

ИНСТРУКЦИЯ

Измеритель комплексных коэффициентов передачи

«Обзор-103»

Методика поверки

МП 6687-028-21477812-2008

**г. Челябинск
2008 г.**

Настоящая методика поверки распространяется на измерители комплексных коэффициентов передачи "ОБЗОР-103" (далее - ИККП), предназначенных для измерений модуля и фазы S-параметров четырехполюсников, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал – один год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик:	7.3		
Определение погрешности установки частоты источника сигнала	7.3.1	Да	Да
Определение уровня выходной мощности источника сигнала	7.3.2	Да	Да
Определение неравномерности уровня выходной мощности источника сигнала	7.3.3	Да	Да
Определение КСВН выхода источника сигнала	7.3.4	Да	Нет
Определение уровня гармонических составляющих источника сигнала	7.3.5	Да	Нет
Определение уровня негармонических составляющих источника сигнала	7.3.6	Да	Нет
Определение уровня шума приемника сигнала	7.3.7	Да	Да
Определение СКО трассы приемника сигнала	7.3.8	Да	Нет
Определение относительной погрешности измерений КСВН и абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения	7.3.9	Да	Да
Определение КСВН входа секции измерительной	7.3.10	Да	Нет
Определение КСВН входов «1», «2» и «3» направленного ответвителя	7.3.11	Да	Нет
Определение направленности направленного ответвителя	7.3.12	Да	Нет
Определение абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи	7.3.13	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельство о поверке.

2.3 При проведении поверки допускается использование средств измерений, по своим метрологическим и техническим характеристикам, аналогичных указанным в таблице 2.

Таблица 2

Наименование и метрологические характеристики рекомендуемой модели эталонных средств
Частотомер электронно–счетный ЧЗ-63/1: диапазон от 0,1 до $1,5 \cdot 10^9$ Гц; диапазон уровня входного сигнала от 0,03 до 10 В; погрешность измерений частоты не более $\pm 2,5 \times 10^{-7}$.
Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-90: диапазон измеряемой мощности от минус 40 до плюс 10 дБм ¹ ; частотный диапазон от 0,02 до 17,85 ГГц; основная погрешность <4%.
Анализатор спектра С4-85: диапазоны частот от 100 до $22 \cdot 10^9$ Гц; погрешность измерений частоты $\pm (10^{-7} \times f + 2 \text{ Гц})$; диапазон измеряемого уровня входного сигнала от минус 134 до 20 дБм ¹ ; погрешность измерений уровня не более $\pm 0,5$ дБ.
Вольтметр переменного тока ВЗ-63: частотный диапазон от 10 до $1,5 \cdot 10^9$ Гц; погрешность 0,2 % на полной шкале.
Аттенюатор программируемый ВМ-577А; погрешность воспроизведения ослабления сигнала не более 0,1 дБ на частоте 50 МГц.
Измеритель параметров многополосников Е5070В: погрешность измерений коэффициента отражения в пределах от $\pm 1,1\%$ до $\pm 1,9\%$; диапазон частот от 0,3 до 3000 МГц.
Аттенюатор из набора мер НЗ-7; значение ослабления 20 дБ; диапазон частот от 0 до 18 ГГц, допускаемая основная погрешность $\pm 0,23$ дБ
Нагрузка Э9-159 из набора мер ЭК9-140, частотный диапазон от 0 до 4 ГГц; КСВН= $1,0 \pm 0,025$, погрешность калибровки КСВН $\pm 1,0\%$.
Нагрузка Э9-140 из набора мер ЭК9-140, частотный диапазон от 0 до 4 ГГц; КСВН= $1,2 \pm 0,050$, погрешность калибровки КСВН $\pm 1,0\%$, фазы $\pm 2,0^\circ$.
Нагрузка Э9-161 из набора мер ЭК9-140, частотный диапазон от 0 до 4 ГГц; КСВН= $3,0 \pm 0,100$, погрешность калибровки КСВН $\pm 2,0\%$, фазы $\pm 1,0^\circ$.
Короткозамыкатель ЦЮ5.437.000 из комплекта Р4-37.
Переход Э2-112/1

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений и квалификацию поверителя.

