

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СОЕДИНИТЕЛЕЙ КОАКСИАЛЬНЫХ КИСК-М

А.А. Орешко, И.В. Кузнецов

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.

Рассматриваются принципы метрологического обеспечения комплектов для измерений соединителей коаксиальных КИСК-М, занесённых в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и производимых в ФГУП «ВНИИФТРИ».

The principles of metrological support of kits for measuring the connectors of coaxial KISK-M, registered in the State Register of Measuring Instruments of the Russian Federation and manufactured in FGUP "VNIIFTRI" are considered.

Ключевые слова: измерительный тракт, коаксиальные соединители.

Для передачи энергии электромагнитных колебаний в высокочастотных и сверхвысокочастотных (СВЧ) трактах широко используются коаксиальные соединители благодаря простоте и надежности соединения, а также возможности передавать энергию в большом диапазоне мощностей.

Качество соединения определяет потери мощности СВЧ при передаче и величину стоячей волны, обусловленной появлением отражений при изменении волнового сопротивления в зоне контакта. Помимо энергетических проблем качество контакта влияет на метрологические параметры приборов, использующих коаксиальные соединения. Так, рассогласованность измерительного тракта с коэффициентом стоячей волны по напряжению (КСВН) порядка 1,1 приводит к увеличению погрешности измерения проходящей мощности на 0,5%.

Помимо этого, некачественно выполненный коаксиальный разъем может привести к необратимой деформации ответной части и выходу из строя всего дорогостоящего оборудования.

Даже качественно и правильно изготовленный коаксиальный разъем изнашивается в процессе эксплуатации и требует постоянного контроля геометрических размеров.

Поскольку технические характеристики коаксиальных соединителей в основном определяются точностью изготовления, возникает потребность в специальном оборудовании, контролирующем основные геометрические параметры коаксиального разъема. Так, ГОСТ 13317-89 устанавливает, в том числе, требования к присоединительным размерам соединений коаксиальных волноводов с воздушным заполнением сечением 3,5/1,52; 7/3,04; 16/6,95 и 16/4,6 мм радиоизмерительных приборов общего применения.

А также, при поверке нагрузок коаксиальных требуется проведение операций по контролю присоединительных размеров разъемов. Для проведения таких измерений ГОСТ Р 8.597-2003 «Государственная система обес-

печения единства измерений. Нагрузки коаксиальные. Методика поверки» рекомендует использовать универсальные инструменты для измерений линейных размеров (нутромер, микрометр, индикатор часового типа) или специализированные комплекты КИСК типов КИСК-16, КИСК-7, КИСК-3,5. Применение универсальных средств контроля требует значительных временных затрат при проведении контроля соединителей.

Комплекты КИСК выпускались ранее заводом «Эталон» (ООО «Владимирский завод «Эталон»), но в настоящее время их выпуск прекращен.

Аналогичным комплектом является «Комплекты измерителей «КИПР», который выпускает АО «НПФ «Микран». Но такие комплекты заменяют только КИСК-3,5 и КИСК-7. Кроме того, КИПРы не позволяют контролировать несколько важных параметров, таких как соосность внутреннего проводника относительно внешнего и эллиптичность разъема.

ФГУП «ВНИИФТРИ» было принято решение о выпуске собственного продукта КИСК-М, аналогичного измерительным комплектам КИСК: для контроля присоединительных размеров коаксиальных соединителей: КИСК-3,5М – для трактов 3,5/1,5 мм; КИСК-7М – для трактов 7/3,04 мм; КИСК-16М – для трактов 16/6,95 и 16/4,6 мм.

Все комплекты КИСК-М позволяют контролировать следующие параметры коаксиальных соединителей:

- отклонение от соосности внутреннего проводника относительно внешнего;
- диаметр внутреннего проводника;
- диаметр внешнего проводника;
- эллиптичность внутреннего проводника;
- расстояние от плоскости контакта внешнего проводника до плоскости контакта внутреннего проводника.

Принцип действия комплектов заключается в сравнении действительных размеров коаксиальных соединителей с предельными размерами калибров, измерении действительных размеров соединителей с помощью индикатора, втулок и измерительных наконечников, измерении действительного значения отклонения от соосности внутреннего проводника относительно внешнего в соединителе «вилка».

В процессе изготовления комплектов КИСК-М возникла необходимость метрологического обеспечения их производства, а также первичной поверки.

Комплекты КИСК-М относятся к средствам измерения геометрических величин, но в поверочной схеме по ГОСТ Р 8.763-2011 («Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 50 м и длин волн в

диапазоне от 0,2 до 50 мкм») они не указаны. Средствами измерений, обеспечивающими прямые измерения размеров калибров и пробок с требуемой точностью при реализации метода прямых измерений, ФГУП «ВНИИФТРИ» не располагает.

