

## ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОДНО-КОАКСИАЛЬНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

К. т. н. Э. Н. Глушеченко

Научно-производственное предприятие «Сатурн»

Украина, г. Киев

gen-nto @ ukr.net

*Рассмотрены основные принципиальные особенности волноводно-коаксиальных соединителей и обоснована целесообразность определения их СВЧ-параметров. На примере волноводно-коаксиальных соединителей продольно-соосного типа рассмотрены известные и апробированные на практике методы измерения СВЧ-характеристик подобных устройств.*

*Ключевые слова: СВЧ, соединитель, волновод, коаксиал, согласование, КСВН, потери.*

Для формирования антенно-фидерных трактов (АФТ) большинства современных радиотехнических и телекоммуникационных систем из автономных интегральных функциональных модулей, особенно в коротковолновой части сантиметрового и в миллиметровом диапазонах, применяются волноводно-коаксиальные соединители-переходы (ВКП). Характеристики именно этих устройств определяют компоновку АФТ и его окончательные электрические параметры.

В общем случае волноводно-коаксиальные соединители представляют собой комбинированное СВЧ-устройство, реализованное на основе отрезка регулярного волновода соосно-торцевого или продольно-соосного типа [1]. Это всегда СВЧ-четыреполосники, имеющие присоединительные элементы двух типов — волноводный фланец фиксированного (в зависимости от рабочей частоты) размера и часть коаксиальной контактной пары с волновым сопротивлением  $Z = 50$  Ом.

Основными характеристиками ВКП являются вносимые потери и согласование с регулярным СВЧ-трактом (коэффициент стоячей волны по напряжению — КСВН). Для определения параметров потерь и согласования ВКП применяются специальные методики, рассмотрению которых и посвящена данная работа.

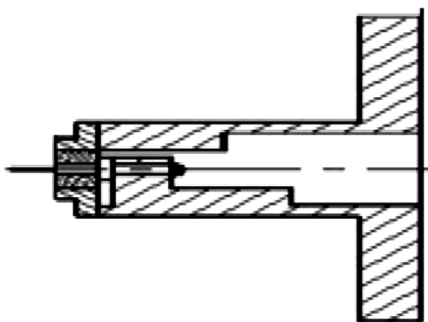


Рис. 1. Продольный разрез продольно-соосного волноводно-коаксиального перехода

При определении потерь и КСВН применяемых волноводно-коаксиальных соединителей-переходов их тип не является принципиальным, поэтому ради удобства изображения структурных схем рассмотрим способы измерения этих характеристик для, например, продольно-соосных ВКП (ПСВКП) [2] (рис. 1). Начнем с рассмотрения методики измерения потерь.

Из [3] известно, что трудоемким, но наиболее достоверным и точным способом измерения СВЧ-потерь является метод замещения, когда исследуемое СВЧ-устройство включается в разрыв регулярного измерительного тракта. Поскольку ПСВКП — это устройство с разнородными контактными каналами, то вносимые потери измеряются для пары ПСВКП, объединенных по волноводному или коаксиальному каналам (рис. 2).

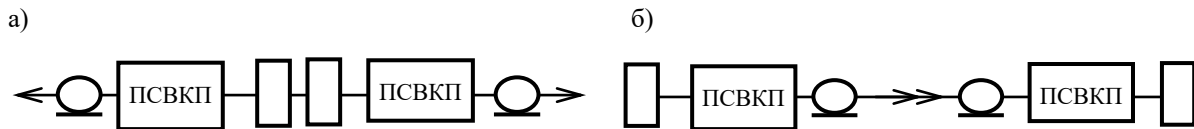


Рис. 2. Структурные схемы пары ПСВКП, объединенных волноводным (а) и коаксиальным (б) каналом

Тогда потери, которые вносятся в СВЧ-тракт единичным ПСВКП, определяются как  $\alpha = 0,5G$ , где  $G$  [дБ] — реально измеренные потери пары аналогичных переходов.

Для реализации хорошего согласования (КСВН) любых ВКП с СВЧ-трактом необходимо [2], чтобы амплитуда коэффициентов отражения на участке с прямоугольным волноводом и на участке коаксиала с ТЕМ-волной были одинаковы. Поэтому для ПСВКП с целью исключения неоднозначности измерений СВЧ-параметров возможны два метода.

Первый метод предполагает проведение измерений СВЧ-параметров единичного ПСВКП с использованием согласованной нагрузки первого класса ( $КСВН \leq 1,02$ ). При подключении измеряемого ПСВКП к волноводному рефлектометру измерительной аппаратуры с помощью стандартных фланцев применяют коаксиальную согласованную нагрузку. Соответственно, при подключении измеряемого ПСВКП к коаксиальному рефлектометру со стороны коаксиала применяют волноводную согласованную нагрузку.

Второй метод — измерение параметров ПСВКП, объединенных согласно рис. 2, а и с использованием коаксиальной нагрузки. Он идентичен методу замещения [3] и реализуется в три этапа:

- 1 — калибровка тракта на согласованную нагрузку;
- 2 — измерение параметров пары ПСВКП;
- 3 — последующий пересчет измеренных параметров для случая единичного ПСВКП.

Для измеренных параметров пары ПСВКП, образованной согласно рис. 2, а, и в соответствии с соотношениями, приведенными в [1], можно утверждать, что  $КСВН^\Sigma = (1 + |\rho^\Sigma|) / (1 - |\rho^\Sigma|)$ , где  $КСВН^\Sigma$ ,  $|\rho^\Sigma|$  — соответственно, показатель уровня согласования и модуль амплитуды коэффициента отражения выбранной пары ПСВКП. В результате имеем  $|\rho^\Sigma| = (КСВН^\Sigma - 1) / (КСВН^\Sigma + 1)$ .

Как следует из [2], в конструкции ПСВКП вследствие преобразования типов линий передачи (волноводной и коаксиальной) при наличии хорошего преобразования амплитуды коэффициентов отражения в единичных (автономных) устройствах пары будут идентичными. Поэтому очевидно, что модуль коэффициента отражения единичного ПСВКП  $|\rho^1| = |\rho^\Sigma| / 2$ , а уровень согласования единичного продольно-соосного ВКП  $КСВН^1 = (3 \cdot КСВН^\Sigma + 1) / (КСВН^\Sigma + 3)$ .

Приведенная выше информация может быть полезной для авторов инициативных проектов при создании современных комплексов: радиотехнических, радиолокационных и телекоммуникационных. Они смогут сконцентрировать свои усилия непосредственно на проблемных устройствах, что позволит сократить сроки разработки и существенно экономить денежные средства.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. *Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях*. Москва, Сов. радио, 1972.
2. Глушеченко Е.М. *Поздовжньо-співвісьний хвильоводно-коаксіальний трансформатор*. Патент України 142508, бюл. № 11, 2020.
3. Тишер Ф. *Техника измерений на сверхвысоких частотах: Справочник*. Москва, Физматгиз, 1963.

Е. N. Glushechenko

#### Measuring characteristics of waveguide-coaxial connectors

*The paper considers the main fundamental features of waveguide-coaxial connectors defining a solid rationale for the need to determine the microwave parameters of such connectors. The author uses the example of waveguide-coaxial connectors of the longitudinal-coaxial type to consider the well-known and practically tested methods for measuring the microwave parameters of such devices.*

*Keywords: microwave, connector, waveguide, coaxial, matching, voltage standing wave ratio, loss.*