

1 Введение

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра портативные R&S FSH3 (далее по тексту – анализаторы), и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал - два года.

2 Операции поверки

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в табл. 1.

Таблица 1.

	Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	да	да
2	Опробование	8.2	да	да
FSH3				
3	Определение метрологических характеристик	8.3	да	да
3.1	Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей	8.3.1	да	да
3.2	Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты	8.3.2	да	да
3.3	Определение среднего уровня собственных шумов	8.3.4	да	да
3.4	Определение погрешности измерений мощности синусоидального сигнала	8.3.5	да	да
3.5	Определение максимальной выходной мощности сигнала генератора качающейся частоты	8.3.6	да	да
3.6	Определение КСВН измерительного входа	8.3.7	да	да
Опция FSH-Z2 (КСВН мост)				
3.8	Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей	8.3.8	да	да
3.9	Определение диапазона рабочих частот и погрешности измерений КСВН	8.3.9	да	да
3.10	Определение абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения	8.3.10	да	да
3.11	Определение КСВН измерительного входа	8.3.11	да	да
Опция FSH-B1 (измерение расстояния до неоднородности)				
3.12	Определение абсолютной погрешности измерений расстояния до неоднородности	8.3.12	да	да
Опции FSH-Z44; FSH-Z1; FSH-Z14; FSH-Z18 (измерительные преобразователи мощности)				
3.13	Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей	8.3.13	да	да
3.14	Определение КСВН входа измерительных преобразователей	8.3.14	да	да
3.15	Определение погрешности измерений мощности	8.3.15	да	да
Опция FSH-K3 (измерительный приемник)				
3.16	Определение погрешности измерений уровня входного сигнала	8.3.16	да	да
3.17	Определение абсолютной погрешности измерений	8.3.17	да	да

	Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
	частоты входного сигнала			
3.18	Определение динамического диапазона по уровню интермодуляционных искажений третьего порядка	8.3.18	да	да
3.19	Определение минимального значения и динамического диапазона измерений уровня входного синусоидального сигнала	8.3.19	да	да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в табл. 2.

Номер пункта документа по поверке	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.3.2; 8.3.16	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66: диапазон частот от $9 \cdot 10^3$ до 4 ГГц Относительная погрешность измерений частоты не более $\pm 5 \cdot 10^{-7}$
8.3.4; 8.3.5; 8.3.15	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-93: диапазон рабочих частот от 0 до 18 ГГц; диапазон измерений мощности от 10^{-4} до 1 Вт; основная погрешность измерений мощности $\pm (4 - 6) \%$
8.3.8; 8.3.9; 8.3.13	Набор мер КСВН и полного сопротивления 1 разряда ЭК9-140: номинальное значение КСВН 1,05; 1,2; 1,4; 2,0; 3,0; относительная погрешность: по КСВН 1% для КСВН $\leq 1,4$; 1,5 % для КСВН = 2,0; 2 % для КСВН = 3,0; по фазе КО 1° для КСВН $\geq 2,0$; $1,5^\circ$ для КСВН = 1,4; 2° для КСВН = 1,2
8.3.4	Генератор сигналов R&S SM 300: диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц; относительная погрешность установки частоты не более $\pm 3 \cdot 10^{-6}$
8.3.1; 8.3.7; 8.3.12	Комплект для измерения соединителей коаксиальных КИСК-7: абсолютная погрешность измерений не более $\pm 0,02$ мм
8.3.6; 8.3.13	Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-11: диапазон рабочих частот от 1 МГц до 1,25 ГГц; основная погрешность измерений: по КСВН не более $\pm 5,0 \%$; по фазе КО $\pm 6^\circ$
8.3.6; 8.3.13	Измеритель КСВН панорамный Р2-83: диапазон рабочих частот от 100 МГц до 18 ГГц; основная погрешность измерений по КСВН не более $\pm 5,0 \%$
8.3.14	Ваттметр поглощаемой мощности МКЗ-69: диапазон рабочих частот от 0,001 до 3 ГГц; основная погрешность измерений мощности $\pm \left[5 + 0,1 \times \left(\frac{P_k}{P_x} - 1 \right) \right] \%$ в диапазоне измеряемых мощностей от 10 до 100 Вт
8.3.14; 8.3.17	Вольтметр диодный компенсационный ВЗ-63: диапазон рабочих частот от 10 Гц до 1500 МГц; погрешность измерений $\pm (0,2 - 2) \%$
8.3.15	Генератор сигналов высокочастотный Г4-211: диапазон частот от 1,07 до 4,0 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5 \%$

Номер пункта документа по поверке	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.3.15	Генератор сигналов высокочастотный Г4-176А: диапазон частот от 100 кГц до 1280 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5 \cdot 10^{-5}$ Гц
8.3.15	Генератор сигналов высокочастотный Г4-212: диапазон частот от 2 ГГц до 8,15 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$
8.3.14	Генератор сигналов высокочастотный Г4-59: диапазон частот от 300 МГц до 700 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5 \%$
8.3.14	Генератор сигналов высокочастотный Г4-60: диапазон частот от 700 МГц до 1000 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5 \%$
8.3.17	Делитель напряжения ДН-1: диапазон рабочих частот от 0 Гц до 7 ГГц; коэффициент ослабления от 0 дБ до 41 дБ; дискретность перестройки 1 дБ; погрешность установки ослабления $\pm 0,2$ дБ

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в табл. 2.

