

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИФТРИ»



М.В. Балаханов

« 5 » _____ 2009 г.

1881
УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГИИИ МО РФ



С.И. Донченко

« 9 » _____ 2009 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Анализаторы спектра R&S FSH18
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 FSH18 (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 относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора	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	8.3.4	да	да
3.4 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка	8.3.5	да	да
3.5 Определение среднего уровня собственных шумов	8.3.3	да	да
3.6 Определение погрешности измерений уровня синусоидальных сигналов	8.3.6	да	да
3.7 Определение КСВН входа	8.3.7		
Для анализаторов с опциями FSH-Z1, FSH-Z14, FSH-Z18, FSH-Z44			
3.8 Определение диапазона рабочих частот	8.3.8	да	да
3.9 Определение диапазона измерений мощности	8.3.9	да	да
3.10 Определение КСВН измерительных преобразователей	8.3.10	да	да
3.10 Определение относительной погрешности измерений мощности	8.3.11	да	да
Для анализаторов с опцией FSH-K3			
3.11 Определение диапазона рабочих частот	8.3.12	да	да
3.12 Определение погрешности измерений уровня синусоидальных сигналов в режиме измерительного приемника	8.3.13	да	да
3.13 Определение погрешности измерений частоты входных синусоидальных сигналов в режиме измерительного приемника	8.3.14	да	да
3.14 Определение ширины полос пропускания по уровню минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ фильтра	8.3.15	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 высокочастотный Г4-139	диапазон частот 0,5÷512 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Генератор сигналов высокочастотный Г4-76А	диапазон частот 0,4÷1,2 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты $\pm 1 \cdot 10^{-2}$
Генератор сигналов высокочастотный Г4-80	диапазон частот 1,16÷1,78 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты $\pm 0,5\%$.
Генератор сигналов высокочастотный Г4-81	диапазон частот 1,78÷2,56 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты $\pm 0,5\%$.
Генератор сигналов высокочастотный Г4-82	диапазон частот 2,56÷4,0 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-3}$
Генератор сигналов высокочастотный Г4-83	диапазон частот 4,0÷5,6 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты $\pm 0,5\%$.
Генератор сигналов высокочастотный Г4-111	диапазон частот 6,0÷17,85 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты $\pm 1\%$.
Генератор сигналов высокочастотный Г4-193	диапазон частот 17,44 ÷ 25,95 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты $\pm 1 \cdot 10^{-4}$
Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-51	диапазон частот 0,02÷17,85 ГГц, пределы измерений мощности 1 мкВт÷10 мВт
Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-91	диапазон частот 17,44 ÷ 25,95 ГГц, диапазон измерения мощности от 1 мкВт до 10 мВт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm \{6+0,1(P_k/P_x-1)\}$, где P_k – пределы измерения мощности, P_x – измеренная мощность
Частотомер электронно-счетный ЧЗ-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 $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ за 1 год
Вольтметр переменного тока ВЗ-63	диапазон измерения напряжения 0,01÷100 В, пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения $\pm (0,4 \div 2,5)\%$
Микровольтметр ВЗ-59	диапазон частот 10÷100 МГц, пределы допускаемой погрешности измерения напряжения $\pm (0,4 \div 1,5)\%$
Измеритель коэффициентов передачи Р4-11	диапазон частот 1 МГц÷1,25 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений КСВН $\pm (3 K_{ст})\%$, где $K_{ст}$ – измеренный КСВН

