

## Разработка и исследование коаксиально-волноводных переходов индуктивного типа

Б.М. Кац<sup>1</sup>, В.П. Мещанов<sup>1</sup>, К.А. Саяпин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НПП «НИКА-СВЧ»

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

**Аннотация:** предложена новая структура коаксиально-волноводного перехода, образованная индуктивно связанными коаксиальной и прямоугольной волноводной линиями передачи. Её отличием от переходов известных конструкций является то, что ввод центрального проводника коаксиальной линии в волновод осуществляется через его узкую боковую стенку. Исследование перехода такого типа, разработанного для X-диапазона частот, показало, что он обеспечивает уровень согласования с КСВН не более 1,18 в полосе частот 8,8...9,2 ГГц.

**Ключевые слова:** коаксиально-волноводный переход, устройства согласования, прямоугольный волновод

### 1. Введение

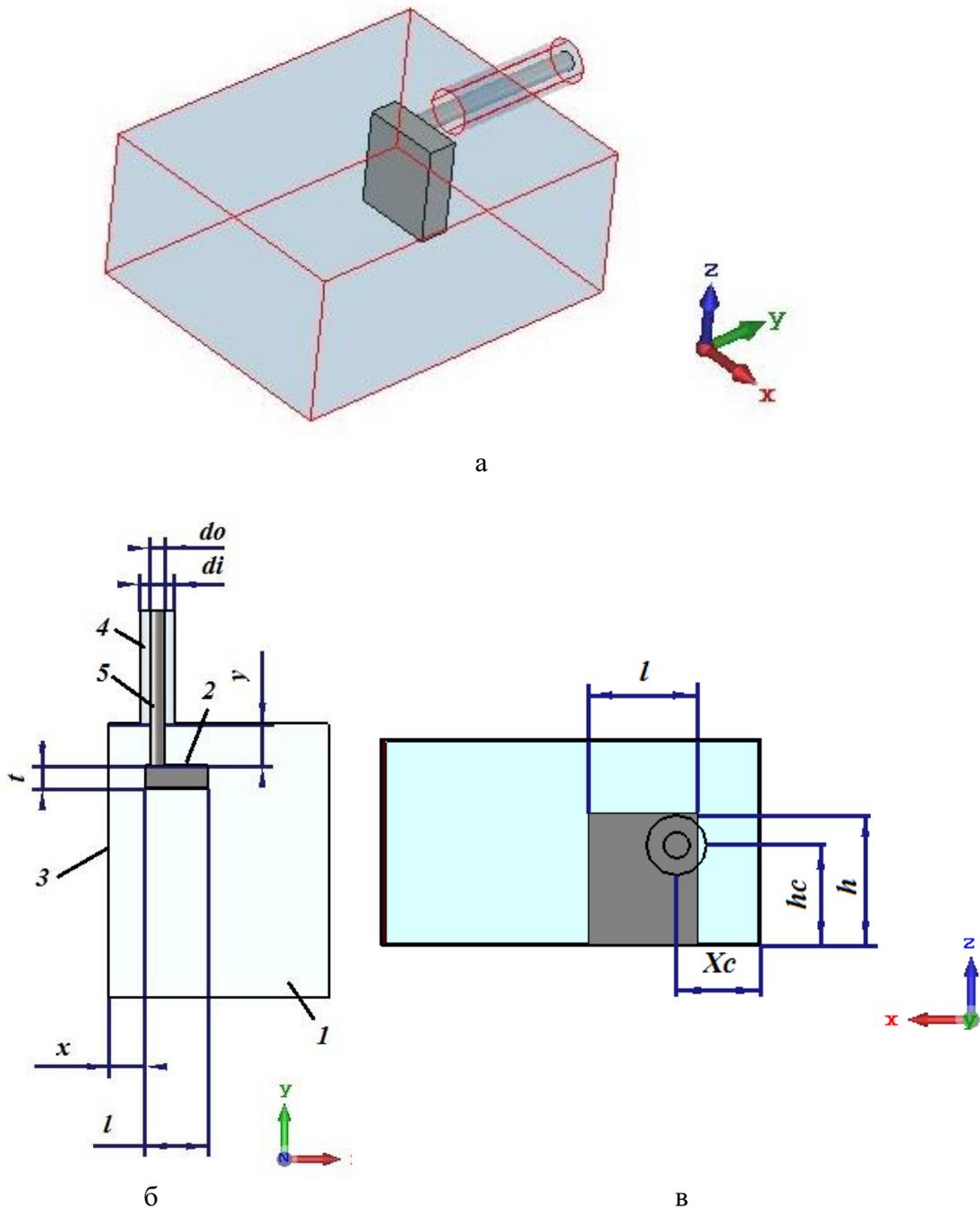
Коаксиально-волноводные переходы (КВП) являются одними из основных функциональных узлов бортовых радиоэлектронных комплексов (БРК) и во многом определяют их тактико-технические характеристики [1]. Всё многообразие известных конструкций КВП можно разделить на две категории в зависимости от взаимного расположения сопрягаемых волноводной и коаксиальной линий передачи: соосные [2, 3] и уголкового [4, 5] переходы. В соосных КВП прямоугольный волновод и коаксиальная линия расположены на одной оси, тогда как в уголкового они сочленяются под прямым углом. Очевидно, что в первом случае ввод коаксиальной линии в волновод осуществляется через стенку короткого замыкания волновода, а во втором случае – через его широкую боковую стенку. Однако для достижения плотной компоновки БРК порой необходимы переходы, в которых коаксиальный соединитель ориентирован перпендикулярно узкой стенке волновода. В случае отсутствия таких КВП габариты аппаратуры могут значительно увеличиться за счет использования дополнительных согласующих узлов: отрезков волновода, волноводных поворотов и т.д.