4 Требование безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5 Условия поверки

Поверка должна осуществляться в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $(65 \pm 15) \%$;
- атмосферное давление от 630 до 795 мм тр. ст.

¹ Здесь и далее дБм обозначает дБ относительно 1 мВт.

6 Подготовка к поверке

6.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации (РЭ) поверяемого прибора и используемых средств поверки.

6.2 Поверяемый прибор и используемые средства поверки должны быть заземлены и выдержаны во включенном состоянии в течение времени, указанного в РЭ.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- сохранность пломб;
- чистота и исправность разъемов и гнезд;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослабление элементов конструкции (определяется на слух при наклонах прибора);
- сохранность органов управления, четкость фиксации их положения;
- комплектность прибора.

Приборы, имеющие дефекты и неполный комплект, бракуются.

7.2 Опробование

Процедура опробования включает в себя следующие операции, выполняемые в соответствии с руководством по эксплуатации:

- проверка функционирования программного обеспечения;
- проверка системы индикации (окна индикации, каналы индикации, трассы);
- проверка функционирования виртуальных панелей управления режимами измерения;
- установка ИККП в начальное состояние.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение погрешности установки частоты выходного сигнала

7.3.1.1 Подсоединить частотомер к выходу "OUTPUT" поверяемого прибора.

7.3.1.2 Установить ИККП в начальное состояние кнопкой «Настройки/Начальная установка» и остановить качание частоты кнопкой «фкс».

7.3.1.3 На панели управления генератором установить значение рабочей частоты 1 МГц.

7.3.1.4 Измеренное значение частоты занести в третью колонку таблицы 3.

7.3.1.5 Повторить процедуру измерения частоты сигнала на рабочей частоте 1500 МГц.

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения частот укладываются в пределы, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Значение установленной частоты, МГц	Нижний предел, Гц	Значение измеренной частоты, Гц	Верхний предел, Гц
1,0	999995		1000005
1500	1499992500		1500007500

7.3.2 Определение уровня выходной мощности источника сигнала

7.3.2.1 Подготовить к работе измеритель СВЧ мощности МЗ-90 в соответствии с РЭ и подсоединить его к выходу "OUTPUT" поверяемого прибора.

7.3.2.2. Установить ИККП в начальное состояние кнопкой «Настройки/Начальная установка» и остановить качание частоты кнопкой «фкс».

7.3.2.3 На панели управления генератором установить значение рабочей частоты 20 МГц.

7.3.2.4 Измеренное значение мощности занести в таблицу 4.

7.3.2.5 Повторить операции по пп. 7.3.2.3, 7.3.2.4 для других значений частот в соответствии с таблицей 4.

Примечание. Для рабочих частот ниже 20 МГц в качестве измерителя уровня выходного сигнала использовать вольтметр переменного тока ВЗ-63; перевод показаний вольтметра (V) в значение мощности (W) производить по формуле

$$W = V^2/R,$$

где R – волновое сопротивление измерительного тракта.

Таблица 4

Рабочая частота, МГц	0,3	0,6	3	20	100	200	500	800	1100	1500
Уровень выходного сигнала (дБм)										

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения уровня выходной мощности укладываются в пределы от 2 до 4 дБм.

7.3.3 Определение неравномерности уровня выходной мощности источника сигнала

Определение неравномерности уровня выходной мощности источника выходного сигнала проводить по данным таблицы 4.

Найти разность между максимальным и минимальным значениями измеренных уровней выходной мощности в рабочем диапазоне частот.

Результаты поверки считать положительными, если разность между максимальным и минимальным уровнями выходной мощности не превышает 1 дБ.

7.3.4 Определение КСВН выхода источника сигнала

7.3.4.1 Определение КСВН выхода источника сигнала ИККП проводить с помощью измерителя параметров многополюсника Е5070В в соответствии с его руководством по эксплуатации.

7.3.4.2 Подсоединить Е5070 к выходу “OUTPUT” поверяемого прибора и произвести измерения КСВН выхода.

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН не превышают:

- 1,3 – в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 1 МГц;
- 1,16 – в диапазоне рабочих частот от 1 до 1500 МГц.