Наименование и условное обозначение эталонные СИ	Основные технические характеристики эталонных СИ
1	2
Измеритель КСВН панорамный Р2-83	диапазон 0,1÷18 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КСВН $\pm(3K_{\text{ст}}+1)$
Набор мер КСВН и полного сопротивления 1 разряда ЭК9-140	диапазон частот от 0,02 до 4 ГГц, пределы допускаемой погрешности поверки по КСВН $\pm 1 \%$
Набор мер полного и волнового сопротивления 1 разряда ЭК9-145	диапазон частот 4 – 18 ГГц, пределы допускаемой погрешности поверки по КСВН $\pm 1 \%$
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 $\pm 1,5 \%$
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 $\pm 1,5 \%$
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 $\pm 1,5 \%$
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 измерения $\pm 1,5 \%$
Ваттметр образцовый проходной падающей мощности М1-8Б	диапазон рабочих частот 8,24 – 12 ГГц, диапазон измерений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 1,2 \%$
Ваттметр образцовый проходной падающей мощности М1-9Б	диапазон частот 12,05 – 16,7 ГГц, диапазон измерений от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ Вт, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 1,2 \%$
Ваттметр поглощаемой мощности МК3-69	диапазон частот 0,001 – 3 ГГц, диапазон измеряемых мощностей 10 – 6000 Вт; пределы допускаемой погрешности измерений $\pm \left[5 + 0,1 \times \left(\frac{P_k}{P_x} - 1 \right) \right] \%$ в диапазоне 10 – 100 Вт
Делитель напряжения ДН-1	диапазон рабочих частот 0 – 7 ГГц, коэффициент ослабления от 0 до 41 дБ, дискретность перестройки 1 дБ, пределы допускаемой погрешности установки ослабления $\pm 0,2$ дБ

Наименование и условное обозначение эталонные СИ	Основные технические характеристики эталонных СИ
1	2
Ступенчатый аттенуатор Agilent 8496H	диапазон частот до 18 ГГц, ослабление от 0 до 110 дБ

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 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 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
 - относительная влажность воздуха $(65 \pm 15) \%$;
 - 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

7.1 При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

- проверяют 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 гнезд, 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 относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора

Собрать схему, изображенную на рисунке 1.



Рисунок 1

С генератора сигналов последовательно подать на анализатор сигнал с частотами: 10, 500 МГц; 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18 ГГц. Выходную мощность генератора установить 0 дБмВт.

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».

Погрешность измерений частоты (Δ_f) вычислить по формуле (1):

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

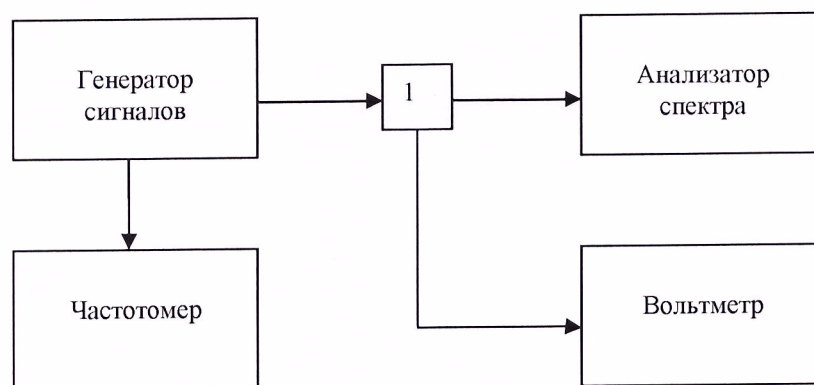
где $f_{ИЗМ}$ – значение частоты, измеренное анализатором;
 f_R – значение частоты, измеренное частотомером.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если диапазон частот анализатора от 0,01 до 18 ГГц, а значения допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора для всех моделей находятся в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

8.3.2 Определение номинальных значений полос пропускания и погрешности 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 аттенюаторов. 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).