Для решения задачи метрологического обеспечения производства КИСК-М было предложено использовать метод непосредственных сличений, а в качестве компаратора применить машину трехкоординатную измерительную мультисенсорную DELTEC LEOS 200. В качестве образцовых мер используется набор мер длины концевых плоскопараллельных.

Для измерения диаметра или расстояния из набора мер длины концевых плоскопараллельных, принимаемого за эталонную меру, набираются несколько блоков, в сумме дающих действительное значение (или близкое к нему) определяемого диаметра или расстояния. С помощью компаратора DELTEC LEOS 200 проводятся 5 измерений толщины полученного блока ($d_{изм.}$).

$$d_{изм.} = d_{действ.} + \Delta_{комп.} \quad (1)$$

где $d_{действ.}$ – действительное значение толщины меры;

$\Delta_{комп.}$ – поправка, вносимая компаратором, которая определяется из следующего соотношения (2):

$$\Delta_{комп.} = d_{действ.} - d_{изм.} \quad (2)$$

$$d_{изм.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad (3)$$

$$\Delta_{комп.} = d_{действ.} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i. \quad (4)$$

Далее определяется размер или диаметр детали, которую требуется контролировать. Проводятся 5 измерений, получают D_i . Истинное значение диаметра или расстояния определяется по формуле (5):

$$D = D_{изм.i} - \Delta_{комп.} \quad (5)$$

где

$$D_{изм.i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i. \quad (6)$$

Таким образом, истинное значение размера или диаметра детали составляет:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{изм.i} - \Delta_{комп.} \quad (7)$$

Погрешность измерений при этом составляет 0,5 мкм, что в несколько раз меньше, чем размер минимального допуска.

Так, при измерениях калибр-пробки 0,9h9 из состава КИСК-3,5М была взята пластина из набора мер длины концевых плоскопараллельных (1 мм) и измерена ее длина с помощью компаратора. Полученные значения приведены в таблице 1. По формуле (4) была найдена поправка компаратора.

Далее с помощью компаратора были измерены расстояния калибр-скобы 0,9h9 со стороны маркировки «ПР» и со стороны маркировки «НЕ». Полученные значения, см. таблицу 1.

Были получены значения для каждой из сторон (диаметр со стороны маркировки «ПР» – 0,894^{+0,003} мм, диаметр со стороны маркировки «НЕ» – 0,873^{+0,003} мм), указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ измерения	Меры длины концевые плоскопараллельные	Сторона «ПР» 0,894 ^{+0,003} мм	Сторона «НЕ» 0,873 ^{+0,003} мм
1	1,00100	0,89500	0,87300
2	1,00130	0,89500	0,87300
3	1,00120	0,89400	0,87600
4	1,00130	0,89600	0,87400
5	1,00130	0,89600	0,87300
Результат:	1,00122 ± 0,00013	0,89520 ± 0,00083	0,87380 ± 0,00130

$$\Delta_{\text{комп.}} = -0,00122.$$

Истинное значение диаметра калибр-скобы 0,9h9 составляет:

$$D_{\text{ПР}} = 0,895 \text{ мм} - \text{со стороны «ПР»};$$

$$D_{\text{НЕ}} = 0,873 \text{ мм} - \text{со стороны «НЕ»}.$$

Истинное значение расстояния со стороны маркировки «ПР» равно 0,89642 мм и не выходит за пределы 0,894^{+0,003} мм.

Истинное значение расстояния со стороны маркировки «НЕ» равно 0,87502 мм и не выходит за пределы 0,873^{+0,003} мм.

Таким образом, метод непосредственных сличений подтвержден статистической выборкой.

Комплекты для измерений соединителей коаксиальных производства ФГУП «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ, пос. Менделеево) занесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации под номерами:

-66695-17 – КИСК-3,5М;

-66718-17 – КИСК-7М;

-66717-17 – КИСК-16М.

Проблема, связанная с улучшением характеристик СВЧ-трактов, остается по-прежнему востребованной в России. На данный момент для существующих точностей получены лучшие характеристики СВЧ-соединителей.

Для дальнейшего развития темы СВЧ-трактов требуется повышение точности изготовления нагрузок, а значит, и повышение точности измерений геометрических размеров.

Литература

1. ГОСТ 13317-89. Элементы соединения СВЧ трактов радиоизмерительных приборов. Присоединительные размеры.- М: Изд-во стандартов, 1989, 43 с.
2. ГОСТ 20265-83. Соединители радиочастотные коаксиальные. Присоединительные размеры. М: Изд-во стандартов, 1984, 12 с.