3.3 Все средства поверки должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки анализатора допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации и документацией по поверке и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей по ГОСТ 20.2.012-94).

5 Требования безопасности

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

5.2 К работе на анализаторе допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.3 Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры.

6 Условия поверки

6.1 Поверка проводится при следующих условиях:

- температура окружающей среды (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт. ст.;
- питание от сети переменного тока:
- напряжение, В 220 ± 5 ;
- частота, Гц..... $50 \pm 0,5$.

7 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

- проверяют готовность анализатора в целом согласно технической документации фирмы - изготовителя;

- выполнить пробное (10 - 15 мин.) включение анализатора.

Перед проведением измерений подготовить приборы к работе согласно их эксплуатационной документации.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие анализатора требованиям технической документации фирмы-изготовителя;

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, сохранность механических органов управления и четкость фиксации их положения, чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность предохранителей, печатей и пломб.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить анализатор к сети, на передней панели нажать кнопку включения. На экране анализатора должна появиться информация о загрузке операционной системы и программного обеспечения фирмы-изготовителя. После загрузки операционной системы и программного обеспечения на экране анализатора должно появиться меню управления анализатором.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если при проверке не отображается информация об ошибках.

8.3 Определение метрологических характеристик

FSH6

8.3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

8.3.1.1 Соответствие присоединительных размеров коаксиальных соединителей входов/выходов анализатора определить сличением основных размеров с размерами, указанными в ГОСТ РВ 51914-2002 (с использованием комплекта КИСК – 7).

Результаты проверки считать удовлетворительными, если присоединительные размеры коаксиального соединителя соответствуют типу N по ГОСТ РВ 51914-2002.

8.3.2 Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты.

8.3.2.1 Собрать схему, изображённую на рис. 1.



Рис. 1

8.3.2.2 С генератора сигналов последовательно подать на анализатор сигнал с частотой: 100 кГц; 500 МГц; 1500 МГц; 3000 МГц. Выходную мощность генератора установить 0 дБ/мВт.

8.3.2.3 Провести отсчёт показаний измеренной частоты частотомером.

Для проведения измерений анализатором необходимо выполнить следующие действия: нажать программную клавишу «MARKER MODE» (режим маркера), откроется окно выбора режима маркера, ручкой настройки или клавишами управления курсором выбрать в окне пункт «FREQ COUNT» (частотомер), нажать клавишу «ENTER».

8.3.2.4 Погрешность измерения частоты (Δf) вычислить по формуле (1):

$$\Delta f = f_{ИЗМ} - f_R, \quad (1)$$

где $f_{ИЗМ}$ - значение частоты измеренное анализатором;

f_R - значение частоты измеренное частотомером.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если диапазон частот анализатора соответствует диапазону от 0,1 до 3000 МГц и значения погрешности измерений частоты не выходят за пределы ($f_{ИЗМ} \times 10^{-6}$).

8.3.3 Определение среднего уровня собственных шумов.

Средний уровень собственных шумов определить измерением уровня с усреднением показаний отсчетных устройств анализатора спектра в полосе пропускания 1 кГц при отсутствии сигнала на входе анализатора спектра при подключении на вход анализатора спектра согласованной нагрузки Э9-159.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов анализатора спектра не превысит минус 105 дБ/мВт.

8.3.4 Определение погрешности измерений мощности синусоидального сигнала.

Погрешность измерений мощности гармонического сигнала на фиксированной частоте определить путем подачи на вход анализатора спектра сигнала с генератора SM-300. Мощность на выходе генератора проконтролировать ваттметром МЗ-93. Измерения провести на следующих частотных точках: 100 кГц; 100 МГц; 1 ГГц; 3 ГГц. Выходная мощность с выхода генератора последовательно на каждой частотной точке устанавливается на следующие значения: минус 10 дБ/мВт; 0 дБ/мВт; 3 дБ/мВт.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если максимальное значение погрешности измерений мощности входного синусоидального сигнала находится в пределах $\pm 1,5$ дБ.

8.3.5 Определение максимальной выходной мощности сигнала генератора качающейся частоты.

Перевести генератор качающейся частоты (ГКЧ) анализатора в режим измерений на фиксированной частотной точке. Установить максимальную выходную мощность сигнала с выхода генератора.

Выполнить измерения мощности при помощи измерителя мощности МЗ-93 на выходе ГКЧ на следующих частотных точках: 10 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренные значения мощности составили не менее минус 10 дБ/мВт.

8.3.6 Определение КСВН измерительного входа

Собрать схему, изображенную на рис. 4.

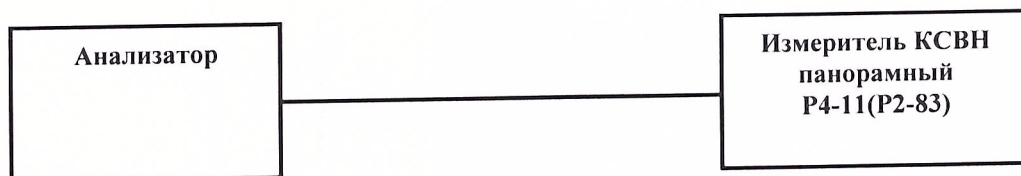


Рис. 4

Выполнить измерения КСВН измерительного входа. Наблюдая на экране измерителя КСВН панорамного зависимость КСВН от частоты, при помощи метки найти точку, где значение КСВН максимально. Зафиксировать это значение в протоколе.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если максимальное значение КСВН в рабочем диапазоне частот составляет не более 1,5.

