

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ С РЕЗИСТИВНЫМИ СОГЛАСУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Андронов Е. В., Гошин Г. Г., Морозов О. Ю., Семенов А. В., Фатеев А. В.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050, Россия
тел. +7 (3822) 701518, e-mail: goshingg@svch.tusur.ru
Научно-производственная фирма «Микран»
г. Томск, ул. Вершинина, 47, 634034, Россия
тел.: +7 (3822) 900040, e-mail: andronov@micran.ru

Аннотация — Выполнено моделирование малогабаритного сверхширокополосного направленного ответвителя, содержащего согласующие резистивные элементы. Проведено сравнение частотных характеристик устройства с соответствующими характеристиками прототипа с согласующими проводящими элементами.

I. Введение

Направленные ответвители широко применяются в измерительной технике для разделения падающего и отраженного от испытываемого устройства сигналов. Цель работы заключалась в расширении частотного диапазона и улучшении характеристик направленного ответвителя при сохранении его массогабаритных параметров.

II. Основная часть

Широкополосность и малые габаритные размеры являются главными преимуществами несимметричных направленных ответвителей (НО) с распределенной электромагнитной связью. В [1] был разработан и экспериментально исследован малогабаритный противонаправленный ответвитель диапазона до 20 ГГц. За основу была взята топология НО на плавных нерегулярных связанных полосковых линиях, расположенных на противоположных сторонах подложки и смещенных в разные стороны относительно продольной оси структуры. Эта топология показана на рис. 1.

Проводники на верхней части подложки заштрихованы, на нижней показаны пунктиром. Сигнал подавался на первый порт, а внешняя согласованная нагрузка присоединялась к четвертому порту. Расстояние между проводниками в области слабой и сильной связи и в промежуточных точках определялись по таблицам и формулам, имеющимся в [2].

На концах области связи полосковые линии имеют повороты на 90° , которые представляют собой неоднородности. Эти неоднородности приводят к рассогласованию и уменьшению направленности, особенно в высокочастотной части диапазона. Для согласования, как это обычно делается, повороты выполнялись с внешними скосами. Для улучшения согласования дополнительно были введены согласующие проводящие элементы в виде клинообразных пятиугольников, лежащих в плоскостях соответствующих линий передач в области сильной связи (рис.1) и замкнутые посредством перемычек на корпус. Указанные меры привели к подавлению волн высших типов, всегда существующих вблизи неоднородностей. Длина области или камеры связи с двумя расходящимися полосковыми линиями должна быть не менее $\lambda_g/8$ на верхней частоте диапазона.

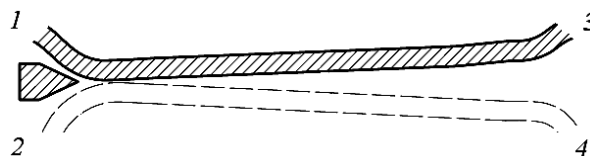


Рис. 1. Топология направленного ответвителя.

Fig. 1. Directional coupler topology

Моделирование в более широкой полосе частот (выше 20 ГГц) такого НО показало ограничение его работы со стороны высоких частот из-за возбуждения волн высших типов. На рис. 2 приведены расчетные частотные зависимости модулей элементов матрицы рассеяния оптимизированной модели НО в диапазоне до 30 ГГц. Конкретная частота ограничения работы НО в верхней части диапазона определяется геометрическими размерами согласующего элемента в виде клинообразного пятиугольника. Изменение его размеров приводит к смещению частоты.

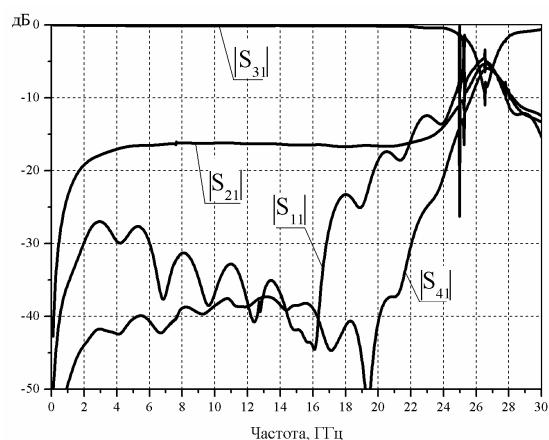


Рис. 2. Расчетные частотные зависимости S – параметров (дБ) направленного ответвителя с проводящими согласующими элементами.

Fig. 2. Design frequency dependences of S -parameters (dB) for directional coupler with matching conducting elements

С целью расширения рабочего диапазона и улучшения частотных характеристик НО в топологии платы согласующие клинообразные пятиугольные элементы были выполнены из резистивного материала с удельным поверхностным сопротивлением 33–75 Ом/□ без изменения их геометрических размеров. Внесение материала с потерями позволило значительно расширить диапазон рабочих частот.

На рис.3 приведены расчетные частотные зависимости модулей элементов матрицы рассеяния направленного ответвителя с резистивными согласующими элементами.

