

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

_____ А.Н. Щипунов



« 28 » 11 2019 г.

Смесители гармонические FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90, FS-Z110

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

FS-Zxx-2019 МП

р.п. Менделеево
2019 г.

Содержание

1	Вводная часть	3
2	Операции поверки	3
3	Средства поверки	3
4	Требования к квалификации поверителей	4
5	Требования безопасности	4
6	Условия поверки	4
7	Подготовка к проведению поверки	5
8	Проведение поверки	5
8.1	Внешний осмотр	5
8.2	Опробование	5
8.3	Определение КСВН	6
8.4	Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования	7
	Оформление результатов поверки	10

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок смесителей гармонических FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90, FS - Z110 (далее – смесители FS-Zxx), изготавливаемых фирмой «Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG», Германия.

1.2 Первичной поверке подлежат смесители FS-Zxx до ввода в эксплуатацию и после ремонта.

Периодической поверке подлежат смесители FS-Zxx, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 Интервал между поверками 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки смесителей FS-Zxx должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки смесителей FS-Zxx

Наименование операции	Пункт МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Опробование	8.2	да	да
Определение КСВН	8.3	да	да
Определение абсолютной погрешности значений коэффициента преобразования	8.4	да	да

2.2 Не допускается проведения поверки меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 поверяемый смеситель FS-Zxx бракуется и направляется в ремонт.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки смесителей FS-Zxx должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3, 8.4	Анализатор электрических цепей векторный ZVA24, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности модуля коэффициента отражения от минус 15 до минус 25 дБ ± 3 дБ/мВт, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности фазы коэффициента отражения от минус 15 до минус 25 дБ/мВт $\pm 20^\circ$
8.3, 8.4	Модули расширения частотного диапазона ZVA-Z75, ZVA-Z110 анализаторов электрических цепей векторных ZVA или ZNA, диапазон частот от 50 до 110 ГГц, максимальная выходная мощность не менее минус 4 дБ/мВт

Продолжение таблицы 2

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.4	Анализатор спектра FPC1000. Диапазон частот не менее чем от 10 МГц до 1 ГГц, предел допускаемой абсолютной погрешности измерения относительного уровня в диапазоне частот от 50 кГц до 3 ГГц в диапазоне от минус 70 до 0 дБ/мВт, при отношении сигнал/шум не менее 16 дБ, RBW ≤ 100 кГц не более ±0,5 дБ/мВт, возможность работы от внешнего источника опорной частоты.
8.4	Стандарт частоты рубидиевый FS725. Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$
8.4	Генератор сигналов E8257D, диапазон частот от 250 кГц до 20 ГГц, предел допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$, уровень выходного сигнала от 10 до 16 дБ/мВт, предел допускаемой погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm 1,5$ дБ/мВт, возможность работы от внешнего источника опорной частоты
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP110T, диапазон частот от 0 до 110 ГГц, диапазон измеряемых мощностей от $0,3 \cdot 10^{-6}$ до 10^{-1} Вт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 8,0$ %

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом FS-Zxx-2019 РЭ «Смесители гармонические FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90, FS-Z110. Руководство по эксплуатации» (далее – FS-Zxx-2019 РЭ).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на смесители FS-Zxx и средства поверки.

5.2 Средства поверки должны быть надёжно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку смесителей FS-Zxx проводить в следующих условиях:

- | | |
|--|---------------------------------|
| – температура окружающего воздуха, °C | от 15 до 25; |
| – относительная влажность окружающего воздуха, % | от 30 до 80; |
| – атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) | от 84 до 106,7 (от 630 до 800); |
| – напряжение сети, В | от 220 до 240; |
| – частота сети, Гц | от 49,5 до 50,5. |

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Перед проведением поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в руководствах по эксплуатации смесителей FS-Zxx и применяемых средств поверки.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

Внешний осмотр смесителей FS-Zxx проводить визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документу FS-Zxx-2019 РЭ;
- целостность и чистоту разъемов;
- целостность фирменной наклейки;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность смесителей FS-Zxx.

Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует п. 4.2 документа FS-Zxx-2019 РЭ;
- маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует разделу 10 документа FS-Zxx-2019 РЭ;
- фирменная наклейка цела;
- разъемы целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность смесителей FS-Zxx.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверить наличие коэффициентов преобразования на карте памяти USB;

8.2.2 Выполнить коммутацию поверяемого смесителя и убедиться:

- диапазон рабочих частот анализатора спектра от 10 МГц до 1 ГГц;
- уровень выходного сигнала генератора в диапазоне частот от 250 кГц до 20 ГГц не менее 15,5 дБ/мВт;
- наличие СВЧ кабелей с разъемами 3,5 мм или SMA вилка для подключения смесителя к гетеродину и анализатору спектра.

8.2.3 Результат опробования считать положительным, если:

- на карте памяти USB имеются коэффициенты преобразования выданные изготовителем;
- используемый анализатор спектра работает в диапазоне частот от 10 МГц до 1 ГГц;
- уровень выходного сигнала генератора в диапазоне частот от 250 кГц до 20 ГГц не менее 15,5 дБ/мВт;
- СВЧ кабели имеют разъем 3,5 мм или SMA вилка подключения смесителя к гетеродину и анализатору спектра.

8.3 Определение КСВН

8.3.1 Определение КСВН смесителей FS-Z60 проводить по схеме, приведенной на рисунке 1.

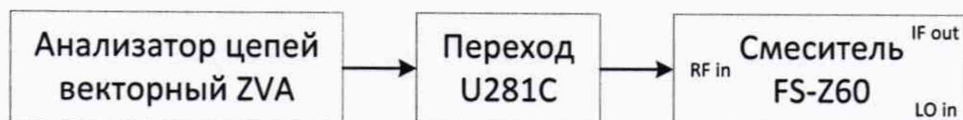


Рисунок 1 – Схема соединения приборов для определения значений КСВН смесителя FS-Z60

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 40 до 60 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБм. Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z60, используя переход.

В диапазоне частот от 40 до 60 ГГц по маркеру определить максимальное значение КСВН.

8.3.2 Определение КСВН смесителей FS - Z75 проводить по схеме, приведенной на рисунке 2.

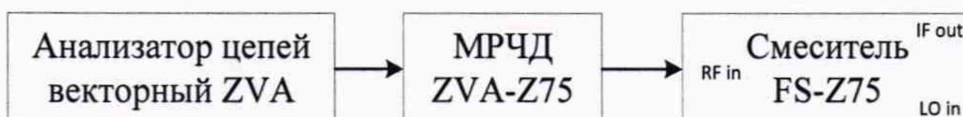


Рисунок 2 – Схема соединения приборов для определения значений КСВН смесителя FS-Z75

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 50 до 75 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБм. Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z75.

В диапазоне частот от 50 до 75 ГГц по маркеру определить максимальное значение КСВН.

8.3.3 Определение КСВН смесителей FS - Z90 проводить по схеме, приведенной на рисунке 3.

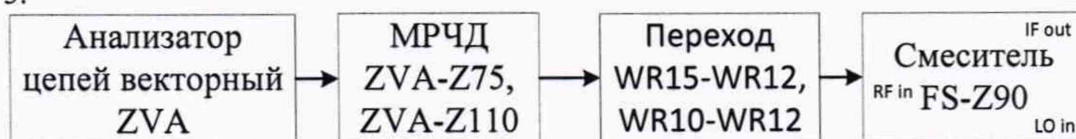


Рисунок 3 – Схема соединения приборов для определения значений КСВН смесителя FS-Z90

Подключить к анализатору цепей векторному модуль расширения частотного диапазона (МРЧД) ZVA-Z75. Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 60 до 75 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБм. Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z90, используя переход WR15-WR12.

В диапазоне частот от 60 до 75 ГГц по маркеру определить максимальное значение КСВН.

Подключить к анализатору цепей векторному МРЧД ZVA-Z110. Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 75 до 90 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБм. Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z90, используя переход WR10-WR12.

В диапазоне частот от 75 до 90 ГГц по маркеру определить максимальное значение КСВН.

8.3.4 Определение КСВН смесителей FS - Z110 проводить по схеме, приведенной на рисунке 4.