Опция FSH-Z2 (КСВН мост)

8.3.7 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

8.3.7.1 Соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя входов/выходов КСВН моста, определить сличением основных размеров с размерами, указанными в ГОСТ РВ 51914-2002 (с использованием комплекта КИСК – 7).

Результаты поверки считать удовлетворительными, если присоединительные размеры коаксиального соединителя соответствуют типу N по ГОСТ РВ 51914-2002.

8.3.8 Определение диапазона рабочих частот и погрешности измерений КСВН.

8.3.8.1 Для проверки диапазона частот и погрешности измерения КСВН сделать следующие предварительные установки на анализаторе.

КСВН мост подключается с помощью резьбового сочленения к ВЧ входу и выходу генератора качающейся частоты анализатора.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEASURE».

Ручкой настройки или клавишами управления курсором выбрать в меню пункт «TRACKING GEN», подтвердить выбор нажатием клавиши «ENTER».

Нажать клавишу «FREQ».

Программными клавишами «START» и «STOP» установить полосу обзора от 10 МГц до 3 ГГц.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEAS MODE».

Клавишами управления курсором выбрать пункт «SCALAR» и подтвердить выбор клавишей «ENTER».

В главном меню генератора качающейся частоты выбрать пункт «REFLECT CAL»;

Оставив открытым измерительный разъем моста (режим холостого хода) нажать на программную клавишу «CONTINUE».

По окончании калибровки по холостому ходу присоединить меру короткого замыкания и нажать программную клавишу «CONTINUE».

8.3.8.2 К измерительному разъёму КСВН моста последовательно присоединить следующие меры из комплекта набора мер ЭК9-140: Э9-140, Э9-142, Э9-161.

Провести отсчёт измерений значений КСВН на частотных точках: 10 МГц, 100 МГц, 1000 МГц, 3000 МГц. Вычислить относительную погрешность измерения КСВН, как выраженное в процентах отношение разности измеренного и действительного значений КСВН к номинальному значению КСВН.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если относительная погрешность находится в пределах $\pm 5\%$ во всём рабочем диапазоне частот КСВН моста.

8.3.9 Определение абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения

8.3.9.1 Для проверки погрешности измерения фазы коэффициента отражения сделать следующие предварительные установки на анализаторе.

КСВН мост подключить с помощью резьбового сочленения к ВЧ входу и выходу генератора качающейся частоты анализатора.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEASURE».

Ручкой настройки или клавишами управления курсором выбрать в меню пункт «TRACKING GEN», подтвердить выбор нажатием клавиши «ENTER».

Нажать клавишу «FREQ».

Программными клавишами «START» и «STOP» установить полосу обзора от 10 МГц до 3 ГГц.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEAS MODE».

Клавишами управления курсором выбрать пункт «VECTOR» и подтвердить выбор клавишей «ENTER».

В главном меню генератора качающейся частоты выбрать пункт «REFLECT CAL».

К измерительному разъёму моста присоединить меру холостого хода и нажать на программную клавишу «CONTINUE».

По окончании калибровки по холостому ходу присоединить меру короткого замыкания и нажать программную клавишу «CONTINUE».

По окончании калибровки по короткому замыканию присоединить согласованную нагрузку и нажать программную клавишу «CONTINUE».

8.3.9.2 К измерительному разъёму КСВН моста последовательно присоединить следующие меры из комплекта набора мер ЭК9-140: Э9-140, Э9-142, Э9-161.

Для измерений фазы коэффициента отражения перевести анализатор в режим отображения фазы коэффициента отражения для чего проделать следующие действия

Нажать клавишу «MEAS MODE».

Клавишами управления курсором выбрать пункт «PHASE» и подтвердить выбор клавишей «ENTER».

В случае отсутствия в меню режима отображения «PHASE» необходимо перевести анализатор в режим отображения диаграммы Смита для чего проделать следующие действия:

Нажать клавишу «AMPT».

Нажать программную клавишу «RANGE».

Клавишами управления курсором выбрать пункт «SMITH CHART» и подтвердить выбор клавишей «ENTER».

8.3.9.3 Результаты измерения отображаются в виде комплексного числа ($r \pm ix$) (активной и реактивной составляющих полного сопротивления). Фазу коэффициента отражения φ рассчитать по формуле (3):

$$\varphi = \arg(z) = \begin{cases} \arccos \frac{r}{|z|} & \text{для } x \geq 0 \\ -\arccos \frac{r}{|z|} & \text{для } x < 0 \\ \text{неопределённость} & \text{для } |z| = 0 \end{cases} \quad (3);$$

где: $|z| = \sqrt{r^2 + x^2}$

r – действительная часть комплексного числа;
 x – мнимая составляющая комплексного числа

8.3.9.4 Провести измерения фазы коэффициента отражения на частотных точках: 10 МГц, 100 МГц, 1000 МГц, 3000 МГц. Вычислить абсолютную погрешность измерения фазы коэффициента отражения, как разность действительного и измеренного значений.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения погрешности измерений фазы коэффициента отражения, находятся в пределах $\pm 6^\circ$.

