

УДК 621.372.8

## ВОЛНОВОДНО-ПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

КАЛИНИН А. А.

НП ООО «ОКВ ТСП»  
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: kalininaa@okbtsp.com

**Аннотация.** Предложена конструкция волноводно-коаксиального направленного ответвителя. Прямоугольный волновод и микрополосковая линия имеют общую проводящую поверхность с двумя окнами связи. Приводятся результаты электродинамического моделирования такого прибора.

**Abstract.** A design of a waveguide strip directional coupler is offered. The rectangular waveguide and the microstrip transmission line have common conductive plane with two coupling holes. The results of electrodynamic simulation of this device are provide.

Направленные ответвители широко применяются в радиотехнических системах различного назначения для контроля параметров сигнала в линии и качества согласования. Особенно актуально их использование в волноводных трактах с высоким уровнем мощности в составе систем защиты СВЧ генераторов от обратной волны.

Направленные ответвители волноводного типа, обеспечивая требуемые значения таких характеристик, как направленность и переходное ослабление, имеют относительно большие размеры. Поэтому актуальным является разработка малогабаритных направленных ответвителей, работающих в волноводных трактах см и мм диапазонов волн с избыточным давлением.

Направленный ответвитель состоит из первичной и вторичной линий передачи. В зависимости от типа направленного ответвителя эти линии передачи могут иметь общую стенку и отверстия связи в ней (волноводный тип), либо располагаться рядом друг с другом (связанные линии), или находиться одна в другой (волноводно-коаксиальный и волноводно-полосковый тип).

В [1] рассматривается относительно сложная конструкция волноводно-полоскового двунаправленного ответвителя, в котором используется воздушная полосковая линия. Ниже будем рассматривать волноводно-полосковый направленный ответвитель с интерференционным принципом действия, который имеет два элемента связи между первичной и вторичной линиями передачи.

Конструкция направленного ответвителя представлена на рис.1. Он состоит из отрезка прямоугольного волновода, на широкой стенке которого установлена диэлектрическая пластина с металлизированной дорожкой специальной формы. Прямоугольный волновод является первичной линией передачи с портами 1 и 2. Верхняя стенка волновода совместно с диэлектрической пластиной и дорожкой выполняют роль вторичной линии передачи микрополоскового типа с портами 3 и 4. В стенке волновода выполнены два элемента связи в виде отверстий круглой формы.

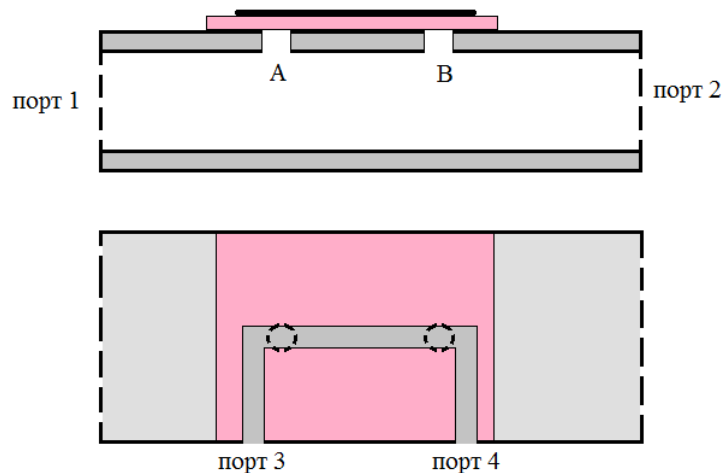


Рис.1. Конструкция направленного ответвителя

Круглый стол, посвященный памяти профессора Юрцева О. А.

В случае использования в составе конструкции направленного ответвителя первичной и вторичной линий передачи одного и того же типа размещение элементов связи на расстоянии четверти длины волны в волноводе  $\lambda_{в1}/4$  обеспечивает направленность. Направленная связь обеспечивается за счет интерференции волн, возбуждаемых во вторичной линии передачи.

Возбуждаемые через отверстия А и В электромагнитные волны во вторичной линии оказываются синфазными в одном направлении и противофазными в обратном.

В рассматриваемом случае имеет место различие длин волн, распространяемых в линиях передачи различных типов  $\lambda_{в1} \neq \lambda_{в2}$ . В то же время для обеспечения направленности необходимо выполнение условия

$$\varphi_{В} - \varphi_{А} = \frac{\pi}{4} + n \frac{\pi}{2}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{В}$  и  $\varphi_{А}$  – фазы волн, возбуждаемых во вторичной линии передачи в окнах связи В и А соответственно;

$n$  – целое число, причем при четных и нечетных значениях  $n$  изменяется направление синфазного сложения волн во вторичной линии.

Таким образом, при размещении отверстий связи на расстоянии  $\lambda_{в1}/4$  в первичной линии (электрическом расстоянии  $\frac{\pi}{4}$ ) необходимо во вторичной линии обеспечить электрическое расстояние между отверстиями связи на основании (1)

$$\frac{\pi}{4} + n \frac{\pi}{2}. \quad (2)$$

Поскольку в микрополосковой линии длина волны обычно меньше, чем в прямоугольном волноводе, условие (2) может выполняться при  $n > 1$ . Следовательно необходимо увеличивать физическую длину полоска во вторичной линии. Это несложно выполнить путем формирования изгибов проводника микрополосковой линии.

