

Разработка соосных коаксиально-волноводных переходов миллиметрового диапазона.

Предложена методика проектирования широкополосных соосных коаксиально-волноводных переходов, основанная декомпозиции устройства на отдельные автономные блоки и оптимизации параметров каждого блока в отдельности с дальнейшей рекомпозицией. Для расчета и оптимизации характеристик отдельных блоков используются как аналитические методы, так и программы математического моделирования.

Ключевые слова: СВЧ устройства миллиметрового диапазона, коаксиально-волноводные переходы

Современные СВЧ технологии позволяют выйти на качественно новый уровень использования и проектирования микроволновых приборов. Совершенствование технологий производства, расширяет возможности производства СВЧ техники, и позволяют создавать качественные приборы с большими рабочими частотами. Выпускаются авиационные радиолокационные комплексы, системы радиолокации берегового и корабельного базирования. Эти системы также используются для гражданских нужд и осуществляют навигацию и охрану кораблей, используются службами экологического контроля, предназначаются для контроля и управления движением воздушных судов на стоянках, используются железнодорожными службами, и предназначаются для контроля подвижных составов. Столь широкое применение говорит о том, что спрос на устройства входящие в СВЧ тракт этого и подобного ему оборудования будет только расти, а конкуренция на этом рынке, будет заставлять производителей улучшать качество производимой продукции. И в связи, с растущими требованиями к устройствам, необходимым становится производить высококачественное метрологическое оборудование и соединительные элементы. Коаксиально-волноводные переходы позволяют произвести соединение устройств в волноводном тракте с устройствами в коаксиальном тракте. Переходы предназначены для использования с тестовым и измерительным СВЧ оборудованием, а также готовыми образцами продукции.

Несмотря на то, что ведущие отечественные и зарубежные фирмы выпускают разнообразную номенклатуру КВП [1] – [3], проблема остается актуальной, так как не все эти изделия удовлетворяют поставленным требованиям, особенно по прочности и стоимости. Коаксиально-волноводный переход соединяет две линии передачи, в которых распространяются разные типы волн и которые обладают различными волновыми сопротивлениями. Кроме того, волновое сопротивление прямоугольного волновода зависит от частоты. Поэтому конструкция СКВП должна включать

трансформатор волновых сопротивлений и преобразователь типа волны. В данной статье рассматривается методика проектирования и особенности конструирования соосных КВП (СКВП), имеющих ряд преимуществ по сравнению с обычно применяемыми перпендикулярными КВП [4]. Приводятся также результаты измерений характеристик изготовленных СКВП.

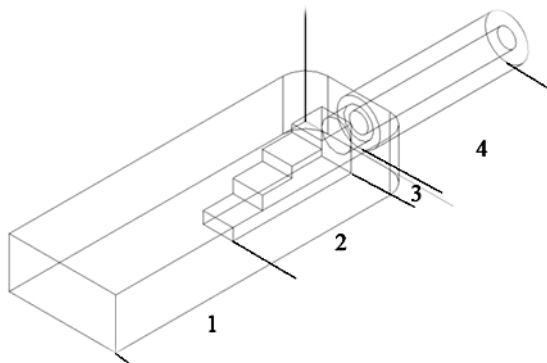


Рис. 1. Конструкция соосного КВП.

электродинамического моделирования с большими затратами вычислительных ресурсов, которые делают практически невозможной оптимизацию конструкции устройства. Поэтому целесообразно воспользоваться методом декомпозиции [5], разбив весь переход на автономные блоки, каждый из которых анализируется отдельно от остальных.

Исходными данными для проектирования трансформатора волнового сопротивления служат граничные частоты рабочего диапазона (полосы пропускания), практически совпадающие с граничными частотами рабочего диапазона прямоугольного волновода, допустимый коэффициент стоячей волны (КСВ) в рабочем диапазоне частот, а также волновые сопротивления сопрягаемых линий передачи (ЛП) Z_{01} и Z_{02} . Для синтеза прототипа трансформатора с чебышевской характеристикой используется метод неопределенных коэффициентов [6], позволяющий сравнительно просто проводить расчет при числе ступенек $N \leq 4$.