7.3.5 Определение уровня гармонических составляющих источника сигнала

Определение уровня гармоник в выходном сигнале проводится с помощью анализатора спектра С4-85.

7.3.5.1 Подготовить анализатор спектра к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

7.3.5.2 Подсоединить С4-85 к выходу “OUTPUT” поверяемого прибора.

7.3.5.3 Установить ИККП в начальное состояние кнопкой «Настройки/Начальная установка».

7.3.5.4 На частотах выходного сигнала 0,3; 0,6; 1; 5; 20; 100; 500; 900; 1100; 1500 МГц измерить уровни каждой гармоники на кратной частоте относительно первой гармоники.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если уровни гармоник в выходном сигнале ИККП составляют не более минус 20 дБс в диапазоне частот первой гармоники от 0,3 до 1 МГц и не более минус 30 дБс на остальных частотах.

7.3.6 Определение уровня негармонических составляющих источника сигнала

Определение уровня негармонических составляющих в выходном сигнале проводится с помощью анализатора спектра С4-85.

7.3.6.1 Подготовить анализатор спектра к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

7.3.6.2 Выполнить с ИККП следующие операции:

- установить прибор в начальное состояние кнопкой «Настройки / Начальная установка»;
- установить полосу измерительного фильтра 30 Гц кнопкой «Фильтр / 30 Гц»;
- установить количество частотных точек - 5001;
- установить логарифмический способ сканирования кнопкой «лог.».

7.3.6.3 Установить органами управления спектроанализатора С1 режимы индикации, позволяющие измерять спектр выходного сигнала ИККП в полном рабочем диапазоне частот.

7.3.6.4 Измерить минимальную разницу уровней полезного и паразитных сигналов во время сканирования ИККП.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если измеренная разница не превышает минус 30 дБс для рабочих частот до 1500 МГц.

7.3.7 Определение уровня шума приемника сигнала

Определение уровня шума приемника сигнала ИККП проводится в автономном режиме без использования поверочного оборудования.

7.3.7.1 Собрать схему измерений согласно рисунку 1.

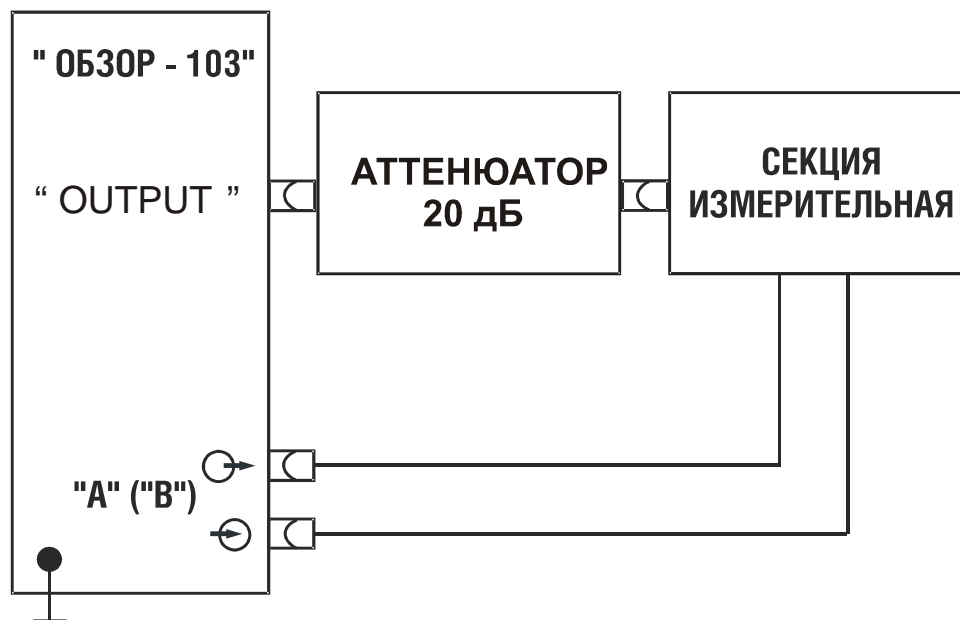


Рисунок 1. Схема проверки уровня шума приемника сигнала ИККП

7.3.7.2 На ИККП произвести следующие установки:

