99x84x14
Толщина полосковой линии, мм	0,5	0,5	0,5

Моделирование

Моделирование НО проводилось в пакете прикладных программ MicrowaveOffice [5-6]. Модель НО представлена на рис.2, а амплитудно-частотные характеристики на рис.3. Исходные данные для моделирования взяты из таблицы 1.

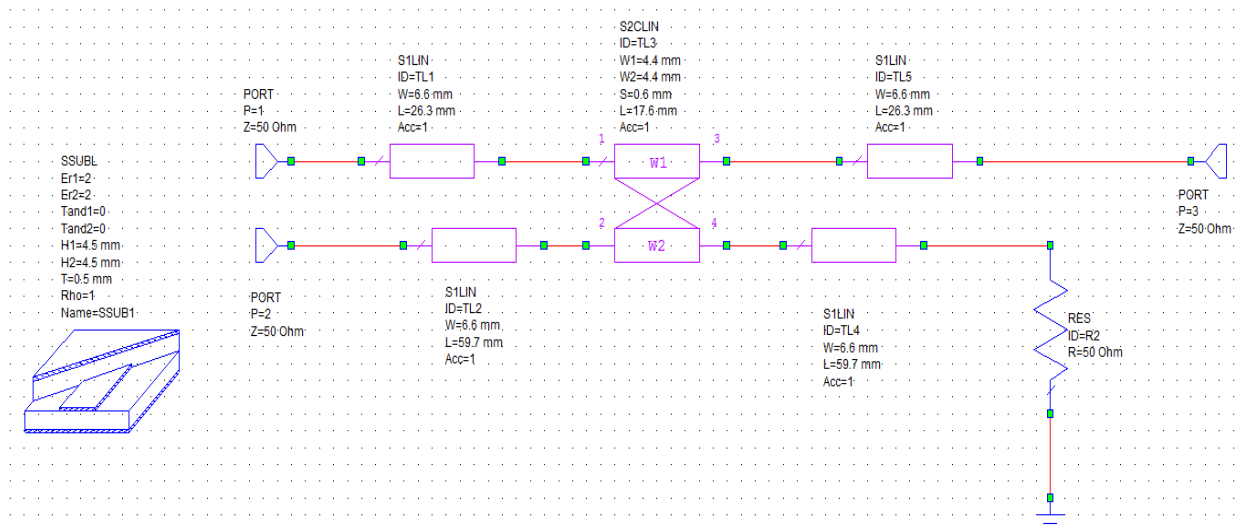


Рис. 2- Модель НО для анализа S21

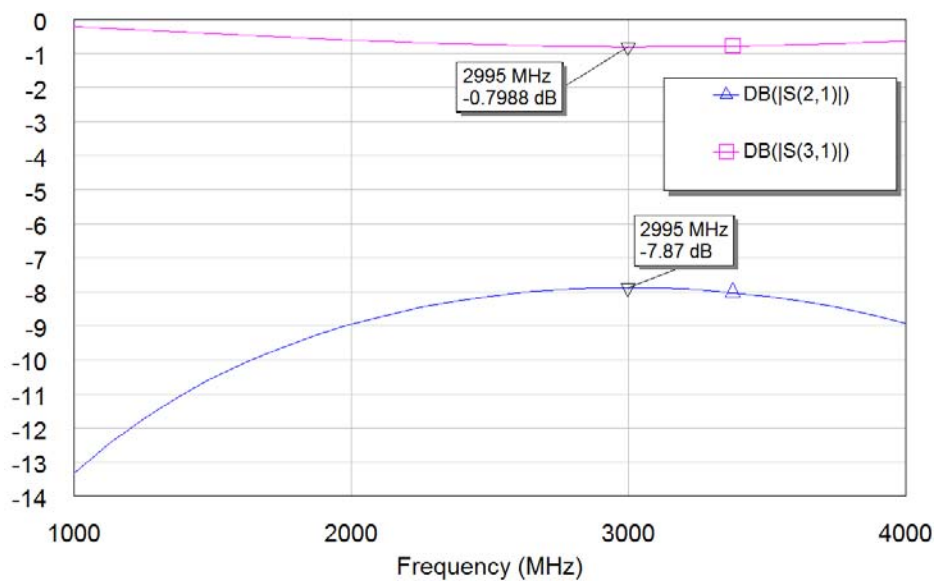


Рис.3- Амплитудно-частотные характеристики прямого DB(S(3,1)) и бокового (S(2,1))каналов НО

### Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа PNA-L, набор кабелей и переходов, 2-х согласованных нагрузок с вилкой по типу IVГОСТ20265-83. Измерения проводились в два этапа. На первом этапе измерялась характеристика S 2,1, при этом порт 2 был

нагружен на согласованную нагрузку. Результат измерения приведен на рис.4. На втором этапе измерялась характеристика  $S_{31}$ , при этом порт 3 был нагружен на согласованную нагрузку. Результат измерения показан на рис.5. Графики на рис. 3-5 позволяют сформулировать количественные выводы.



Рис. 4- АЧХ прямого канала

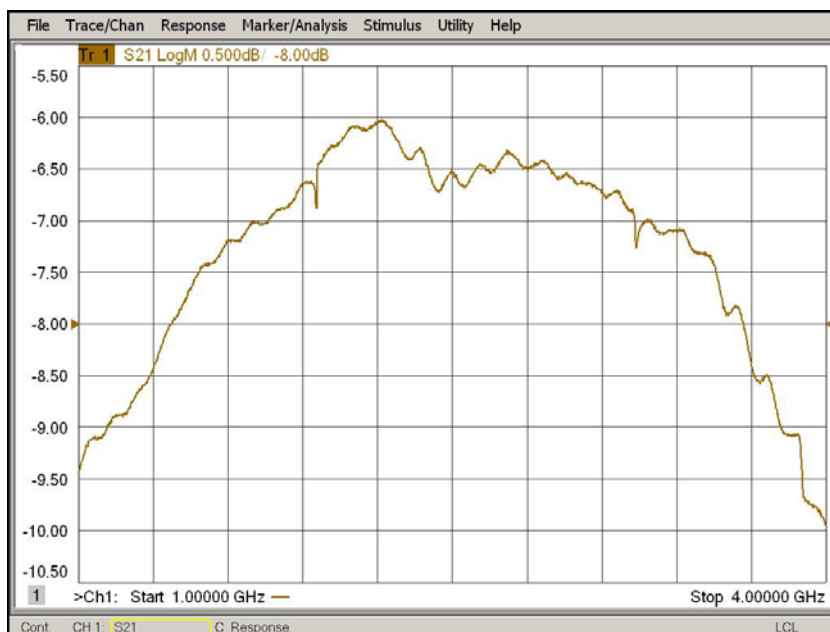


Рис. 5-АЧХ бокового канала

## Выводы

Основные характеристики НО, полученные при расчете, моделировании и эксперименте, сведены в таблицу 2.

Таблица 2

### Характеристики НО

Параметр НО, размерность	Задано	Моделирование	Эксперимент
Диапазон рабочих частот, ГГц	1-4	1-4	1-4
Переходное ослабление, дБ (S31)	8	7,9-13	6-10
Волновое сопротивление входа и выходов	50	50	50
Рабочее затухание, дБ (S21)	2	0,2-0,8	1,7
Неравномерность переходного ослабления, дБ	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$
Неравномерность рабочего затухания, дБ	2	0,6	1,1

Сравнение данных в таблице 2 позволяет сделать вывод о том, что все требования к НО выполняются.

Описанный в статье НО имеет большую допустимую мощность (не менее 100 Вт), что позволяет его использовать в мощных радиопередатчиках. Конструкция НО, в том числе наличие антикоррозионных покрытий допускает его применение в жестких условиях эксплуатации. При выполнении данной работы были полезны источники [7-10].