Целью данной работы является теоретическое исследование возможности реализации коаксиально-волноводного перехода с индуктивной связью, образованного короткозамкнутым отрезком прямоугольного волновода и коаксиальной линией, введенной в него через боковую узкую стенку.

### 2. Конструкция коаксиально-волноводного перехода и его электродинамическое моделирование

Внешний вид предлагаемой конструкции КВП представлен на рисунке 1. В короткозамкнутом отрезке волновода 1 имеется элемент связи 2 в виде металлического параллелепипеда с размерами  $l \times h \times t$ , расположенного от плоскости короткого замыкания 3 на расстоянии  $x$  и на расстоянии  $y$  от узкой стенки волновода. Коаксиальная линия с воздушным заполнением 4, являющаяся моделью регулярной части коаксиального соединителя, расположена под прямым углом по отношению к узкой стенке волновода, а её центральный проводник 5 диаметром  $d_i$  введен в волновод

и гальванически связан с элементом 2, образуя так называемую петлю тока.



**Рисунок 1.** Электродинамическая модель коаксиально-волноводного перехода 23x10 мм – 2,92/1,27 мм: изометрическая модель (а), вид со стороны широкой стенки волновода (б), вид со стороны узкой стенки волновода (в).

Исследуем простой вариант КВП предложенной конструкции на примере перехода с прямоугольного волновода сечением 23x10 мм на коаксиальную линию 2,92/1,27 мм. Поскольку точный аналитический расчет КВП такой конструкции является нетривиальной задачей, то для нахождения оптимальных геометрических размеров элементов согласования применим процедуру параметрической оптимизации с помощью симплекс-метода (метод Нелдера-Мида), реализованной в одном из доступных пакетов проектирования устройств СВЧ. В качестве начальных приближений используем значения, полученные с помощью общеизвестных

аналитических выражений [6]. Вектор варьируемых параметров включает следующие геометрические параметры:  $l$ ,  $x$ ,  $t$ ,  $y$ ,  $xc$ ,  $hc$ ,  $h$ .

Полученная частотная зависимость величины обратных потерь электродинамической модели КВП представлена на рисунке 2. Из неё следует, что по уровню  $|S_{11}|=22$  дБ относительная ширина полосы частот составляет порядка 8...10 %. Такие параметры являются типичными для известных одноступенчатых КВП уголкового и соосного типов [1].