- установить прибор в начальное состояние кнопкой «Настройки / Начальная установка»;
- установить режим измерения S21 по входу А и S31 по входу В;
- установить в канале индикации 1 и 2 формат представления «Мощность (дБм)», в поле «аттен (дБ)» значение 20;
- установить измерительный фильтр 30 Гц кнопкой «Фильтр / 30 Гц»;
- для 1 и 3 трассы активировать маркеры «Измерение шумов трассы» с параметром «Точность величины 4 знака»;

7.3.7.3 Провести калибровку прибора:

- войти в режим калибровки кнопкой «Калибровка»;
- установить режим «Параметры сканирования» кнопкой «Текущие»;
- установить отметку «Вход А» - «Перем.»;
- запустить калибровку кнопкой «Калибровать»;

- снять отметку «Вход А» - «Перем.»;
- вместо измерительной секции А к аттенюатору подключить измерительную секцию В;
- установить отметку «Вход В» - «Перем.»;
- запустить калибровку кнопкой «Калибровать»;
- выйти из режима калибровки кнопкой «Заккрыть».

7.3.7.4 К выходу прибора и к входам измерительных секций подключить согласованные нагрузки.

7.3.7.5 На панели управления сигнальным генератором установить минимальное и максимальное значение частоты 0,3 и 1 МГц соответственно.

7.3.7.6 С маркеров считать среднее значение трассы и занести в таблицу 5.

Таблица 5

Диапазон рабочих частот, МГц	Измеренное значение уровня шума в канале А, дБм	Измеренное значение уровня шума в канале В, дБм	Предельное значение уровня шума, дБм
0,3-1			-112
1-10			-117
10-1500			-125

7.3.7.7 Повторить процедуру измерений шума приемника в диапазонах частот от 1 до 10 МГц и от 10 до 1500 МГц.

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения уровня шума не превышают предельных, приведенных в 4-ой колонке таблицы 5.

7.3.8 Определение СКО трассы приемника сигнала

Определение СКО трассы приемника производится в соответствии со схемой измерений рисунка 1.

7.3.8.1 На ИККП произвести следующие установки:

- установить прибор в начальное состояние кнопкой «Настройки / Начальная установка»;

- установить режим измерения S21 по входу А и S31 по входу В;

- установить измерительный фильтр 1 кГц кнопкой «Фильтр / 1 кГц»;

- для 1 и 3 трассы активизировать маркеры «измерение шумов трассы» с параметром «Точность величины» 4 знака.

7.3.8.2 Провести калибровку прибора по входу А:

- войти в режим калибровки кнопкой «Калибровка»;

- установить отметку «вход А» - «Перем.»;

- запустить калибровку кнопкой «Калибровать»;

- выйти из режима калибровки кнопкой «Заккрыть».

7.3.8.3 С маркера трассы 1 считать значение шума трассы.

7.3.8.4 Вместо измерительной секции А к аттенюатору подключить измерительную секцию В.

7.3.8.5 Провести калибровку прибора по входу В:

- войти в режим калибровки кнопкой «Калибровка»;

- установить отметку «вход В» - «Перем.»;

- запустить калибровку кнопкой «Калибровать»;

- выйти из режима калибровки кнопкой «Заккрыть».

7.3.8.6 С маркера трассы 3 считать значение шума трассы.

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения СКО трассы в обоих каналах не превышают 0,001 дБ.

7.3.9 Определение относительной погрешности измерений КСВН и абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения

Определение погрешности измерений КСВН и фазы коэффициента отражения производить с помощью нагрузок, представляющих собой коаксиальные нагрузки с КСВН = 1,2 и с КСВН = 3,0, аттестованных по КСВН и фазе коэффициента отражения.

7.3.9.1 Подготовить к работе ИККП в режиме измерения S11 и произвести однопортовую калибровку прибора в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.3.9.2 Подключать к ИККП поочередно нагрузки с КСВН = 1,2 и КСВН = 3,0, измерить в соответствии с РЭ значения КСВН и фазу коэффициента отражения нагрузок в частотных точках их аттестации.

