УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИФТРИ»

М.В. Балаханов

«__9__» _____ 2009 г

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ

С.И. Донченко

«__9__» _____ 2009 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Анализаторы спектра R&S FSH4/8
фирмы «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи,
2009 г.

1 Введение

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра R&S FSH4/8 (далее по тексту – анализаторы) и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал - один год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		ввозе импорта (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	8.3	да	да
3.1 Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты	8.3.1	да	да
3.2 Определение номинальных значений полос пропускания и погрешности установки номинальных значений полос пропускания	8.3.2	да	да
3.3 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка	8.3.3	да	да
3.4 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка	8.3.4	да	да
3.5 Определение среднего уровня собственных шумов	8.3.5	да	да
3.6 Определение погрешности измерений уровня синусоидальных сигналов	8.3.6	да	да
3.7 Определение КСВН измерительного входа	8.3.7	да	да
3.8 Определение диапазона частот следящего генератора	8.3.8	да	да
3.9 Определение выходного уровня следящего генератора	8.3.8	да	да
для анализаторов с опциями FSH-Z1, FSH-Z14, FSH-Z18, FSH-Z44			
3.10 Определение диапазона рабочих частот	8.3.9	да	да
3.11 Определение диапазона измеряемых мощностей	8.3.10	да	да
3.12 Определение КСВН входа преобразователей измерительных	8.3.11	да	да
3.13 Определение относительной погрешности измерений мощности	8.3.12	да	да
для анализаторов с опцией FSH-K42			
3.14 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения $\|S_{11}\|$, $\|S_{22}\|$, для диапазона модуля коэффициента отражения $\|S_{11}\|$, $\|S_{22}\|$	8.3.13	да	да
3.15 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи $\|S_{21}\|$, $\|S_{12}\|$, для диапазона модуля коэффициента передачи $\|S_{21}\|$, $\|S_{12}\|$	8.3.14	да	да

3 Средства поверки

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

Таблица 2

Наименование и условное обозначение эталонные СИ	Основные технические характеристики эталонных СИ
1	2
Генератор сигнала низкочастотный Г3-122	диапазон частот 10^{-9}÷2 МГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты ± $5 \cdot 10^{-7}$
Генератор сигнала высокочастотный Г4-139	диапазон частот 0,5÷512 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты ± $5 \cdot 10^{-7} \cdot f$, где f - установленная частота
Генератор сигналов высокочастотный Г4-76А	диапазон частот 0,4÷1,2 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты ± 10^{-2}
Генератор сигналов высокочастотный Г4-193	диапазон частот 1÷4 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты ± (10^{-2}f +10МГц)
Генератор сигналов высокочастотный Г4-81	диапазон частот 4,0÷5,6 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты ± 0,5 %.
Генератор сигналов высокочастотный Г4-111	диапазон частот 6,0÷17,85 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты ± 1 %.
Ваттметр поглощаемой мощности М3-51	диапазон частот 0,02÷17,85 ГГц, диапазон измерений мощности 1 мкВт÷10 мВт
Частотомер электронно-счетный Ч3-66	диапазон измеряемых частот 10 Гц÷37,5 ГГц; уровень входных сигналов от 0,02 до 10 мВт; пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты встроенного кварцевого генератора ± $5 \cdot 10^{-7}$ за 1 год
Вольтметр переменного тока В3-63	диапазон измерения напряжения 0,01÷100 В, пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения ± (0,4÷2,5) %
Микровольтметр В3-59	диапазон частот 10÷100 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений напряжения (0,4 ÷ 1,5) %
Измеритель коэффициентов передачи Р4-11	диапазон частот 1 МГц÷1,25 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений КСВН ± (3 $К_{ст}$) %, где $К_{ст}$ – измеренный КСВН
Измеритель КСВН панорамный Р2-83	диапазон 0,1÷18 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КСВН ± (3 $К_{ст}$ - 1) %
Набор мер КСВН и полного сопротивления 1 разряда ЭК9-140	диапазон частот 0,02 – 4 ГГц, пределы допускаемой погрешности поверки по КСВН ± 1 %
Набор мер полного и волнового сопротивления 1 разряда ЭК9-145	диапазон частот 4 – 18 ГГц, пределы допускаемой погрешности поверки по КСВН ± 1 %