## Литература

1. Светличный Ю.Н., Воробьевский Е.М. Справочник по расчету элементов СВЧ на симметричных полосковых линиях. М.: НИИЭИР, 1973. - 84 с.

2. Ковалева И.С. Конструирование и расчет полосковых устройств. –М.: Сов. радио, 1974. -296 с.

3. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М.: Сов. радио, 1972. -232 с.

4. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. Под ред. В.И. Вольмана. М.: Радио и связь, 182.-328 с.

5. Бахвалова С.А., Романюк В.А. Основы моделирования и проектирования радиотехнических устройств в Microwave Office. Учебное пособие –М.: Солон-Пресс, 2016. -152 с.

6. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. –М.: Солон-Пресс, 2003. -496 с.

7. DAS. A.C. A Compact Branch-Line Couper Using Folded Microstrip Lines//Das/ A/C/. L/Murmu. S/Dwari//IEEEMicrow/ WirelessCompon. Lett. Dec/ 2013, V.10.№7, pp. 1-3.

8. Tsai, K.-Yu. A miniaturized 3dB branch-line hibrid coupler with harmonics suppression//K.-Yu Tsai. H.-Sh. Yang, j. - H. Chen, Yi-j.E. Chen//IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Oct. 2011. V.21, №. 10, pp. 537-539.

9. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра на встречных стержнях // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2016/3778

10. Андрианов А.В., Быков С.А., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра сантиметрового диапазона // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y17/4042

### References

1. Svetlichnyj YU.N., Vorob'evskij E.M. Spravochnik po raschetu ehlementov SVCH na simmetrichnyh poloskovykh liniyah [The basics modelir reference for

---

calculation of microwave elements on a symmetric strip lines]. M.: NIIEHIR, 1973. 84 p.

2. Kovaleva I.S. Konstruirovaniye i raschet poloskovykh ustrojstv. [Design and calculation of stripline devices]. M.: Sov. radio, 1974. 296 p.

3. Malorackij L.G., YAvich L.R. Proektirovaniye I raschet SVCH ehlementov na poloskovykh liniyah [Design and calculation of microwave elements on strip lines]. M.: Sov. radio, 1972. 232 p.

4. Spravochnik po raschetu I konstruirovaniyu SVCH poloskovykh ustrojstv. Pod red. V.I. Vol'mana [Guide to the calculation and design of microwave strip devices]. M.: Radio isvyaz', 182. 328 p.

5. Bahvalova S.A., Romanyuk V.A. Osnovy modelirovaniya I proektirovaniya radiotekhnicheskikh ustrojstv v Microwave Office [Fundamentals of modeling and design of radio devices in Microwave Office]. Uchebnoe posobie. M.: Solon-Press, 2016. 152 p.

6. Razevig V.D., Potapov YU.V., Kurushin A.A. Proektirovaniye SVCH ustrojstv s pomoshch'yu Microwave Office [Fundamentals of modeling and design of radio devices in Microwave Office. Textbook]. M.: Solon-Press, 2003. 496 p.

7. DAS. A.S. A Compact Branch-Line Coupler Using Folded Microstrip Lines Das A C .L Murmu. S DwariIEEE MicrowWireless Compon. Lett. Dec 2013, V.10.№7, pp. 1-3.

8. Tsai, K.-Yu. A miniaturized 3dB branch-line hibrid coupler with harmonics suppression K.-Yu Tsai. H.-Sh. Yang, j. H. Chen, Yi-j.E. Chen IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Oct. 2011. V.21, №. 10, pp. 537-539.

9. Andrianov A.V., Zikij A.N., Pustovalov A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2016/3778](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2016/3778)

10. Andrianov A.V., Bykov S.A., Zikij A.N., Pustovalov A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y17/4042](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y17/4042)

---