8.3.10 Определение КСВН измерительного входа.

8.3.10.1 Определение КСВН измерительного входа провести в соответствии с п. 8.3.6.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если КСВН во всём рабочем диапазоне частот КСВН моста не превышает 1,38.

Опция FSH-B1 (измерение расстояния до неоднородности)

8.3.11 Определение абсолютной погрешности измерений расстояния до неоднородности.

Определение абсолютной погрешности измерений расстояния до неоднородности проводится при использовании отрезка коаксиального кабеля RG-58 с известной длиной (50 метров).

8.3.11.1 Подготовить анализатор для проведения измерений расстояния до неоднородности в соответствии с инструкцией по эксплуатации. В меню анализатора «CABLE MODEL» выбрать тип кабеля – RG-58.

8.3.11.2 Присоединить отрезок коаксиального кабеля к анализатору и произвести измерение расстояния до неоднородности.

8.3.11.3 Рассчитать абсолютную погрешность ΔD измерения расстояния до неоднородности по формуле (4):

$$\Delta D = D_k - D_a, \quad (4)$$

где D_k – длина кабеля измеримая при помощи линейки измерительной;

D_a – расстояние до неоднородности измеренное при помощи анализатора.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значения погрешности измерений расстояния до неоднородности находятся в пределах $\pm 1023/D_k$.

Опции FSH-Z44; FSH-Z1; FSH-Z14; FSH-Z18 (измерительные преобразователи мощности)

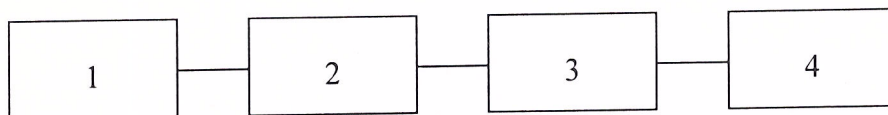
8.3.12 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

Соответствие присоединительных размеров коаксиальных соединителей преобразователей определяют сравнением основных размеров с указанными в ГОСТ РВ 51914-2002 (с использованием комплекта КИСК - 7). Присоединительные размеры должны соответствовать типу N.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если присоединительные размеры коаксиальных соединителей измерительных преобразователей мощности соответствуют типу N по ГОСТ РВ 51914-2002.

8.3.13 Определение КСВН входа измерительных преобразователей.

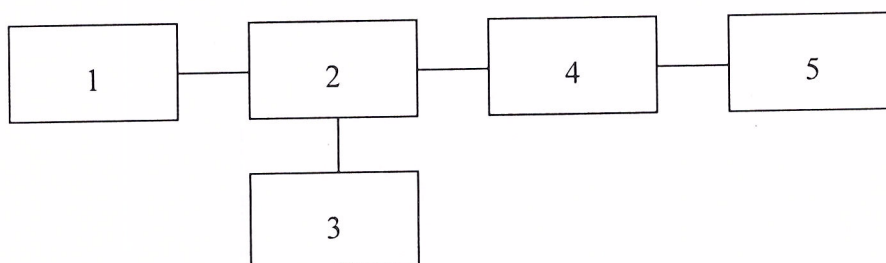
Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH - Z1, FSH – Z18 проводить по схеме, представленной на рис. 5.



- 1 - анализатора спектра FSH3;
- 2 – измерительный преобразователь (FSH - Z1, FSH – Z18).
- 3 – переход N – III.
- 4 - измеритель КСВН панорамный (P4-11, P2-83).

Рис. 5

Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH - Z14, FSH – Z44 проводить по схеме, представленной на рис. 6.



- 1 – согласованная нагрузка Э9-159 из комплекта ЭК9-140.
- 2 - измерительный преобразователь (FSH – Z14, FSH – Z44).
- 3 – анализатора спектра FSH3.
- 4 – переход N – III.
- 5 - измеритель КСВН панорамный (P4-11, P2-83).

Рис. 6

Подготовить измерительный преобразователь к работе в соответствии с технической документацией фирмы изготовителя.

Провести измерения в соответствии с ТО и ИЭ на измеритель КСВН панорамный (P4-11, P2-83). Повторить измерения 3 раза перфланцовывая измерительный преобразователь по часовой стрелке примерно на 90°.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если значения КСВН входа измерительных преобразователей не превышают значений указанных в табл. 3.

Таблица 3

Диапазон частот	Максимально допускаемое значение КСВН
FSH-Z1	
от 10 МГц до 30 МГц	1,15
от 30 МГц до 2,4 ГГц	1,13
от 2,4 ГГц до 8 ГГц	1,20
FSH-Z18	
от 10 МГц до 30 МГц	1,15
от 30 МГц до 2,4 ГГц	1,13
от 2,4 ГГц до 8 ГГц	1,20
от 8 ГГц до 18 ГГц	1,25

Диапазон частот	Максимально допустимое значение КСВН
FSH – Z14 (при нагрузке 50 Ом)	
от 200 МГц до 4 ГГц	1,06
FSH – Z44 (при нагрузке 50 Ом)	
От 200 МГц до 3,0 ГГц	1,07
от 3 до 4,0 ГГц	1,12

8.3.14 Определение погрешности измерений мощности.