Наименование и условное обозначение эталонные СИ	Основные технические характеристики эталонных СИ
1	2
Синтезатор частот Г7-14	диапазон частот 0,02 – 18,0 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты $\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Генератор сигналов ГСТ-2	диапазон частот 150 – 300 МГц, мощность выходного сигнала до 100 Вт
Генератор измерительный Г4-59	диапазон частот 300 – 700 МГц; мощность выходного сигнала не менее 50 Вт
Генератор измерительный Г4-60	диапазон частот 700 – 1000 МГц; мощность выходного сигнала не менее 50 Вт
Ваттметр проходной образцовый ВПО-1	диапазон частот 0,15 – 1 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений ± 1,5 %
Ваттметр проходной образцовый ВПО-2	диапазон частот 1 – 3 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений ± 1,5 %
Ваттметр проходной образцовый ВПО-3	диапазон частот 3 – 5,5 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений ± 1,5 %
Ваттметр проходной образцовый ВПО-4	диапазон частот 5,5 – 10 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений ± 1,5 %
Ваттметр поглощаемой мощности МК3-69	диапазон частот 0,001 – 3 ГГц, диапазон измеряемых мощностей 10 – 6000 Вт; пределы допускаемой погрешности измерений $\pm\left[5+0{,}1\times\left(\frac{Pk}{Px}-1\right)\right]$ %, в диапазоне 10 – 100 Вт
Ступенчатый аттенюатор Agilent 8496H	диапазон частот до 18 ГГц, ослабление от 0 до 110 дБ
Установка для измерений ослабления и фазового сдвига образцовая ДК1-16	диапазон рабочих частот от 0,01 до 18 ГГц, диапазон измеряемых ослаблений от 0 до 140 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления ± 0,25 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 утверждённого 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 ± 0,5.

7 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

- проверить готовность анализатора в целом согласно технической документации фирмы-изготовителя;
- выполнить пробное (10 - 15 мин.) включение анализатора.

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 гнёзд, наличие и целостность предохранителей, печатей и пломб.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются выше перечисленные требования.

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

8.3.1 Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты.

Собрать схему, изображенную на рисунке 1.

Рисунок 1

С генератора сигналов последовательно подать на анализатор сигнал с частотами: 9, 50, 100, 500 кГц; 1, 10, 500 МГц; 1-8 (с шагом 0,5) ГГц. Выходную мощность генератора установить 0 дБмВт.

Провести отсчёт показаний измеренной частоты частотомером.

Для проверки абсолютной погрешности измерений частоты анализатором необходимо выполнить следующие действия:

- установить на анализаторе следующие настройки:
  - FREQ: 1 GHz
  - SPAN: 100 kHz
  - BW: MANUAL RBW: 10 kHz
  - MARKER: Marker function: Frequency count
- подать на вход анализатора сигнал частотой 1 ГГц и уровнем минус 30 дБм;
- зафиксировать показания измеренной частоты ($f_{изм}$) на анализаторе;
- зафиксировать показания измеренной частоты (f_R) на частотомере.

Абсолютная погрешность измерений частоты (Δ_f) вычислить по формуле (1):

$$\Delta_f = f_{ИЗМ} - f_R, \qquad (1)$$

где $f_{ИЗМ}$ – значение частоты, измеренное анализатором;

f_R –значение частоты, измеренное частотомером.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если диапазон частот анализатора соответствует:

для R&S FSH4 со встроенным мостом КСВН - от $1 \cdot 10^5$ до $3{,}6 \cdot 10^9$ Гц;

для остальных моделей R&S FSH4 - от $9 \cdot 10^3$ до $3{,}6 \cdot 10^9$ Гц;

для R&S FSH8 со встроенным мостом КСВН - от $1 \cdot 10^5$ до $8 \cdot 10^9$ Гц;