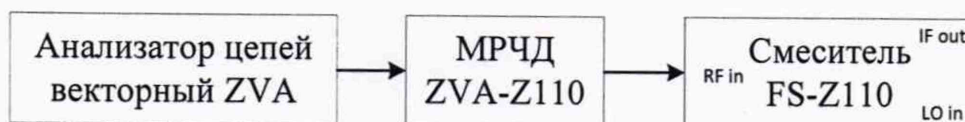


Рисунок 4 – Схема соединения приборов для определения значений КСВН смесителя FS-Z110

Подключить к анализатору цепей векторному МРЧД ZVA-Z110. Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 75 до 110 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБм. Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z110.

В диапазоне частот от 75 до 110 ГГц по маркеру определить максимальное значение КСВН.

8.3.5 Результаты поверки считать положительными, если значения КСВН не более 1,6.

8.4 Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования для смесителя:

8.4.1 FS-Z60

8.4.1.1 Подключить анализатор спектра и генератор сигналов к смесителю как показано на рисунке 5. Опорную частоту анализатора цепей, анализатора спектра и генератора синхронизировать от стандарта частоты FS725 по каналу 10 МГц.

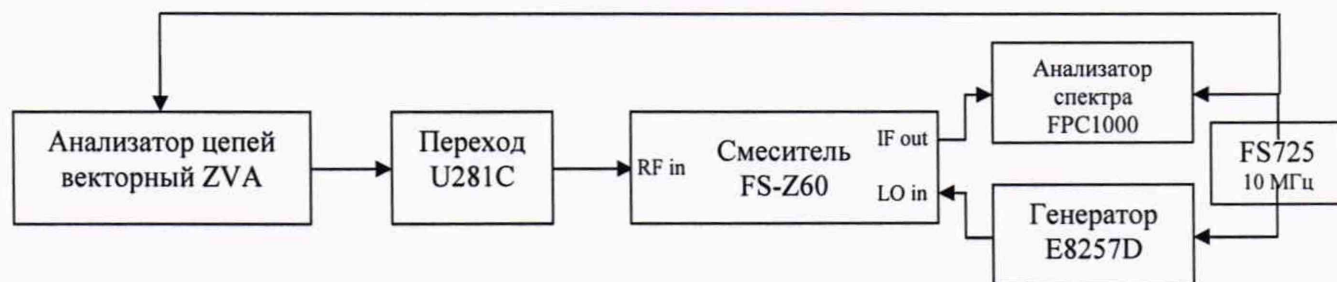


Рисунок 5 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z60

Подготовить анализатор цепей для работы на фиксированной частоте:

– Sweep – Sweep Type – CW Mode – «значение частоты $F_{СВЧ}$ ».

Установить настройки анализатора спектра:

– центральная частота $F_{ПЧ} = 271$ МГц;

– полоса обзора 100 МГц.

Установить частоту сигнала генератора, определяемую по формуле (1):

$$F_{Ген} = \frac{F_{СВЧ} - F_{ПЧ}}{N_{Г}} \quad (1)$$

где $F_{СВЧ}$ – частота установленная на анализаторе цепей, $F_{ПЧ}$ – промежуточная частота; $N_{Г}$ – номер гармоники (приведены в таблице 3).

Таблица 3 – Номера гармоник для смесителей

Модель смесителя	Номер гармоники, $N_{Г}$
FS – Z60	4
FS – Z75	6
FS – Z90	6
FS – Z110	8

8.4.1.2 Установить амплитуду сигнала равную 14 дБ/мВт и нажать RF on/off.

8.4.1.3 На анализаторе спектра установить маркер, для чего нажать Seach – Seach peak.

8.4.1.4 Отсчет показаний проводить по маркеру анализатора спектра.

8.4.1.5 Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования смесителя FS-Z60 проводить по схеме, приведенной на рисунке 5.

При наличии анализатора спектра с опцией B21 измерения выполнять по схеме, изображенной на рисунке 6. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

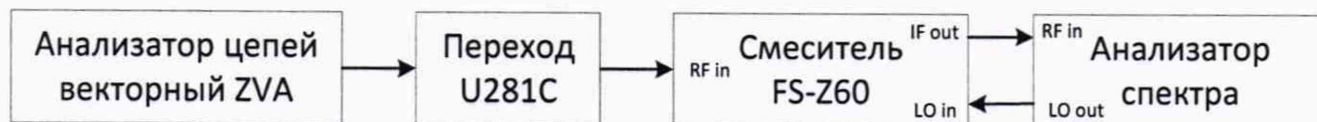


Рисунок 6 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z60 при наличии анализатора спектра с опцией B21.