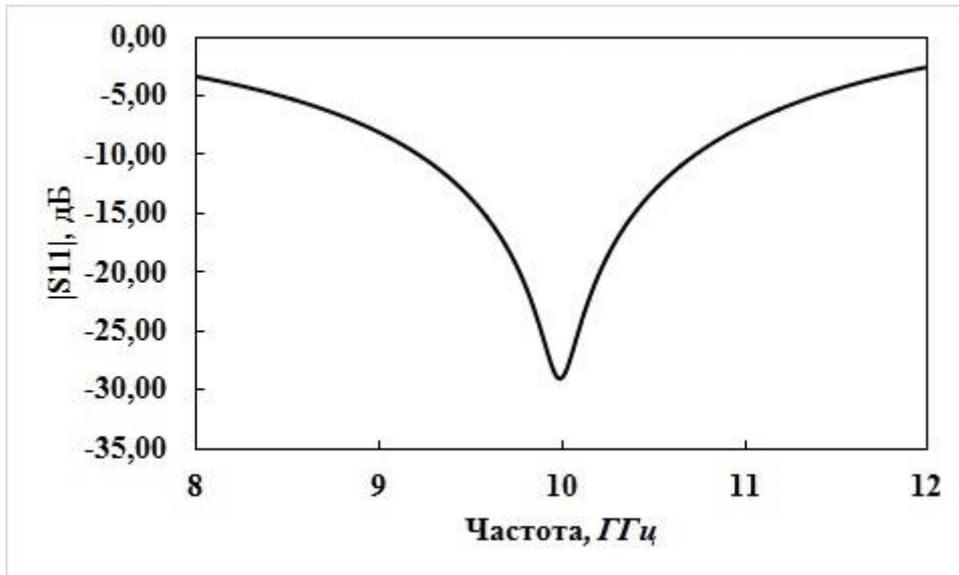


Рисунок 2. Частотная зависимость обратных потерь коаксиально-волноводного перехода.

### 3. Заключение

Проведенные в работе исследования показали возможность реализации коаксиально-волноводных переходов индуктивного типа, в которых коаксиальная линия подсоединяется к элементу связи через узкую стенку прямоугольного волновода. Использование переходов такого типа дает дополнительные возможности для оптимального проектирования БРК с целью улучшения массогабаритных параметров. Кроме этого, применение предложенной конструкции КВП может оказаться удобным для упрощения топологии СВЧ трактов измерительных комплексов, используемых для настройки и испытания сложных устройств с увеличенным числом волноводных портов. К таковым, например, относятся многоканальные волноводные мультиплексоры, переключатели каналов и др.

Несмотря на то что рассмотренная конструкция коаксиально-волноводного перехода обладает достаточно узкой рабочей полосой частот (8-10 %), по аналогии с ранее исследованными структурами КВП можно сделать предположение о возможности получения широкополосных характеристик (в рабочей полосе прямоугольного волновода) при использовании более сложных элементов согласования.

#### Список литературы

1. Боков С.И. и др. Устройства согласования линий передачи. Исследования для наземной и спутниковой связи. Внедрение в производство / Под ред. В.П. Мещанова. – М.: Радиотехника, 2019. – 374 с.
2. Воробьев А.В. и др. Малогабаритные соосные коаксиально-волноводные переходы // Радиотехника. – 2019. – Т. 83. – № 7(10). – С.117-122.

3. Cano J.L., Mediavilla A. Octave bandwidth in-line rectangular waveguide-to-coaxial transition using oversized mode conversion // Electronics Letters. - 28th September 2017. - Vol. 53. – No. 20. – PP. 1370–1371.
4. Liao A. etc. Broad-band Transition from a Coaxial-line to a Rectangular Waveguide with Reduced-height // Proceedings of 2008 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology. - V. 1.
5. Rolfs J. C.US Patent Appl.: 4.463.324. Miniature coaxial line to waveguide transition. - July 31, 1984.
6. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. – М.: Советское радио, 1967. – 652 с.