8.3.14.1 Проверка случайной относительной погрешности измерений мощности

Проверку случайной относительной погрешности измерений мощности измерительных преобразователей FSH - Z1, FSH – Z18 проводить по схеме, представленной на рис. 7, измерительных преобразователей FSH - Z14, FSH – Z44 по схеме, представленной на рис. 8.

установить частоту f_v равную верхнему значению диапазона частот измерительного преобразователя и мощность генератора СВЧ P_{on} указанную в табл. 5

Таблица 5

Тип измерительного преобразователя	Мощность P_{on}
FSH-Z1, FSH-Z18	10 мВт
FSH-Z14, FSH-Z44	10 Вт

установить нулевые показания блока индикации измерительного преобразователя и рабочего эталона;

включить мощность СВЧ, и после установления показаний одновременно отсчитать показания блока индикации измерительного преобразователя и рабочего эталона (ваттметра);

выключить мощность СВЧ и определить отношение результатов измерений мощности измерительным преобразователем P_n и рабочим эталоном P_o (с учетом ослабления перехода).

Повторить определение отношения P_n/P_o несколько раз (не менее четырех) и рассчитать среднее арифметическое значение $(P_n/P_o)_{cp}$.

Рассчитать составляющую случайной погрешность $\delta_{сл}$ по формуле:

$$\delta_{сл} = \frac{(P_n / P_o)_{\max} - (P_n / P_o)_{\min}}{(P_n / P_o)_{cp}} * \mu_n, \quad (5)$$

где μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n и определяемый по табл. 6.

Таблица 6

Число наблюдений n	3	4	5	6	8	10	15	25
Значение коэффициента μ_n	1,0	0,73	0,58	0,48	0,37	0,31	0,22	0,18

Погрешность $\delta_{сл}$ не должна превышать 0,2 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности ($\pm 6\%$).

8.3.14.2 Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{1j} , зависящую от мощности и составляющую погрешности измерений мощности δ_{1j} , зависящую от частоты в следующем порядке.

Провести установку нуля измерительного преобразователя. Установить частоту генератора $f_{on} = 1$ ГГц.

Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{i1} , зависящую от мощности при значениях мощности генератора P_i указанных в табл. 7 по формуле:

$$\delta_{i1} = [(P_n / P_o)_{cpi} - 1] \times 100, \% \quad (6)$$

где $(P_n/P_o)_{cpi}$ - среднее арифметическое значение отношения результатов измерений мощности измерительным преобразователем и рабочим эталоном (P_n/P_o) .

Таблица 7

Тип измерительного преобразователя	Мощность P_{on}
FSH-Z1, FSH-Z18	0,01; 10; 100 мВт
FSH-Z14, FSH-Z44	0,1; 10; 50 Вт

Погрешность рассогласования δ_p , рассчитать по формуле:

$$\delta_p = 2 \cdot |\Gamma_o| \cdot |\Gamma_n| \cdot 100, \% \quad (7)$$

где $|\Gamma_o|$ - модуль эффективного коэффициента отражения выхода рабочего эталона (ваттметра проходящей мощности);

$|\Gamma_n|$ - модуль коэффициента отражения испытываемого измерительного преобразователя;

$$|\Gamma_n| = \frac{K - 1}{K + 1}, \quad (8)$$

где K – КСВН выхода испытываемых преобразователей.

Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{1j} , зависящую от частоты, на опорном значении мощности генератора $P_{on} = 10$ мВт для измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18, $P_{on} = 10$ Вт для измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 и частотах f_i , указанных в табл. 8 по формуле:

$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{cpi} - 1] \times 100, \% \quad (9)$$

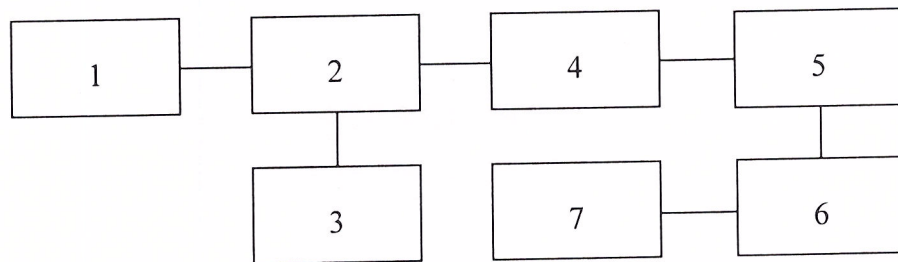
где $(P_n/P_o)_{cpi}$ - среднее арифметическое значение отношения (P_n/P_o) для m частот f_i (m значений).

Таблица 8

Тип измерительного преобразователя	Частота f_i , ГГц
FSH-Z1	0,01; 0,03; 0,1; 0,15; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0
FSH-Z18	0,01; 0,03; 0,1; 0,15; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,5; 13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18
FSH-Z14, FSH-Z44	0,2; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0.