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 40 до 60 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 40 до 60 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подключить к измерительному порту ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP110T (далее – ваттметр NRP110T) и выполнить измерения мощности P_{NRP} , в дБм, на частотах от 40 до 60 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц.

Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z60 и выполнить измерения мощности P_{FS} на частотах от 40 до 60 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц. Отсчет показаний вести по анализатору спектра в дБм. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

Рассчитать значение абсолютной погрешности значений коэффициента преобразования $\Delta_{K_{FS}}$ по формуле (2):

$$\Delta_{K_{FS}} = N_{FS} + K_0 - P_{NRP}, \quad (2)$$

где N_{FS} – показания анализатора спектра без поправки на коэффициент преобразования смесителя, в дБ/мВт;

P_{NRP} – показания ваттметра NRP110T, в дБ/мВт;

K_0 – коэффициент преобразования с карты памяти USB.

8.4.2 FS-Z75

8.4.2.1 Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования смесителя FS-Z75 проводить по схеме, приведенной на рисунке 7.

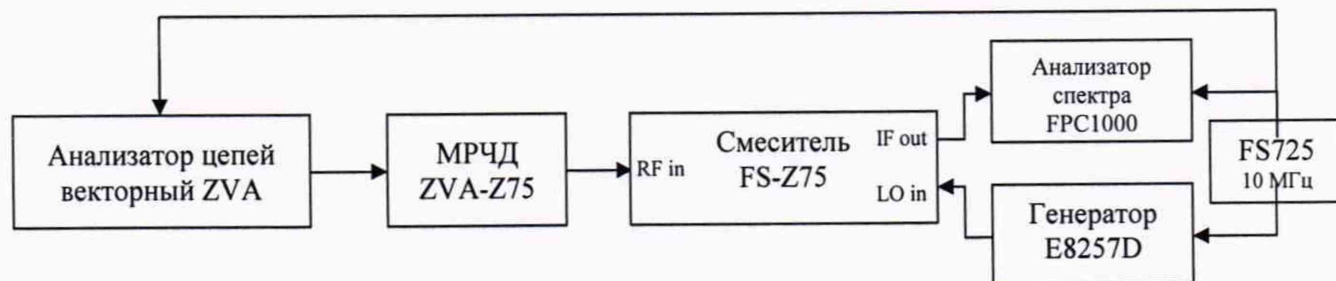


Рисунок 7 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z75

Подготовить анализатор цепей для работы на фиксированной частоте:

– Sweep – Sweep Type – CW Mode – «значение частоты $F_{CBЧ}$ ».

Установить настройки анализатора спектра:

– центральная частота $F_{ПЧ} = 271$ МГц;

– полоса обзора 100 МГц.

Установить частоту сигнала генератора по формуле (1).

Установить амплитуду сигнала равную 14 дБ/мВт и нажать RF on/off.

Выполнить операции пп. 8.4.1.3 – 8.4.1.5

8.4.2.2 При наличии анализатора спектра с опцией B21 измерения выполнять по схеме, изображенной на рисунке 8. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

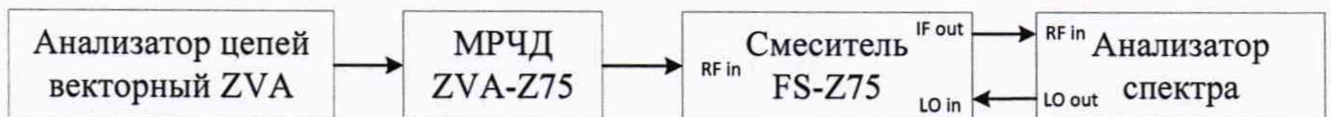


Рисунок 8 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z75 при наличии анализатора спектра с опцией B21

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 50 до 75 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подключить к измерительному порту ваттметр NRP110T и выполнить измерения мощности P_{NRP} , в дБм, на частотах от 50 до 75 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц.

Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z75 и выполнить измерения мощности N_{FS} на частотах от 50 до 75 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц. Отсчет показаний вести по анализатору спектра в дБ/мВт. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

Рассчитать значение абсолютной погрешности значений коэффициента преобразования $\Delta_{K_{FS}}$ по формуле (2).

8.4.3 FS-Z90

8.4.3.1 Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования смесителя FS-Z90 проводить по схеме, приведенной на рисунке 9.