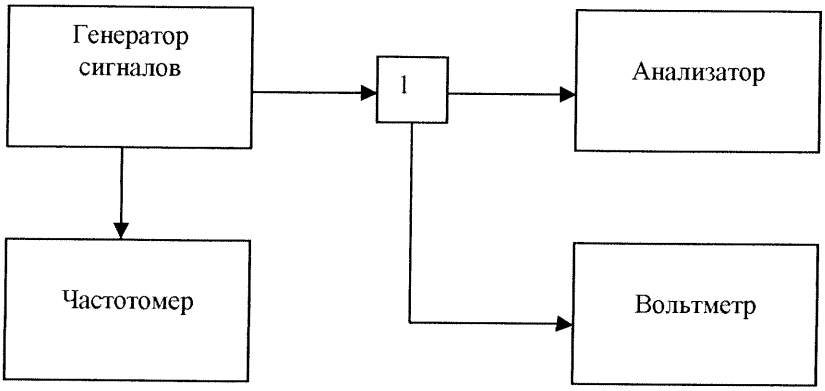
для остальных моделей R&S FSH8 - от $9 \cdot 10^3$ до $8 \cdot 10^9$ Гц;

а значения абсолютной погрешности измерений частоты (Δ_f) для всех моделей находятся в пределах ±2 Гц.

8.3.2 Определение номинальных значений полос пропускания и погрешности установки номинальных значений полос пропускания.

Проверка полос пропускания проводится при помощи средств измерений, воспроизводящих гармонический сигнал с перестраиваемой частотой, методом «постоянного входа».

При измерении с использованием метода «постоянного входа» отметить показания анализатора спектра при постоянном уровне гармонического сигнала на его входе и изменении частоты, используя отсчетные устройства анализатора спектра (рисунок 2).



1 - тройник из комплекта вольтметра

Рисунок 2

В режиме автоматической развертки полосу обзора выбрать такой режим, чтобы в измеряемой полосе пропускания на заданном уровне укладывалось не менее трех масштабных отметок частотной шкалы. Уровень отклика выбрать равным максимальному значению шкалы отсчетного устройства анализатора спектра при нулевом положении отсчетных атенюаторов. Уменьшая и увеличивая частоту сигнала относительно резонансной частоты установить амплитуды откликов на уровень ослабления 3 дБ и зафиксировать показания частотомера (f_1 и f_2).

Изменением частоты генератора максимум отклика совместить с масштабной отметкой в центре экрана. Уменьшая и увеличивая частоту генератора фиксировать частоты (f_1 и f_2), при которых амплитуда отклика, размещенного в центре экрана, будет ослаблена до уровня минус 3 дБ (рисунок 3).

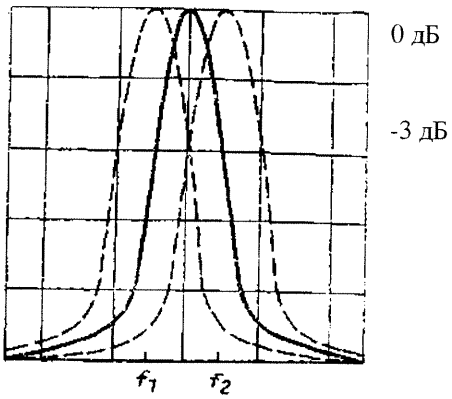


Рисунок 3

Для исключения динамических искажений отклика сигнала скорость развертки следует уменьшать до тех пор, пока амплитуда отклика перестанет увеличиваться.

Полосы пропускания в Гц вычислить по формуле:

$$П_{3\ оБ} = f_1 - f_2.$$

Погрешность номинальных значений полос пропускания в процентах вычислить по формуле (2):

$$\delta П_{3оБ} = \frac{П_{3оБ} - П_{П}}{П_{П}} \cdot 100\ \%, \qquad (2)$$

где $П_{П}$ – номинальное значение полосы пропускания.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения полос пропускания на уровне минус 3 дБ составляют от 100 Гц до 3 МГц (дискретно с шагом 1, 3), а погрешностьустановки номинальных значений полос пропускания находится в пределах ± 5 % на частотах до 300 кГц и ± 10 % на частотах более 300 кГц.