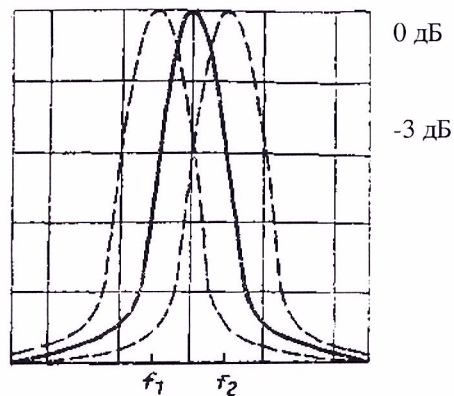


Рисунок 3

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:

$$П_{3 \text{ дБ}} = f_1 - f_2.$$

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

$$\delta П_{3 \text{ дБ}} = \frac{П_{3 \text{ дБ}} - П_{\text{н}}}{П_{\text{н}}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $П_{\text{н}}$ – номинальное значение полосы пропускания.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения полос пропускания на уровне минус 3 дБ составляют 100 Гц, 300 Гц, 1, 3, 10, 30, 100, 200, 300 кГц и 1 МГц, а погрешность номинальных значений полос пропускания находится в пределах $\pm 5 \%$ на частотах до 300 кГц и $\pm 10 \%$ на частоте 1 МГц.

Проверка номинальных значений полос пропускания входных фильтров на уровне минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ фильтров (опция FSH-K3) осуществляют методом «постоянного входа».

Измерения проводятся согласно схеме, представленной на рисунке 4.

На испытываемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

- «FREQ» 15 МГц;
- «REF LEVEL» 90 дБ (мкВ);
- «MANUAL CISPR BW» 200 Гц;
- «DETECTOR» средне значение (AV);
- «MEAS TIME» 10 мс.

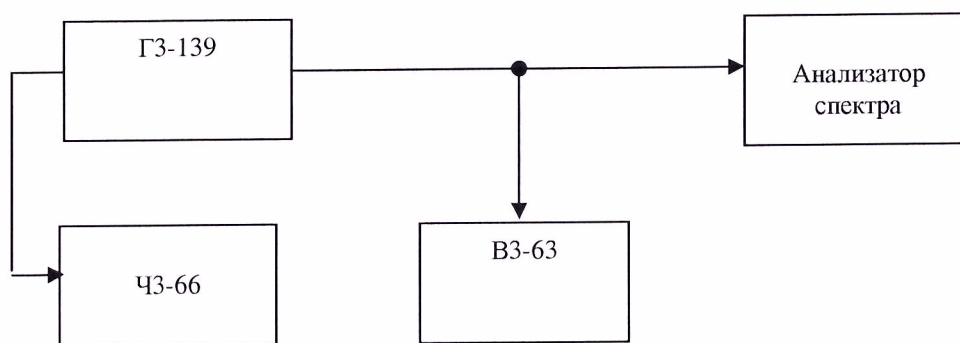


Рисунок 4

С выхода генератора ГЗ-139 на вход поверяемого анализатора спектра подать сигнал частотой 15 МГц и уровнем 10 мВ (80 дБ (мкВ)).

Контролируя частоту и уровень выходного сигнала генератора с помощью частотомера и вольтметра, регулировками генератора, расположенными на его лицевой панели, поддерживать их постоянными.

Испытываемым анализатором спектра измерить частоту и уровень входного сигнала.

Уменьшая и увеличивая частоту выходного сигнала генератора относительно резонансной (15 МГц), с помощью частотомера фиксировать частоты f_1 и f_2 , на которых уровень измеряемого анализатором спектра сигнала уменьшится на 6 дБ по отношению к уровню, измеренному на резонансной частоте.

Полосу пропускания $f_{np_{изм}}$, Гц, рассчитать по формуле:

$$f_{np_{изм}} = f_2 - f_1. \quad (3)$$

Аналогично измерить полосы пропускания поверяемого анализатора спектра при соответствующих настройках и частоте входного сигнала, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

MANUAL CISPR BW	9 кГц	120 кГц	1 МГц
FREQ	50 МГц	100 МГц	1000 МГц

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения полос пропускания на уровне минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ входных фильтров равны 0,2; 9; 120 кГц и 1000 кГц, а значения погрешности номинальных значений полос пропускания находится в пределах $\pm 5\%$ на частотах до 120 кГц и $\pm 10\%$ на частоте 1 МГц.