КСВН и фазу коэффициента отражения нагрузки определить при четырех подключениях нагрузки, каждый раз поворачивая ее вокруг своей продольной оси примерно на 90°. За действительное значение КСВН и фазы коэффициента отражения нагрузки принять среднеарифметическое полученных значений.

7.3.9.3 Определить погрешность измерения модуля в процентах и фазы в градусах по формулам:

$$\Delta K = (K_{\text{изм}} - K_{\text{калибр}}) / K_{\text{атт}} \cdot 100 \%,$$

$$\Delta \varphi = \varphi_{\text{изм}} - \varphi_{\text{калибр}},$$

где $K_{\text{изм}}$, $\varphi_{\text{изм}}$ – измеренные значения КСВН и фазы нагрузки, $K_{\text{калибр}}$, $\varphi_{\text{калибр}}$ – калиброванные значения КСВН и фазы нагрузки.

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерений не превышают:

для нагрузки с КСВН = 1,2 по модулю - ± 2,88 %, по фазе - ± 6,3 градуса;

для нагрузки с КСВН = 3,0 по модулю - ± 7,2 %, по фазе - ± 4,3 градуса.

7.3.10 Определение КСВН входа секции измерительной

Определение КСВН входа секции измерительной проводить с помощью измерителя комплексных коэффициентов передачи ИККП1 согласно его инструкции по эксплуатации в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2. В качестве ИККП1 использовать измеритель параметров многополюсника Е5070В.

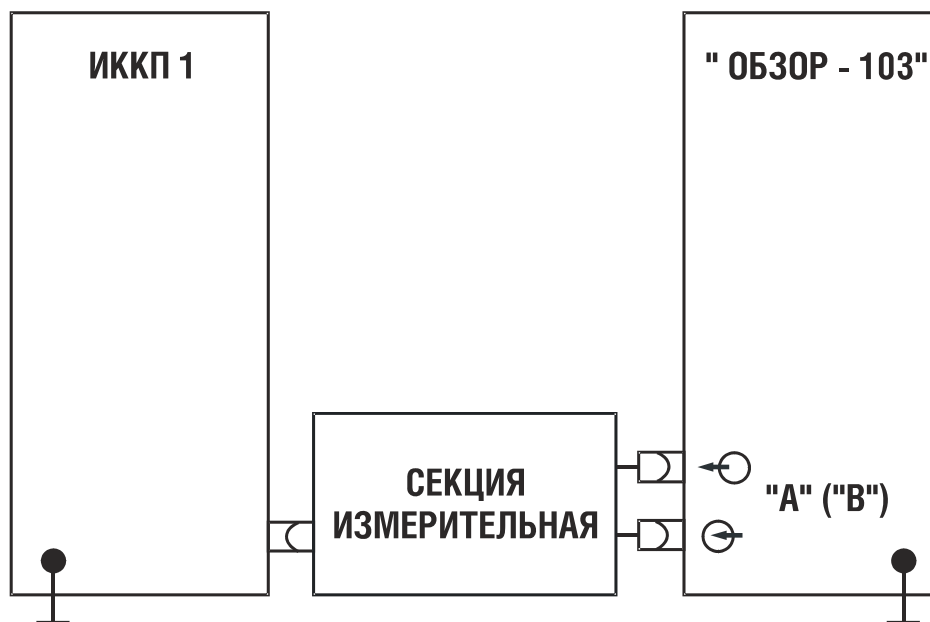


Рисунок 2. Схема проверки КСВН входа секции измерительной ИККП

Результаты поверки положительные, если измеренные значения КСВН не превышают:

- 1,12 - в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 0,5 МГц;
- 1,08 - в диапазоне рабочих частот от 0,5 до 1500 МГц.

7.3.11 Определение КСВН входов «1», «2» и «3» направленного ответвителя

Определение КСВН входов «1», «2», «3» направленного ответвителя проводить с помощью измерителя комплексных коэффициентов передачи ИККП1 согласно его инструкции по эксплуатации в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3. В качестве ИККП1 использовать измеритель параметров многополюсника E5070B.