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 100 Гц при отсутствии сигнала на входе анализатора спектра при подключении на вход анализатора спектра согласованной нагрузки Э9-159.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов анализатора спектра не превысит значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Диапазон частот	Значения среднего уровня собственных шумов, дБм, не более
preamplifier = OFF	
от 100 кГц до 1 МГц	минус 115
от 1 МГц до 10 МГц	минус 136
от 10 МГц до 2 ГГц	минус 141
от 2 до 3,6 ГГц	минус 138
от 3,6 до 5 ГГц	минус 142
от 5 до 6,5 ГГц	минус 140
от 6,5 до 8 ГГц	минус 136
preamplifier = ON	
от 100 кГц до 1 МГц	минус 133
от 1 до 10 МГц	минус 157
от 10 МГц до 1 ГГц	минус 161
от 1 до 2 ГГц	минус 159
от 2 до 5 ГГц	минус 155
от 5 до 6,5 ГГц	минус 151
от 6,5 до 8 ГГц	минус 147

8.3.4 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка

Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка определить путем подачи на вход анализатора спектра двух гармонических сигналов с частотами f_1 и f_2 и измерения анализатором спектра относительного уровня помех, возникших на частотах $2f_1$-f_2 и $2f_2$-f_1 (рисунок 5).

Установить уровни входных сигналов A_0 минус 20 дБм. Расстройка между частотами f_1 и f_2 сигналов должна соответствовать указанной в технической документации на анализатор спектра, а полоса пропускания анализатора спектра устанавливается такой, при которой уровень собственных шумов на 10-15 дБ меньше нормированного уровня помех.

Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями вычислить в децибелах по формуле:

$$D = B \cdot lg\ (A_1/A_2), \qquad (3)$$

где: B - коэффициент, равный 20 при измерении напряжения и 10 при измерении мощности;

A_1 и A_2 - показания отсчетного устройства анализатора спектра, соответственно при измерении сигнала A_0 и отклика от максимальной из помех, возникших на частотах $2f_2$-f_1 и $2f_1$-f_2, в децибелах.

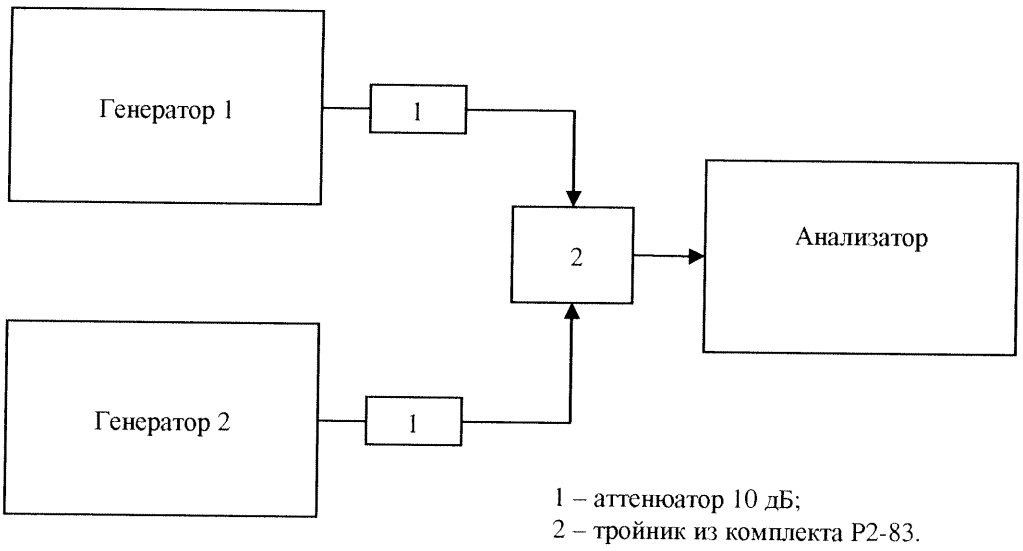


Рисунок 5

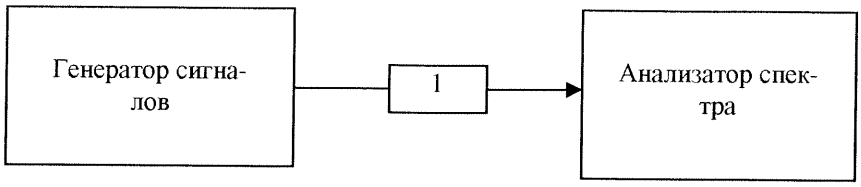
Результаты поверки считаются удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка не превысит значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Диапазон частот	Уровень помех, дБс, не более
до 300 МГц	минус 54
от 300 МГц до 3,6 ГГц	минус 60
от 3,6 ГГц до 8 ГГц	минус 46

8.3.5 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка

Относительный уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка определить путем подачи на вход анализатора спектра гармонического сигнала с частотой f_1 и измерением по отсчетному устройству анализатора спектра уровня сигнала на частоте $2f_1$ (рисунок 6).