8.3.3 Определение среднего уровня собственных шумов

Средний уровень собственных шумов в диапазоне рабочих частот 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 значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Диапазон частот	Средний уровень собственных шумов, дБм, не более
от 10 до 50 МГц	минус 90
от 50 МГц до 3 ГГц	минус 110
от 3 до 5 ГГц	минус 110
от 5 до 6 ГГц	минус 110
от 6 до 8 ГГц	минус 108
от 8 до 12 ГГц	минус 105
от 12 до 16 ГГц	минус 100
от 16 до 18 ГГц	минус 90

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:

$$D = B \cdot \lg (A_1/A_2), \quad (4)$$

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 дБ.

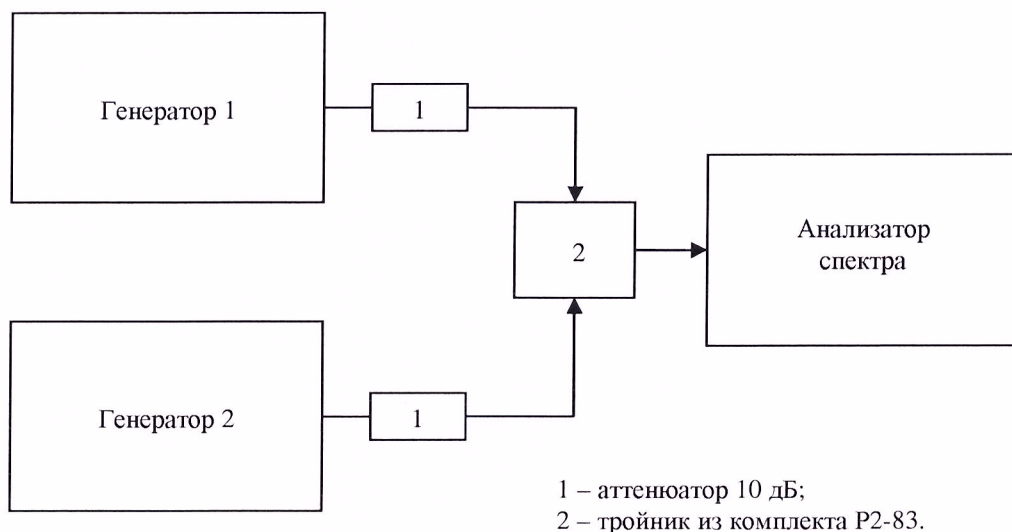


Рисунок 5

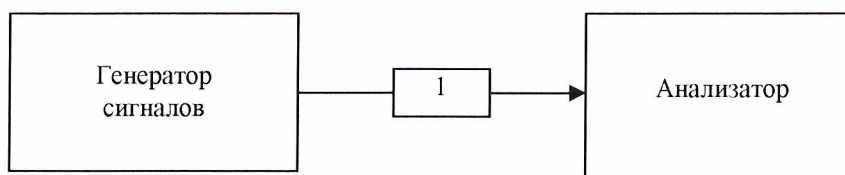
Результаты поверки считаются удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка не превысит значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Воздействующие частоты	Уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, дБс, не более
частота сигнала до 0,6 ГГц для сигналов от 3,9 до 18 ГГц	минус 40
частота сигнала от 0,6 до 1 ГГц для сигналов от 7,4 до 7,7 ГГц	минус 45
частота сигнала от минус 0,6 до минус 1 ГГц для сигналов от 7,0 до 8,5 ГГц	минус 45

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 считать удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка не превысит значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон частот	Уровень помех, дБм, не более
от 10 МГц до 6 ГГц	60
от 6 до 9 ГГц	50

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 МЗ-93. Измерения проводить на следующих частотных точках: 10, 500 МГц; 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18 ГГц. Выходной уро-

вень с выхода генератора последовательно на каждой частотной точке устанавливается на следующие значения: минус 10 дБм; 0 дБм; 3 дБм.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения погрешности измерений уровня входных синусоидальных сигналов не превышают значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7

Диапазон частот	Погрешность измерений уровня, дБ, не более
от 10 до 20 МГц	2
от 20 МГц до 6 ГГц	1,5
от 6 до 14 ГГц	2,5
от 14 до 18 ГГц	3

8.3.7 Определение КСВН высокочастотного входа.