Измерения на частоте 0,01 ГГц для измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме рис.9. Измерить значение сопротивления постоянному току испытываемого

измерительного преобразователя прибором В7-39 согласно его руководству по эксплуатации. Установить по вольтметр В3-63 напряжение на выходе синтезатора частот Г7-14, соответствующее уровню мощности 10 мВт, на измеренном сопротивлении нагрузки определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{Ij} .



- 1 - синтезатор частот Г7-14;
- 2 – тройник из комплекта В3-63;
- 3 – вольтметр В3-63;
- 4 - аттенюатор (10 дБ+10дБ+Agilent 8494В);
- 5 - переход N – III;
- 6 – измерительный преобразователь (FSH - Z1, FSH – Z14);
- 7 - анализатора спектра FSH3..

Рис. 9

По результатам расчетов определить максимальные значения составляющих погрешности измерений мощности $\delta_{I1} = \delta_{I1max}$ и $\delta_{Ij} = \delta_{Ijmax}$.

Значения δ_{I1max} и δ_{Ijmax} не должны превышать значения погрешности измерений (δ_{uz}), определяемого по формуле:

$$\delta_{uz} = \pm(\sqrt{\delta_{cl}^2 + \delta_1^2} + \gamma\delta_p), \% \quad (10)$$

где δ_{cl} - случайная погрешность;

δ_1 - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

γ - коэффициент, зависящий от соотношения

$$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_1^2}} \quad (11)$$

и определяемый по табл. 9.

Таблица 9

Значение параметра $\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_1^2}}$	0	1	2	4	6	8	10	∞
Значение коэффициента γ	0	0,53	0,70	0,85	0,93	0,97	0,98	1

Расчетное значение погрешности измерений (δ_{uz}) не должно превышать 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по эксплуатационно-технической документации $\pm 6\%$.

Относительную погрешность измерений мощности измерительных преобразователей рассчитать по формуле:

$$\delta_{\text{пр}} = \delta_{i1\text{max}} + \delta_{j1\text{max}} - \delta_{11}, \% \quad (12)$$

где: δ_{11} – значение погрешности на опорном уровне мощности при опорной частоте;

По результатам расчетов определить максимальные значения погрешности измерений мощности $\delta_{\text{пр}} = \delta_{\text{прmax}}$ для преобразователей.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если значения $|\delta_{\text{прmax}}|$ для преобразователей FSH – Z1, FSH – Z18, FSH – Z14, FSH – 44 не превышают 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по эксплуатационно-технической документации $\pm 6\%$.

Опция FSH-K3 (измерительный приемник)

Перед проверкой метрологических и технических характеристик анализатора спектра в режиме измерительного приемника (опция FSH-K3) необходимо выполнить следующие операции:

- нажать клавишу «MEAS»;
- нажать программируемую клавишу «MEASURE»;
- в появившемся меню выбрать установку «RECEIVER»;
- нажать клавишу «ENTER».

После выполнения указанных операций поверяемый анализатор спектра переходит в режим измерительного приемника.

8.3.15 Определение погрешности измерений уровня входного сигнала.

Определение погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала проводить методом постоянного входа при помощи генераторов сигналов высокочастотных Г4-176А, Г4-211 ваттметра поглощаемой мощности МЗ-93.

Собрать схему согласно рис. 10.

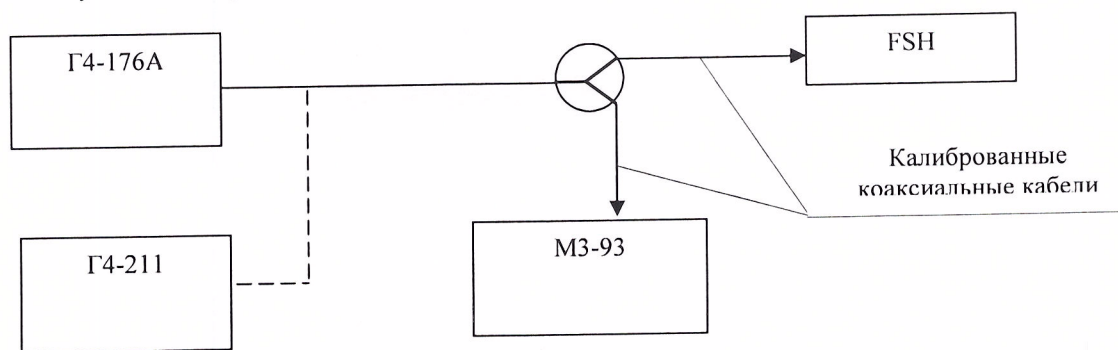


Рис. 10

Установить следующие настройки анализатора спектра:

- «FREQ» - 100 кГц;
- «REF LEVEL» - 90 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» - 200 Гц;
- «DETECTOR» - среднее значение (AV);
- «MEAS TIME» - 10 мс.

Выход генератора Г4-176А посредством тройника и двух калиброванных коаксиальных кабелей подключить ко входу поверяемого анализатора и ко входу ваттметра МЗ-93. Частоту выходного сигнала генератора установить равной 100 кГц, уровень 80 дБ (мкВ). Уровень выходного сигнала контролировать по отсчетному устройству ваттметра (2 мкВт или минус 27 дБ (мВт)).

С помощью анализатора измерить уровень входного сигнала U_R , дБ (мкВ), на частоте 100 кГц. Результаты измерений занести в табл. 9.