1 – аттенюатор 10 дБ

Рисунок 6

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка не превысит значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Диапазон частот	Уровень помех, дБм, не более
от 20 МГц до 1,5 ГГц	40
от 1,5 ГГц до 3 ГГц	30
от 3 ГГц до 4 ГГц	20

8.3.6 Определение погрешности измерений уровня синусоидального сигнала.

Погрешность измерений уровня гармонического сигнала на фиксированной частоте определить путем подачи на вход анализатора спектра сигнала с генератора сигналов. Уровень сигнала на выходе генератора контролируется ваттметром М3-93. Измерения проводить на следующих частотных точках: 9, 50, 100, 500 кГц; 1, 10, 500 МГц; 1-8 (с шагом 0,5) ГГц. Выходной уровень с выхода генератора последовательно на каждой частотной точке устанавливается на следующие значения: минус 10 дБм; 0 дБм; 3 дБм.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значения погрешности измерений уровня входных синусоидальных сигналов не превышают указанных в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон частот	Значения абсолютной погрешности измерения уровня, дБ, не более
от 10 МГц до 3,6 ГГц	1,0
от 3,6 до 8 ГГц	1,5

8.3.7 Определение КСВН высокочастотного входа.

Собрать схему, изображенную на рисунке 7.

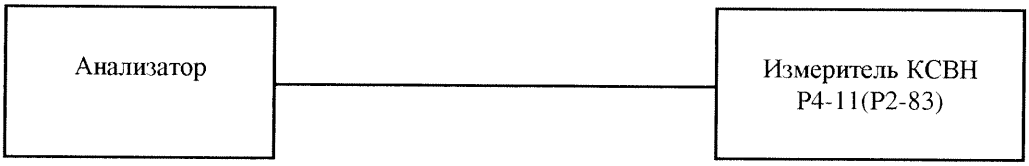


Рисунок 7

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 считаются удовлетворительными, если значения КСВН в рабочем диапазоне частот не превышают указанных в таблице 7.

Таблица 7

Диапазон частот	КСВН входа, не более
от 100 кГц до 1 ГГц	1,5
от 1 до 6 ГГц	2
от 6 до 8 ГГц	3

8.3.8 Проверка диапазона частот и уровня выходного сигнала следящего генератора

Диапазон частот следящего генератора проверяется путем измерения выходного сигнала следящего генератора с помощью частотомера, а уровень сигнала на выходе следящего генератора контролируется ваттметром.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если диапазон частот следящего генератора находится в пределах:

для R&S FSH4 - от $1 \cdot 10^5$ до $3{,}6 \cdot 10^9$ Гц;

для R&S FSH8 - от $1 \cdot 10^5$ до $8 \cdot 10^9$ Гц;

а уровень выходного сигнала изменяется с шагом 1 дБ от минус 40 дБм до 0 дБм.

Проведение дополнительных действий по поверке анализаторов с опциями FSH-Z1, FSH-Z14, FSH-Z18, FSH-Z44

8.3.9 Определение диапазона рабочих частот

Определение диапазона частот измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18, FSH-Z14, FSH-Z44 проводить при измерениях КСВН преобразователей и погрешности измерения мощности в диапазоне частот.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения погрешности измерений мощности и значения КСВН преобразователей в диапазоне рабочих частот соответствует требованиям п. 8.3.11 и п. 8.3.12.

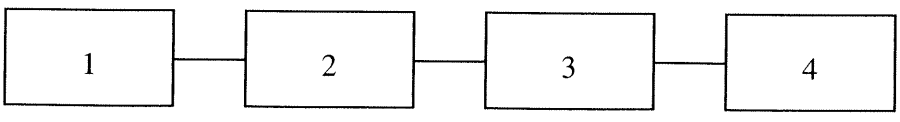
8.3.10 Определение диапазона измеряемых мощностей

Определение диапазона измеряемых мощностей измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18, FSH-Z14, FSH-Z44 проводить при измерениях погрешности измерения мощности в диапазоне измеряемых мощностей.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения погрешности измерений мощности в диапазоне измеряемых мощностей соответствует требованиям п. 8.3.12.