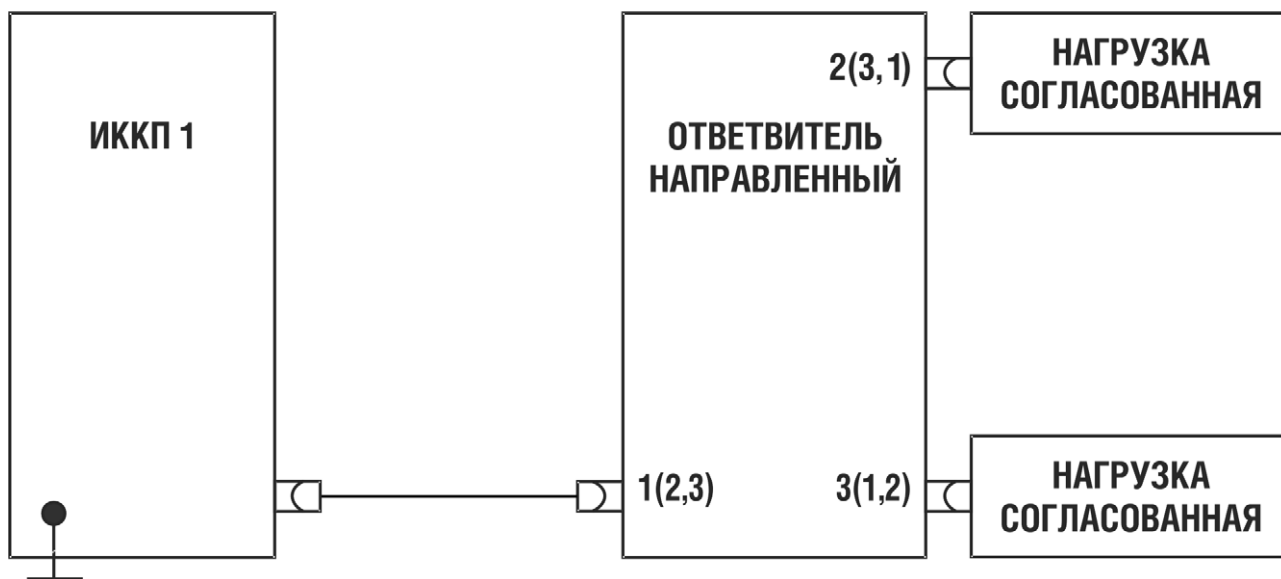


Рисунок 3. Схема проверки КСВН входов направленного ответвителя ИККП

Результаты поверки положительные, если измеренные значения КСВН не превышают:

для входа «1»:

- 1,10 - в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 1 МГц;
- 1,08 - в диапазоне рабочих частот от 1 до 1200 МГц;
- 1,10 - в диапазоне рабочих частот от 1200 до 1500 МГц.

для входа «2»:

- 1,08 - в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 5 МГц;
- 1,08 - в диапазоне рабочих частот от 5 до 1000 МГц;
- 1,10 - в диапазоне рабочих частот от 1000 до 1200 МГц;
- 1,15 - в диапазоне рабочих частот от 1200 до 1500 МГц.

для входа «3»:

- 1,35 - в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 1 МГц;
- 1,20 - в диапазоне рабочих частот от 1 до 5 МГц;
- 1,08 - в диапазоне рабочих частот от 5 до 1000 МГц;
- 1,12 - в диапазоне рабочих частот от 1000 до 1200 МГц;
- 1,15 - в диапазоне рабочих частот от 1200 до 1500 МГц.

7.3.12 Определение направленности ответвителя направленного

Определение направленности ответвителя направленного ИККП1 проводить с помощью измерителя параметров многополюсника E5070B.

7.3.12.1 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 4.

7.3.12.2 Произвести калибровку ИККП1 в режиме измерений коэффициента передачи совместно с ответвителем направленным, подключив к входу «2» линию короткозамкнутую.

7.3.12.3 Подключить к входу «2» ответвителя направленного согласованную нагрузку, как это показано на рисунке 4. Измерить направленность ответвителя направленного ИККП1, как коэффициент передачи между входами «1» и «3».