Топология проводника микрополосковой линии представлена на рис.2. На рисунке использованы следующие обозначения:

- 1 – изгиб проводника микрополосковой линии;
  - 2 – согласованная нагрузка развязанного плеча вторичной линии передачи;
  - 3 – рабочее плечо вторичной линии передачи;
  - 4 – четвертьволновые трансформаторы;
- А и В – окна связи первичной и вторичной линий передачи.

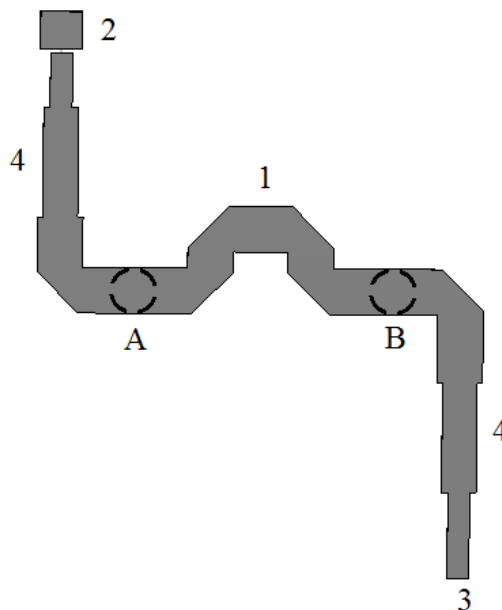


Рис.2. Топология проводника микрополосковой линии

Отметим некоторые особенности проектирования направленного ответвителя.

1. Для увеличения переходного ослабления необходимо увеличивать диаметр отверстий связи, а также уменьшать толщину широкой стенки прямоугольного волновода.
2. В целях снижения паразитного излучения из отверстий связи необходимо увеличивать ширину проводника микрополосковой линии, что приводит к снижению ее волнового сопротивления. Для согласования ее по сопротивлению с рабочим портом вторичной линии 3 и с согласованной нагрузкой 2 можно использовать четвертьволновые трансформаторы 4.
3. Размещение микрополосковой линии в герметичном корпусе позволяет использовать направленный ответвитель в волноводных трактах с избыточным давлением.

На рис. 3 для примера представлены графики зависимости переходного ослабления  $S_{31}$  и развязки  $S_{41}$  от частоты, полученные по результатам электродинамического моделирования ответвителя. Как видно из графиков, направленность предложенного устройства составляет не менее 12 дБ в 30% полосе частот и не менее 20 дБ в 7% полосе частот.

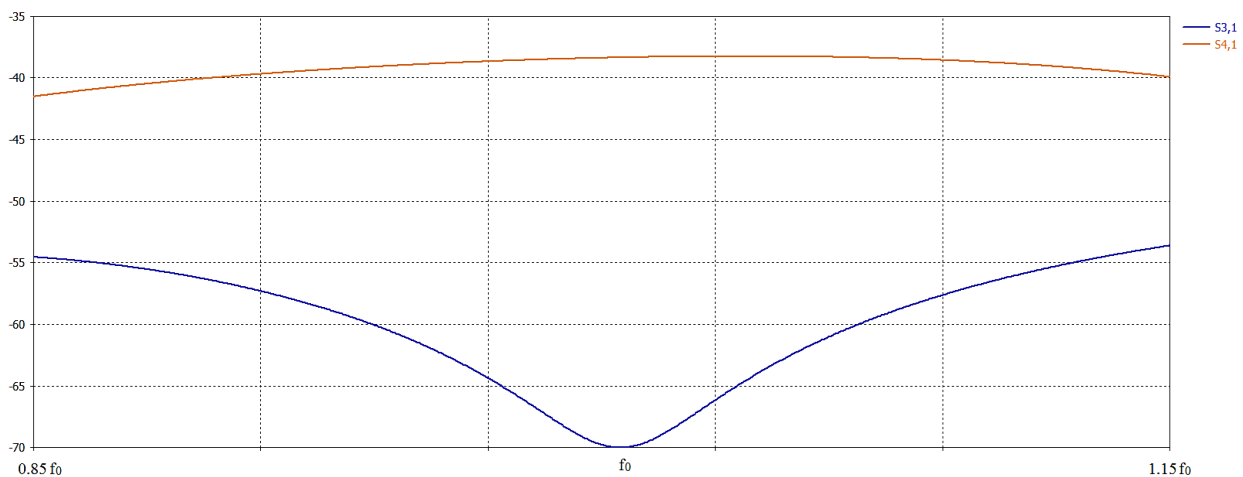


Рис.3. Характеристики направленного ответвителя

Разработанный направленный ответвитель имеет небольшие габаритные размеры и относительно простую конструкцию. Может исполняться в виде вставки (секции) в волноводный тракт с высоким уровнем СВЧ мощности и избыточным давлением воздуха. Характеристики устройства обеспечивают требования к приборам подобного типа в полосе не менее 7% при использовании их в составе систем защиты генераторов СВЧ.

#### Список использованных источников

1. Vijay Sarode, K. P.Ray, Shoba Krishnan. Design, development and simulation of microwave high power waveguide dual directional coupler, International journal of engineering research in electronics and communication engineering, Vol 3, Issue 12, December 2016.