8.3.11 Определение КСВН измерительных преобразователей

Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме, представленной на рисунке 8.



1 – анализатора;

2 – измерительный преобразователь (FSH-Z1, FSH-Z18).

3 – переход N – III.

4 – измеритель КСВН (Р4-11, Р2-83).

Рисунок 8

$$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}} \qquad (10)$$

и определяемый по таблице 13.

Таблица 13

Значение параметра $\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}}$	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 ($\delta_{из}$) не должно превышать 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по эксплуатационно-технической документации.

Относительную погрешность измерений мощности измерительных преобразователей рассчитать по формуле:

$$\delta_{npi} = \delta_{i1max} + \delta_{1jmax} - \delta_{11}, \%, \qquad (11)$$

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

По результатам расчетов определить максимальные значения погрешности измерений мощности $\delta_{npi} = \delta_{npimax}$. для преобразователей.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительной погрешности измерений мощности не превышают значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14

Измерительные преобразователи и диапазоны частот	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности
FSH-Z1, FSH-Z18	
от 10 МГц до 8 ГГц	2,3
FSH–Z14	
от 25 до 40 МГц	4,0
от 40 МГц до 1 ГГц	3,2
FSH–Z44	
от 200 до 300 МГц	4,0
от 300 МГц до 4 ГГц	3,2

Проведение дополнительных операций по поверке анализаторов с опцией FSH-K42

8.3.13 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения $|S_{11}|$, $|S_{22}|$, для диапазона модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$, $|S_{22}|$

8.3.13.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора.

8.3.13.2 Установить анализатор в режим измерений S_{11}.

8.3.13.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с ТД.

8.3.13.4 Для анализатора FSH-4 провести измерения модуля и фазы коэффициента отражения нагрузок из комплекта ЭК9-140 для первого измерительного порта на следующих частотных точках: 20; 100; 500 МГц; 1; 2; 3; 3,6 ГГц.

Для анализатора FSH-8 провести измерения модуля и фазы коэффициента отражения нагрузок из комплекта ЭК9-140 в диапазоне частот от 20 МГц до 4 ГГц и нагрузок из комплекта ЭК9-145 в диапазоне частот от 4 до 8 ГГц для первого измерительного порта на следующих частотных точках: 20; 100; 500 МГц; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 ГГц

8.3.13.5 Повторить перечисленные выше операции для второго измерительного порта, предварительно установив режим измерений S_{22}.

8.3.13.6 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента отражения, как разность измеренного и действительного значений.

8.3.13.7 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения для диапазона модуля коэффициента отражения находятся в пределах, дБ:

- от 0 до минус 15 дБ.....± 0,5;
- от минус 15 до минус 25 дБ.....± 1,2;
- от минус 25 до минус 30 дБ .....± 2,5

и значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения для диапазона модуля коэффициента отражения находятся в пределах:

- от 0 до минус 15 дБ .....± 3;
- от минус 15 до минус 25 дБ.....± 6;
- от минус 25 до минус 30 дБ .....± 20.

8.3.14 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи $|S_{12}|$, $|S_{21}|$, для диапазона модуля коэффициента передачи $|S_{12}|$, $|S_{21}|$

8.3.14.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора.

8.3.14.2 Установить анализатор в режим измерений S_{12}.

8.3.14.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с ТД.

8.3.14.4 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов; из комплекта ДК1-16) на установке ДК1-16 (для номинальных значений модуля коэффициента передачи минус 10, минус 20, минус 50) на следующих частотах: 300 кГц; 1; 10; 100; 500 МГц; 1; 2; 3; 3,6; 4; 5; 6; 7; 8 ГГц.