Собрать схему, изображенную на рисунке 7.



Рисунке 7

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

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения КСВН в рабочем диапазоне частот не превышают значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8

Диапазон частот, МГц	Значения КСВН входа
от 10 МГц до 3 ГГц	1,5
от 3 до 6 ГГц	1,5
от 6 до 15 ГГц	2
от 15 до 18 ГГц	3

Для опций FSH-Z1, FSH-Z14, FSH-Z18, FSH-Z44

8.3.8 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 погрешность измерений мощности и значения КСВН преобразователей в диапазоне рабочих частот соответствует требованиям п. 8.3.9 и п. 8.3.10.

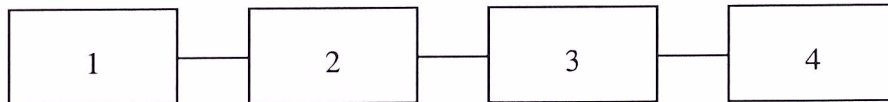
8.3.9 Определение диапазонов измерений мощности

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

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений мощности в диапазоне измеряемых мощностей соответствует требованиям п. 8.3.10.

8.3.10 Определение КСВН измерительных преобразователей

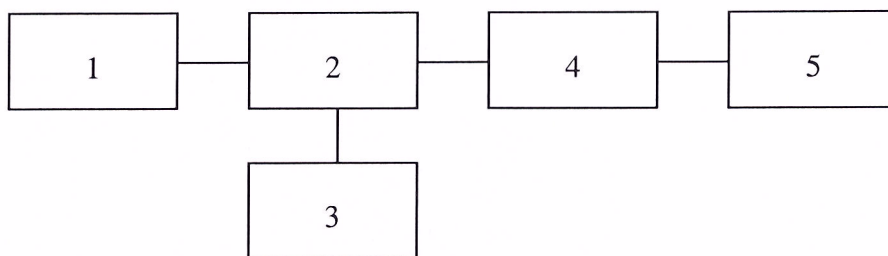
Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме, представленной на рисунке 8.



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

Рисунок 8

Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH-Z14, FSH-Z44 проводить по схеме, представленной на рисунке 9.



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

Рисунок 9

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

Провести измерения в соответствии с ТО и ИЭ на измеритель КСВН (P4-11, P2-83). 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.

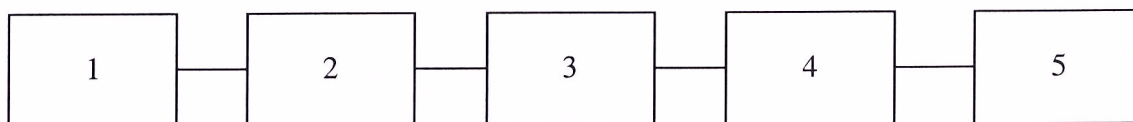
Таблица 9

Диапазон частот	Максимально допустимый 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
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

8.3.11 Определение относительной погрешности измерений мощности

8.3.11.1 Определение случайной относительной погрешности измерений мощности

Определение случайной относительной погрешность измерения мощности измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме, представленной на рисунке 10,



1 - синтезатор частот Г7-14 (генератор сигналов высокочастотный Г4-60).

2 - образцовый ваттметр.