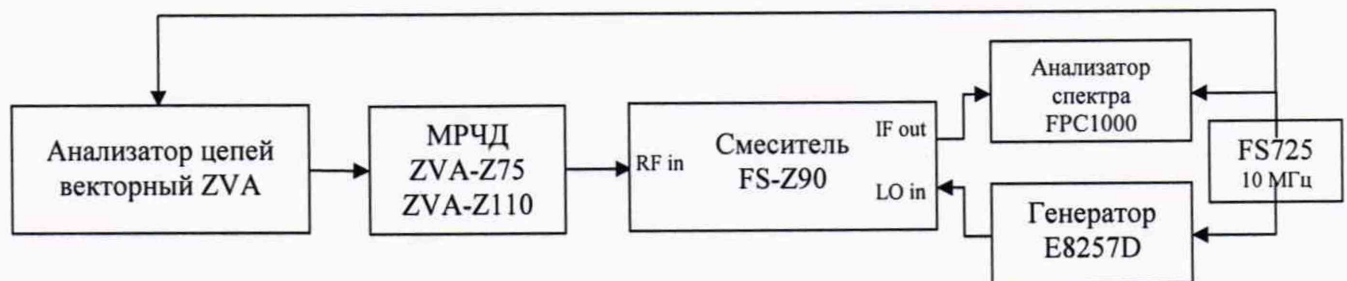


Рисунок 9 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z90

Подготовить анализатор цепей для работы на фиксированной частоте:

– Sweep – Sweep Type – CW Mode – «значение частоты $F_{CBЧ}$ ».

Установить настройки анализатора спектра:

– центральная частота $F_{ПЧ} = 271$ МГц;

– полоса обзора 100 МГц.

Установить частоту сигнала генератора по формуле (1).

Установить амплитуду сигнала равную 14 дБ/мВт и нажать RF on/off.

Выполнить операции пп. 8.4.1.3 – 8.4.1.5

8.4.3.2 При наличии анализатора спектра с опцией B21 измерения выполнять по схеме, изображенной на рисунке 10. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

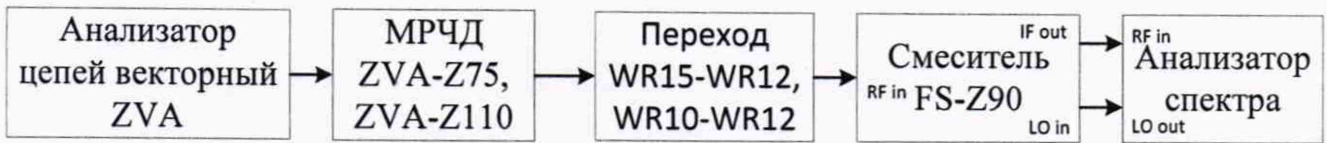


Рисунок 10 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z90 при наличии анализатора спектра с опцией B21.

Подключить к анализатору цепей векторному МРЧД ZVA-Z75. Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 60 до 75 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подключить к измерительному порту ваттметр NRP110T и выполнить измерения мощности P_{NRP} в дБ/мВт на частотах от 60 до 75 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц.

Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z90 и выполнить измерения мощности N_{FS} на частотах от 60 до 75 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц. Отсчет показаний вести по анализатору спектра в дБ/мВт. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

Подключить к анализатору цепей векторному МРЧД ZVA-Z110. Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 75 до 90 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подключить к измерительному порту ваттметр NRP110T и выполнить измерения мощности P_{NRP} в дБм на частотах от 75 до 90 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц.

Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z90 и выполнить измерения мощности N_{FS} на частотах от 75 до 90 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц. Отсчет показаний вести по анализатору спектра в дБ/мВт. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

Рассчитать значение абсолютной погрешности значений коэффициента преобразования $\Delta_{K_{FS}}$ по формуле (2).

8.4.4 FS-Z110

8.4.4.1 Определение абсолютной погрешности коэффициента преобразования смесителя FS-Z110 проводить по схеме, приведенной на рисунке 11.