8.3.14.5 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов) из комплекта ДК1-16 на анализаторе:

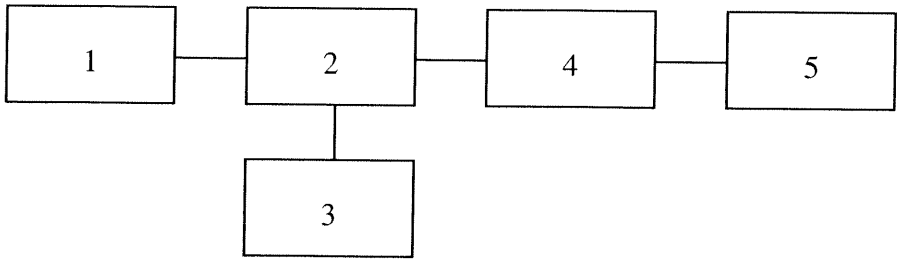
- для анализатора FSH-4 в частотном диапазоне от 300 кГц до 3,6 ГГц;
- для анализатора FSH-8 в частотном диапазоне от 300 кГц до 8 ГГц;

8.3.14.6 Повторить перечисленные выше операции на анализаторе, предварительно установив режим измерений S_{21}.

8.3.14.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента передачи, как разность измеренного и действительного значения.

8.3.14.8 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи находятся в пределах ± 0,3 дБ и значения погрешности измерений фазы коэффициента передачи находятся в пределах ± 3 °.

Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH-Z14, FSH-Z44 проводить по схеме, представленной на рисунке 8.



1 – согласованная нагрузка Э9-159 из комплекта ЭК9-140.
2 – измерительный преобразователь (FSH-Z14, FSH-Z44).
3 – анализатора.
4 – переход N – III.
5 – измеритель КСВН (Р4-11, Р2-83).

Рисунок 8

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

Провести измерения в соответствии с ТО и ИЭ на измеритель КСВН (Р4-11, Р2-83). Повторить измерения 3 раза пересоединяя измерительный преобразователь по часовой стрелке на 90°.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения КСВН входа измерительных преобразователей не превышают значений, указанных в таблице 8.

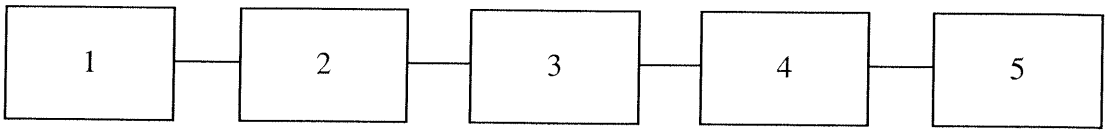
Таблица 8

Диапазон частот	Максимально допустимый КСВН
FSH-Z1	
от 10 МГц до 30 МГц от 30 МГц до 2,4 ГГЦ от 2,4 ГГц до 8 ГГц	1,15 1,13 1,20
FSH-Z18	
от 10 МГц до 30 МГц от 30 МГц до 2,4 ГГЦ от 2,4 ГГц до 8 ГГц	1,15 1,13 1,20
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

8.3.12 Определение относительной погрешности измерений мощности

8.3.12.1 Определение относительной погрешности измерений мощности

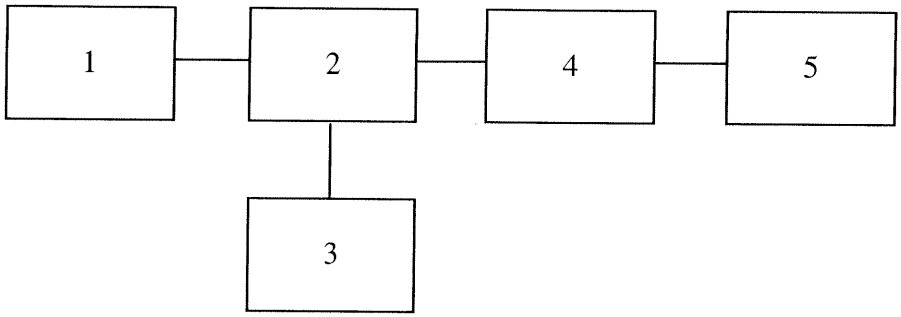
Определение относительной погрешности измерения мощности измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме, представленной на рисунке 9



1 - синтезатор частот Г7-14 (генератор сигналов высокочастотный Г4-60).
2 - образцовый ваттметр.
3 - переход N – III.
4 - измерительный преобразователь (FSH-Z1, FSH-Z18).
5 - анализатора спектра.