Аналогичные измерения выполнить на частотах 0,15 МГц, 0,2 МГц, 0,25 МГц, 0,3 МГц, 0,5 МГц, 1 МГц, 2 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 50 МГц, на частотах от 100 МГц до 950 МГц с дискретностью 50 МГц, 999,99 МГц, 1,01 ГГц, на частотах от 1,1 ГГц, до 3,0 ГГц с дискретностью 0,1 ГГц. На частотах свыше 1,1 ГГц использовать генераторы сигналов высокочастотные Г4-211. На частотах свыше 100 МГц полосу пропускания анализатора спектра установить равной 9 кГц («MANUAL CISPR BW» - 9 кГц). Уровень выходных сигналов генераторов поддерживать постоянным (по показаниям ваттметра 2 мкВт) при помощи соответствующих клавиш регулировки и верньера.

Таблица 10

F, МГц	0,1	0,15	0,2	0,25	...	1000	2000	2500	3000
U_A , дБ (мкВ)									

Погрешность δ_R , дБ, измерений уровня синусоидального сигнала рассчитать по формуле:

$$\delta_R = 80 \text{ дБ (мкВ)} - P_R. \quad (13)$$

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений уровня входного сигнала находится в пределах $\pm 1,5$ дБ в диапазоне рабочих частот.

8.3.16 Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного сигнала

Определение погрешности измерений частоты входного синусоидального сигнала проводить методом сравнения показаний поверяемого анализатора (результатов измерений частоты входного сигнала, представленные в соответствующем меню) с показаниями образцового средства измерений.

Для измерений использовать частотомер электронно-счетный ЧЗ-66.

Установить следующие настройки анализатора спектра:

- «SCAN START» - 90 кГц;
- «SCAN STOP» - 110 кГц;
- «SCAN STEP» - 10 Гц;
- «REF LEVEL» - 90 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» - 200 Гц;
- «DETECTOR» - среднее значение (AV);
- «MEAS TIME» - 10 мс.

С выхода генератора Г4-176А на вход поверяемого анализатора спектра подать сигнал частотой 100 кГц и уровнем 80 дБ(мкВ). Частоту выходного сигнала генератора измерить анализатором спектра f_R и частотомером ЧЗ-66 ($f_{ИЗМ}$).

Погрешность измерений частоты Δ_f , Гц, синусоидального сигнала рассчитать по формуле (14):

$$\Delta_f = f_{ИЗМ} - f_R. \quad (14)$$

Аналогичные измерения провести на частотах выходного сигнала генератора f 250 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 10 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1000 МГц, 2 ГГц, 3 ГГц. В качестве источника сигналов на частотах 2 и 3 ГГц использовать генератор Г4-211. При этом границы полосы обзора (области сканирования по частоте «SCAN START» и «SCAN STOP») установить равными ($f \pm 10$ кГц) на частотах до 100 МГц и ($f \pm 100$ кГц) на частотах свыше 100 МГц.

Для каждого измерения рассчитать погрешность согласно формуле (14).

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений частоты синусоидального сигнала не превышает $(f_{ИЗМ} \times 10^{-6})$.

8.3.17 Определение динамического диапазона по уровню интермодуляционных искажений третьего порядка

Определение динамического диапазона по уровню интермодуляционных искажений третьего порядка, осуществляется при помощи генераторов сигналов высокочастотных Г4-176А и вольтметра ВЗ-63.

Собрать схему согласно рис. 11.

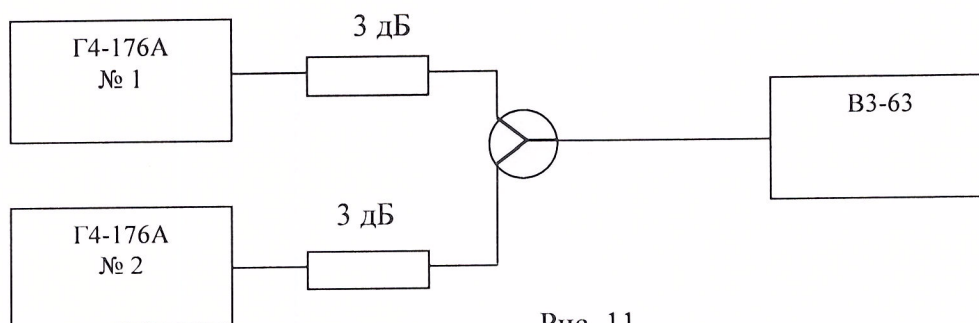


Рис. 11.

Частоту выходного сигнала генератора Г4-176А №1 установить равной 32 МГц, частоту выходного сигнала генератора Г4-176А №2 установить равной 30,0 МГц. Уровни выходных сигналов обоих генераторов установить равными (с учетом ослабления аттенуаторов) минус 17 дБ (мВт) (устанавливать по показаниям вольтметра 2,236 мВ или 67 дБ (мкВ)). Измерение уровня выходных сигналов генераторов осуществлять попеременно. Зафиксировать настройки генераторов.

В измерительную схему вместо вольтметра включить испытываемый анализатор спектра.

На испытываемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

- «FREQ» 31 МГц;
- «REF LEVEL» 80 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» 1 МГц;
- «DETECTOR» среднее значение (AV);
- «MEAS TIME» 10 мс.

Провести измерения уровней сигналов U_1 , дБ (мкВ), генераторов и паразитных гармоник U_{3+} , дБ (мкВ), и U_{3-} , дБ (мкВ), обусловленных интермодуляционными искажениями, на частотах больше на 1 МГц и меньше на 1 МГц частоты настройки анализатора.

Уровень помех D_3 , дБ, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка рассчитать по формулам:

$$D_3 = U_1 - U_{3+}, \text{ и } D_3 = U_1 - U_{3-}. \quad (15)$$

Аналогичные операции осуществить при частотах настройки анализатора спектра «FREQ», равных 450 МГц, 1100 МГц.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если динамический диапазон по уровню интермодуляционных искажений третьего порядка не менее 66 дБ при одинаковом уровне двух входных синусоидальных сигналов минус 20 дБ (мВт) и расстройкой между ними равной 2 МГц.

8.3.18 Определение минимального значения и динамического диапазона измерений уровня входного синусоидального сигнала

Выход генератора Г4-176А через делители напряжений подключить к входу вольтметра ВЗ-59, как показано на рис. 11. Ослабление делителей выставить равным 0 дБ. Частоту вы-

ходного сигнала генератора установить равной 100 кГц. При помощи соответствующих ручек управления генератора регулировать уровень его выходного сигнала и добиться показаний вольтметра 56,23 мВ (минус 12 дБ(мВт), 63,246 мкВт, 95 дБ (мкВ)).

В измерительную схему, представленную на рис. 10, вместо вольтметра включить поверяемый анализатор спектра с аттенуатором 30 дБ на входе.

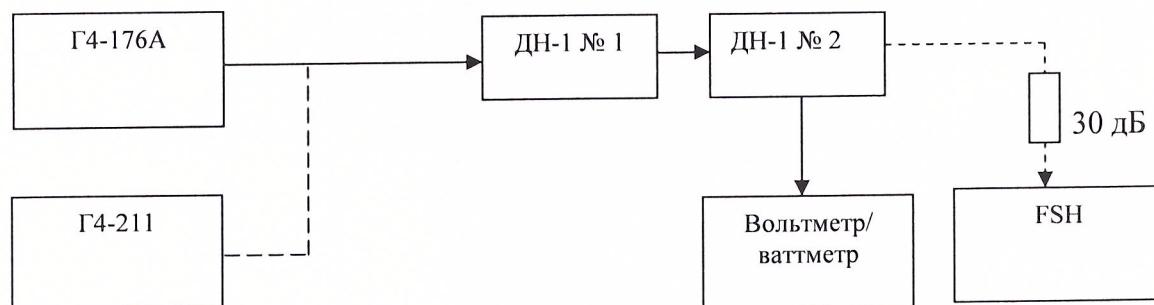


Рис. 11

На поверяемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

- «FREQ» - 100 кГц;
- «REF LEVEL» - 30 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» - 200 Гц;
- «DETECTOR» - средне значение (AV);
- «MEAS TIME» - 10 мс.

Суммарное ослабление делителей напряжения ДН-1 $L_{дн}$, дБ, установить равным 60 дБ. Измерить уровень входного сигнала U_{Rmin} , дБ (мкВ).

Аналогичные измерения провести на частотах 1,0; 50; 100; 500 МГц; 1,0; 2,0; 3,0.

Выход генератора Г4-176А подключить к входу вольтметра ВЗ-59. Частоту выходного сигнала генератора установить равной 100 кГц. При помощи соответствующих ручек управления генератора регулировать уровень его выходного сигнала и добиться показаний вольтметра 1,778 В (18 дБ(мВт), 63,246 мВт, 125 дБ (мкВ)).

На поверяемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

- «FREQ» 100 кГц;
- «REF LEVEL» - 130 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» - 200 Гц;
- «DETECTOR» - средне значение (AV);
- «MEAS TIME» - 10 мс.

Измерить уровень входного сигнала U_{Rmax} , дБ (мкВ).

Динамический диапазон измерений уровня рассчитать по формуле:

$$D_R = U_{Rmax} - U_{Rmin}. \quad (15)$$

На частотах 1,0; 50 МГц использовать вольтметр ВЗ-59, на частотах свыше 50 МГц использовать ваттметр МЗ-90.

На частотах свыше 1 ГГц учет частотной неравномерности коэффициента ослабления аттенуатора, установленного на входе поверяемого комплекса, осуществлять по формуле:

$$P^*_R = P_R + \Delta L, \quad (16)$$

где ΔL – неравномерность коэффициента ослабления аттенуатора, дБ.

Результаты проверки считать удовлетворительными, если минимальное значение уровня измеряемого сигнала составит не более 5 дБ (мкВ), динамический диапазон измерений уровня входного синусоидального сигнала не менее 120 дБ.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки оформляется Свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик, которое выдаётся владельцу анализатора.

9.2 При отрицательных результатах поверки анализатор бракуется и отправляется в ремонт, на анализатор выдаётся извещение о непригодности к применению с указанием причин.

Начальник отдела ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ



В. Л. Воронов

Научный сотрудник ГЦИ СИ
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



А.С. Бондаренко