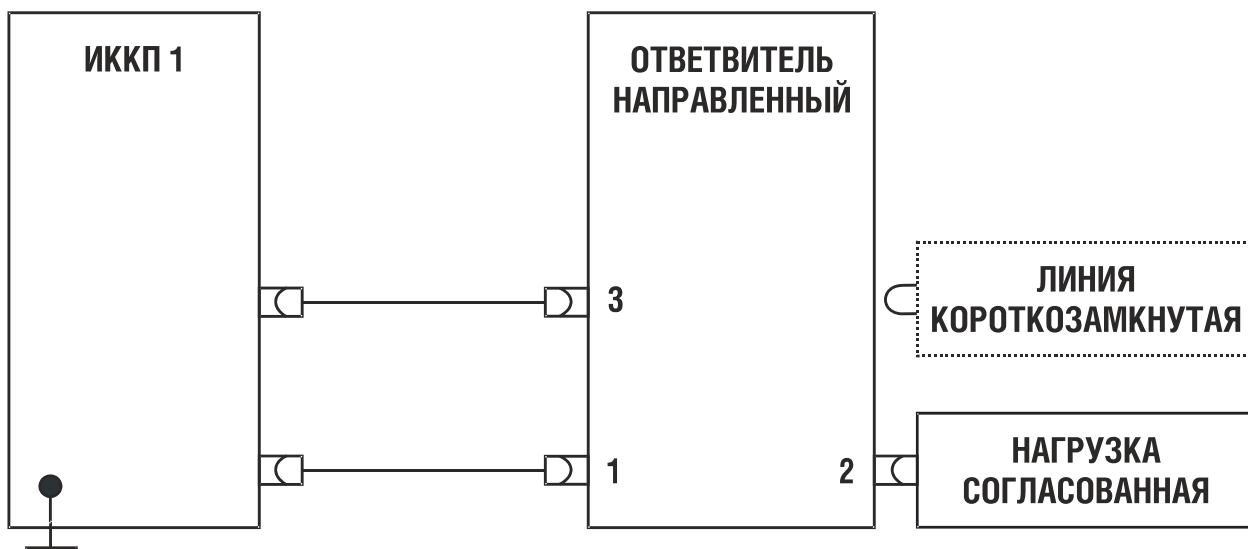


Рисунок 4. Схема проверки направленности направленного ответвителя ИККП

Результаты поверки положительные, если измеренные значения направленности не менее:

- 30 дБ - в диапазоне рабочих частот от 0,3 до 1 МГц;
- 36 дБ - в диапазоне рабочих частот от 1 до 5 МГц;
- 40 дБ - в диапазоне рабочих частот от 5 до 1000 МГц;
- 36 дБ - в диапазоне рабочих частот от 1000 до 1500 МГц.

7.3.13 Определение абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи

Определение погрешности проводить в следующей последовательности.

7.3.13.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.