Рисунок 9

измерительных преобразователей FSH-Z14, FSH-Z44 по схеме, представленной на рисунке 10



1 – генератор сигналов.
2 – измерительный преобразователь (FSH-Z1, FSH-Z18).
3 – анализатор спектра.
4 – переход N – III.
5 – ваттметр поглощаемой мощности.

Рисунок 10

в следующей последовательности:

установить частоту $f_в$ равную верхнему значению диапазона частот измерительного преобразователя и мощность генератора СВЧ $P_{оп}$ указанную в таблице 9

Таблица 9

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

установить нулевые показания блока индикации измерительного преобразователя и рабочего эталона (ваттметра);

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

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

Повторить определение отношения $P_п/P_о$ несколько раз (не менее четырех) и рассчитать среднее арифметическое значение $(P_п/P_о)_{ср}$.

Рассчитать составляющую случайной погрешность $\delta_{сл}$ по формуле (4):

$$\delta_{сл} = \frac{(P_n / P_o)_{макс} - (P_n / P_o)_{мин}}{(P_n / P_o)_{ср}} * \mu_n , \quad (4)$$

где μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n и определяемый по таблице 10.

Таблица 10

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, определяемой по эксплуатационно-технической документации.

8.3.12.2 Определение составляющей погрешности измерений мощности δ_{i1}, зависящей от мощности и составляющей погрешности измерений мощности δ_{ij}, зависящей от частоты

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 *Pi* указанных в таблице 11 по формуле (5):

$$\delta_{i1} = [(P_n / P_o)_{cpi} - 1] \cdot 100 \ \%, \quad (5)$$

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

Таблица 11

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 (6):

$$\delta_p = 2 \cdot |\Gamma_o| \cdot |\Gamma_n| \cdot 100, \ \%, \quad (6)$$

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

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

$$|\Gamma_n| = \frac{K - 1}{K + 1}, \quad (7)$$

где K – КСВН выхода испытуемых преобразователей.

Определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{ij}, зависящую от частоты, на опорном значении мощности генератора P_{on} = 10 мВт для измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18, и P_{on} = 10 Вт для измерительных преобразователей FSH-Z14, FSH-Z44 и частотах f_i указанных в таблице 12 по формуле (8):

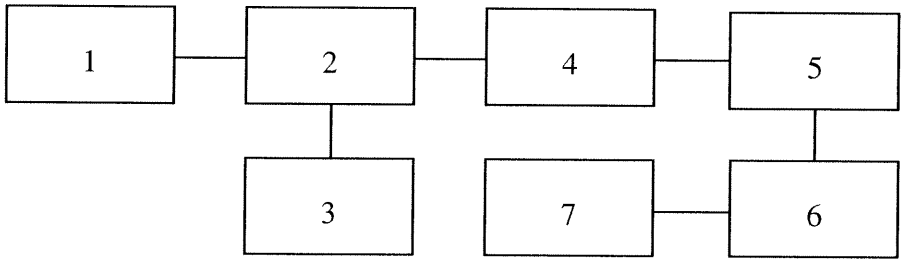
$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{cpi} - 1] \times 100\ ,\ \%, \qquad (8)$$

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

Таблица 12

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
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 рисунка 11. Измерить значение сопротивления постоянному току испытуемого измерительного преобразователя прибором В7-39 согласно его руководству по эксплуатации. Установить по вольтметру В3-63 напряжение на выходе синтезатора частот, соответствующее уровню мощности 10 мВт, на измеренном сопротивлении нагрузки определить составляющую погрешности измерений мощности δ_{1j}.



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

Рисунок 11

По результатам расчетов определить максимальные значения составляющих погрешности измерений мощности $\delta_{1i} = \delta_{1imax}$ и $\delta_{1j} = \delta_{1jmax}$.

Значения δ_{1imax} и δ_{1jmax} не должны превышать значения погрешности измерений ($\delta_{из}$), определяемого по формуле (9):

$$\delta_{из} = \pm(\sqrt{\delta_{сл}^2 + \delta_1^2} + \gamma\delta_p)\ ,\ \%, \qquad (9)$$

где $\delta_{сл}$ - случайная погрешность;

δ_1 - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

γ- коэффициент, зависящий от соотношения (10)

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 — О.В. Каминский

Научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ — А.А. Калинин

Начальник НО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ» — В.З. Маневич

Начальник ИЛ СИ ВН «НавТест» — А.В. Ефимов