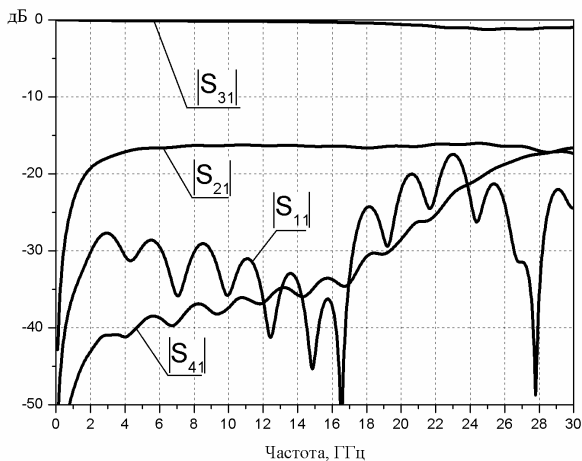


Рис. 3. Расчетные частотные зависимости S – параметров (дБ) направленного ответвителя с резистивными согласующими элементами.

Fig. 3. Design frequency dependences of S -parameters (dB) for directional coupler with matching resistive elements

Использование резистивных согласующих элементов в диапазоне до 30 ГГц позволило сохранить хорошее согласование входных и выходных портов, равномерность коэффициентов ослабления в первичной линии и переходного ослабления, подавление на высоких частотах волн высших типов. Однако, улучшение частотных характеристик удалось добиться только относительно первого порта. Если при неизменной топологии сигнал подавать на третий порт, а внешняя согласованная нагрузка будет присоединяться ко второму порту, то частотная характеристика коэффициента переходного ослабления в диапазоне 24–28 ГГц будет иметь резонансный характер, т.е. будет ответвлять меньшее количество энергии из основного канала во вторичный. Такое поведение связано с нарушением свойства взаимности НО, содержащего поглощающие согласующие элементы на одном из концов нерегулярной линии.

III. Заключение

Коррекция частотных характеристик направленного ответвителя за счет применения согласующих резистивных элементов позволяет без изменения топологии и габаритов расширить его рабочий диапазон в сторону высоких частот. Оптимизация геометрических параметров связанных линий, размеров и положения согласующих резистивных элементов позволяет повысить направленность и улучшить согласование портов.

В целом можно отметить, что разработанный НО с резистивными согласующими элементами может быть использован в значительно более широком диапазоне частот по сравнению с НО с проводящими согласующими элементами, но только как невзаимное устройство. На данное устройство подана заявка на патент.

IV. Список литературы

- [1] Е. В. Андронов, Г. Г. Гошин, А. В. Фатеев. Многооктавные пассивные устройства деления мощности для измерителей параметров цепей диапазона до 20 ГГц. – Севастополь: Вебер. СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Материалы 18-ой Международной Крымской конференции. – 2008. Т.1, С. 698-699.
- [2] *Сверхширокополосные микроволновые устройства* // Под ред. А. П. Креницкого и В. П. Мещанова. – М: Радио и связь, 2001. – 560 с.

ULTRA WIDEBAND DIRECTIONAL COUPLER WITH MATCHING RESISTIVE ELEMENTS

E. V. Andronov, G. G. Goshin, O. Yu. Morozov,
A. V. Semenov, A. V. Fateyev
Tomsk State University of Control Systems and
Radioelectronics
40, Lenin Str., Tomsk, 634050, Russia
phone: +7 (3822) 701518,
e-mail: GoshinGG@svch.tusur.ru
Research & Production Company "MICRAN"
47, Vershinin Str., Tomsk, 634034, Russia
phone: +7 (3822) 900040,
e-mail: andronov@micran.ru

Abstract — The compact broadband directional coupler with resistive elements is modeled. The frequency characteristics of the device are compared to the corresponding characteristics of the prototype with matching conductive elements.

I. Introduction

The purpose of this work was to extend the frequency range and improve the characteristics of the directional coupler, while maintaining its weight and size parameters.

II. Main Part

The compact coupler with an opposite directions up to 20 GHz range (Fig. 1) has been developed and experimentally investigated in [1]. The conductors on the top of the substrate are shaded; on the bottom of the substrate are dotted lines. The distance between the conductors in the weak and strong coupling and in the intermediate points is determined from tables and formulas that are available in [2].

A simulation of the directional coupler in a wider frequency band (above 20 GHz) showed the limitation of its operation in a high-frequency side because of the excitation of waves of higher types (Fig. 2). The frequency limitation of the directional coupler at the top of the range is defined by the geometric dimensions of the matching elements in the form of a wedge-shaped pentagon. Changing the matching element's size leads to a shift of the frequency.

In order to extend the operating range and improve the frequency characteristics of the directional coupler the wedge-shaped pentagonal elements were made of a resistive material with a surface resistivity 33-75 ohm/□ without changing their geometrical dimensions. The frequency range is greatly enhanced (Fig. 3) with using a material with active losses.

III. Conclusion

The optimization of the geometric parameters of the coupled lines, sizes and positions of matching resistive elements can improve directivity and matching of directional coupler. The designed directional coupler with a matching resistive element can be used in wider frequency ranges compared to the directional coupler with a matching conducting element but only as a nonreciprocal device.