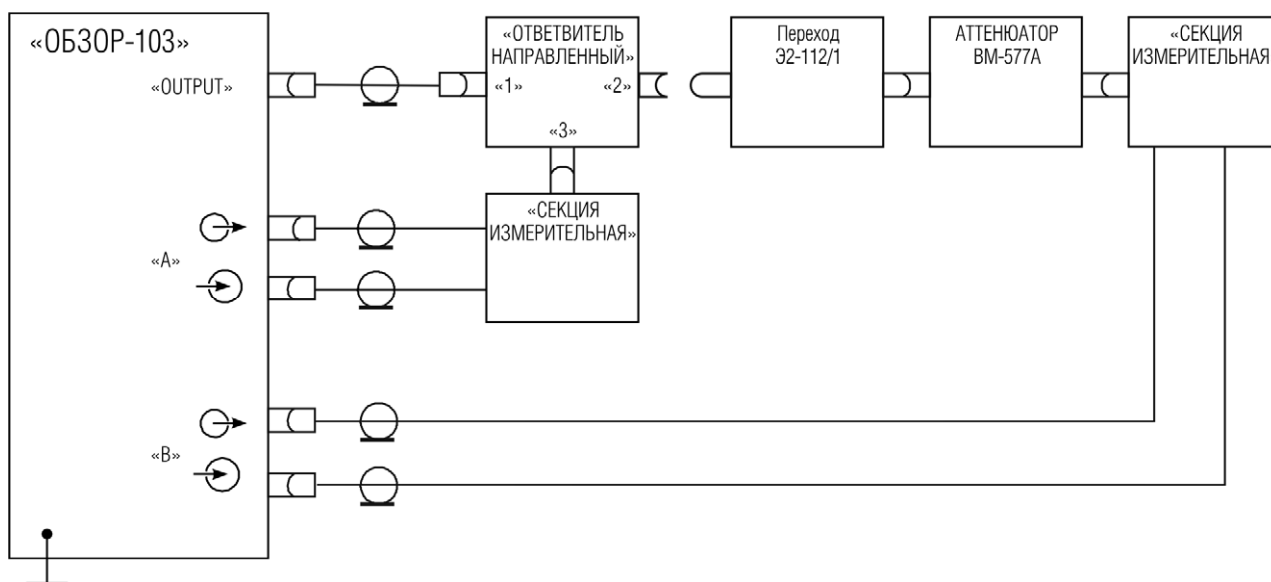


Рисунок 5. Схема проверки абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи

7.3.13.2 На ИККП произвести следующие установки:

- установить прибор в начальное состояние кнопкой «Настройки / Начальная установка»;
- установить измерительный фильтр 30 Гц кнопкой «Фильтр / 30 Гц»;
- для 3 трассы активизировать маркер «Частота - > величина» с параметром «Точность величины» 3 знака.

7.3.13.3 Провести калибровку прибора:

- к выходу «2» ответвителя направленного подключить линию короткозамкнутую;
- войти в режим калибровки – кнопкой «Калибровка»;
- установить режим «Параметры сканирования» кнопкой «Текущие»;
- установить отметку «Вход А» - «К3»;
- запустить калибровку – кнопкой «Калибровать»;
- отключить линию короткозамкнутую и подключить линию холостого хода;
- установить отметку «Вход А» - «ХХ»;
- запустить калибровку - кнопкой «Калибровать»;
- отключить линию холостого хода и подключить нагрузку согласованную;
- установить отметку «Вход А» - «Нагр.»;
- запустить калибровку – кнопкой «Калибровать»;
- отключить нагрузку согласованную;
- через переход и аттенюатор подключить измерительную секцию В к выходу «2» направленного ответвителя;
- установить аттенюатор в положение «0»;
- установить отметку «Вход В» - «Перем.»;
- запустить калибровку – кнопкой «Калибровать»;
- выйти из режима калибровки – кнопкой «Заккрыть»;

7.3.13.4 Последовательно устанавливая ступенчатый аттенюатор в положения «30», «60» и «80» дБ, при помощи маркера произвести отсчет значений модуля коэффициента передачи на частотах 0,3, 300, 800 и 1500 МГц.

7.3.13.5 Определить значение абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в децибелах по формуле:

$$\Delta |S_{21}| = |S_{21}|_{\text{изм}} - |S_{21}|_{\text{калибр}},$$

где

$|S_{21}|_{\text{измер.}}$ – измеренное значение модуля коэффициента передачи;

$|S_{21}|_{\text{калибр.}}$ – калиброванное значение модуля коэффициента передачи.

7.3.13.6 Результаты поверки положительные, если значение абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи не превышают:

- $\pm 0,6$ дБ для минус 30 дБ;
- $\pm 0,9$ дБ для минус 60 дБ;
- $\pm 1,1$ дБ для минус 80 дБ.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При выполнении операций поверки оформляются протоколы по произвольной форме.

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке, поверительное клеймо наклеивается на корпус прибора или наносят оттиск клейма на техническую документацию в соответствии с ПР50.2.006-94 и ПР50.2.007.

8.3 При отрицательных результатах поверки предыдущее свидетельство о поверке аннулируют, оттиск поверительного клейма гасят и выдают извещение о непригодности с указанием причин по ПР50.2.006. Прибор к применению не допускают.