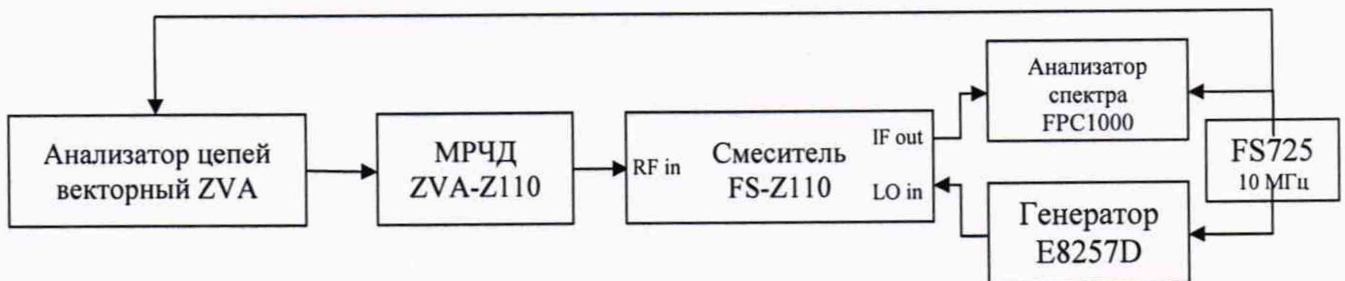


Рисунок 11 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z110

Подготовить анализатор цепей для работы на фиксированной частоте:

– Sweep – Sweep Type – CW Mode – «значение частоты $F_{свч}$ ».

Установить настройки анализатора спектра:

– центральная частота $F_{пч} = 271$ МГц;

– полоса обзора 100 МГц.

Установить частоту сигнала генератора по формуле (1).

8.4.1.2 Установить амплитуду сигнала равную 15,5 дБ/мВт и нажать RF on/off.

Выполнить операции пп. 8.4.1.3 – 8.4.1.5

8.4.4.2 При наличии анализатора спектра с опцией B21 измерения выполнять по схеме, изображенной на рисунке 12. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

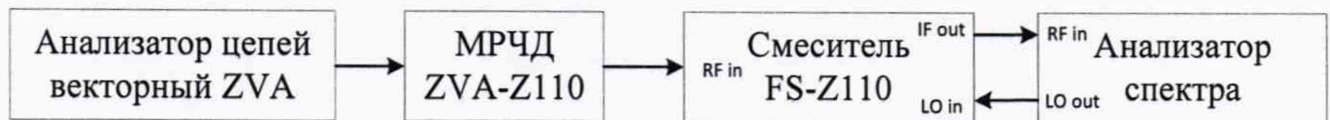


Рисунок 7 – Схема соединения приборов для определения коэффициента преобразования смесителя FS-Z110 при наличии анализатора спектра с опцией B21

Подготовить анализатор цепей к измерениям в диапазоне частот от 75 до 110 ГГц и уровнем выходной мощности минус 10 дБ/мВт. Перевести анализатор цепей в режим работы на фиксированной частоте.

Подключить к измерительному порту ваттметр NRP110T и выполнить измерения мощности P_{NRP} , в дБм, на частотах от 75 до 110 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц.

Подключить к измерительному порту смеситель FS-Z110 и выполнить измерения мощности N_{FS} на частотах от 75 до 110 ГГц включительно с интервалом 2 ГГц. Отсчет показаний вести по анализатору спектра в дБ/мВт. Введение поправок к коэффициенту преобразования отключить.

Рассчитать значение абсолютной погрешности значений коэффициента преобразования $\Delta_{K_{FS}}$ по формуле (2).

8.4.5 Результаты поверки считать положительными, если выполняется условие:

$$\Delta_{K_{FS}} \leq \sqrt{(\Delta_{K_{FS}}^0)^2 + \Delta_{инстр}^2}, \quad (3)$$

где $(\Delta_{K_{FS}}^0)$ – доверительные границы погрешности значений коэффициента преобразователя не более 3 дБ; $\Delta_{инстр}^2$ - инструментальная погрешность средств измерений, работающих в комплекте со смесителями при поверке, не более 1 дБ.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Смеситель FS-Zxx признается годным, если результаты поверки по всем пунктам таблицы 1 положительные.

9.2 На смеситель FS-Zxx, который признан годным, выдается свидетельство о поверке установленной формы.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

9.3 При отрицательных результатах поверки смеситель FS-Zxx к применению не допускается и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин забракования.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ведущий инженер НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

И.П. Чирков

А. С. Боровков