Для реализации ступенчатого перехода применяются отрезки П-образного волновода с одинаковой шириной выступа.

Для проектирования преобразователя использовалось математическое моделирование конструкции с помощью программного пакета. При этом необходимо было обеспечить минимальную запасенную энергию в преобразователе, достаточно высокое значение максимальной передаваемой мощности, а также простоту и технологичность конструкции.

Преобразователь состоит из коаксиальной линии передачи, центральный проводник которой 1 (рис. 4,б) соединен с выступом 2 П-образного волновода последней ступеньки трансформатора сопротивлений. Вырез в этой ступеньке 3 служит для уменьшения реактивной проводимости, подключенной к коаксиальной линии. Зазор h между выступом и торцевой стенкой волновода необходим для уменьшения краевой емкости и повышения электрической прочности трансформатора.

Конструкция прототипа СКВП показана на рис. 1. Переход состоит из отрезка стандартного прямоугольного волновода 1, трансформатора волнового сопротивления 2, выполненного на отрезках П-образного волновода, преобразователя типа волны 3 и отрезка коаксиальной линии передачи 4. В результате получается достаточно сложное устройство, анализ которого можно проводить только методами

В таблице представлены варианты соосных коаксиально-волноводных переходов разработанных по предложенной методики на предприятии ЗАО «Светлана-Электронприбор».

Описание	Сечение волновода, мм	Диапазон частот, ГГц	КСВН, не более
Переход коаксиально-волноводный тип III - 23x10 мм	23x10	8,15 - 12	1,1
Переход коаксиально-волноводный тип 3,5 мм - 16x8	16x8	12 - 18	1,1
Переход коаксиально-волноводный тип SMA - 16x8	16x8	12 - 18	1,15
Переход коаксиально-волноводный тип 2,92 мм - 16x8	16x8	12 - 18	1,1
Переход коаксиально- П-волноводный тип 2,92 мм - 16x8	16x8	8 - 18	1,15
Переход коаксиально-волноводный тип 2,92 мм - 16x4	16x4	12 - 18	1,15

Заключение

В работе описана методика проектирования широкополосных соосных коаксиально-волноводных переходов с низким уровнем отражений ($КСВ < 1.15$). Методика предполагает разделение перехода на два автономных блока – трансформатор волновых сопротивлений на основе ступенчатого перехода и преобразователь типа волны. Синтез трансформатора проводится аналитическим методом неопределенных коэффициентов, а проектирование преобразователя осуществляется с помощью программ математического моделирования. Эти же программы используются для окончательной оптимизации конструкции с учетом технологических ограничений на форму и размеры деталей.

Библиографический список

1. Каталог Микран. Аксессуары СВЧ тракта.
2. Каталог Pasternack Enterprises, Inc.
3. Каталог Maury Microwave Corporation
4. Тихов Ю.И. Электродинамический анализ структурной функциональности распределения поля для создания новых компактных СВЧ устройств и антенн. Диссертация на соискание уч. степени доктора техн. наук. Ростов-на Дону, 2010 г.
5. Никольский В.В., Никольская Т.И. Декомпозиционный подход к задачам электродинамики. М.: Наука, 1983 – 304 с.
6. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р. Синтез четырехполюсников и восьмиполусников на СВЧ. – М.: Связь, 1971 – 388 с.
7. Рибле Н., Общий синтез четверть волновых трансформаторов полного сопротивления. Вопросы радиолокационной техники, 1957, Вып. 4(40).
8. Волноводы сложных сечений / Г. Ф. Заргано, В.П. Ляпин, В.С. Михалевский и др. – М.: Радио и связь, 1986. – 124 с.