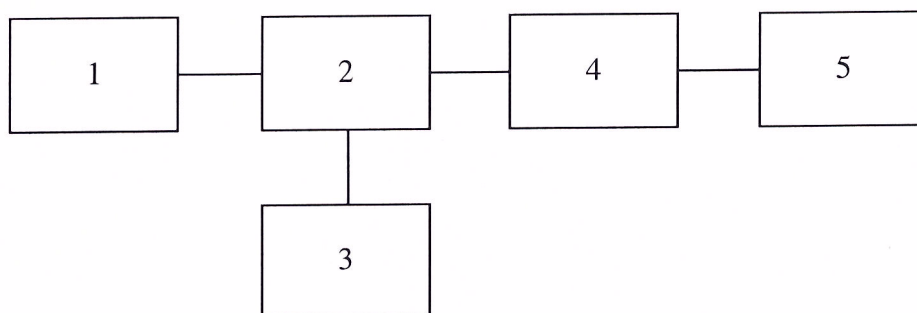
3 - переход N – III.

4 - измерительный преобразователь (FSH-Z1, FSH-Z18).

5 - анализатора спектра.

Рисунок 10

измерительных преобразователей FSH-Z14, FSH-Z44 по схеме, представленной на рисунке 11,



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

Рисунок 11

в следующей последовательности:

установить частоту f_e равную верхнему значению диапазона частот измерительного преобразователя и мощность генератора СВЧ P_{on} указанную в таблице 10

Таблица 10

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 (5):

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

где μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n и определяемый по таблице 11.

Таблица 11

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 $\pm 6\%$.

8.3.11.2 Определение составляющей погрешности измерений мощности δ_{i1} , зависящей от мощности и составляющей погрешности измерений мощности δ_{1j} , 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 P_i указанных в таблице 12 по формуле (6):

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

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

Таблица 12

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 (7):

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

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 таблице 13 по формуле (9):

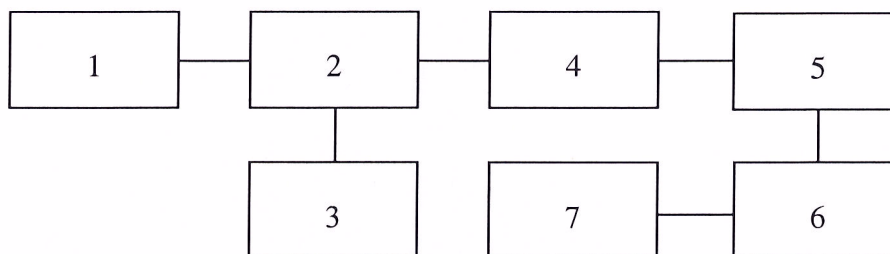
$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{срi} - 1] \times 100, \%, \quad (9)$$

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

Таблица 13

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 рисунка 12. 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 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.

Рисунок 12

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 ($\delta_{из}$), определяемого по формуле (10):

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

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

δ_1 - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

γ - коэффициент, зависящий от соотношения (11)

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

и определяемый по таблице 14.

Таблица 14

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:

$$\delta_{при} = \delta_{i1max} + \delta_{jmax} - \delta_{i1}, \% \quad (12)$$

где: δ_{i1} – значение погрешности на опорном уровне мощности при опорной частоте;

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

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительной погрешности измерений мощности не превышают значений, указанных в таблице 15.

Таблица 15

Измерительные преобразователи и диапазоны частот	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности, %
<u>FSH-Z1</u> от 10 МГц до 8 ГГц	2,3
<u>FSH-Z18</u> от 10 МГц до 8 ГГц от 8 до 18 ГГц	2,3 3,5
<u>FSH-Z14</u> от 25 до 40 МГц от 40 МГц до 1 ГГц	4,0 3,2
<u>FSH-Z44</u> от 200 до 300 МГц от 300 МГц до 4 ГГц	4,0 3,2

Для опции FSH-K3

Перед определением метрологических 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 испытываемый анализатор спектра переходит в режим измерительного приемника.

8.3.12 Определение диапазона рабочих частот

Определение диапазона рабочих частот осуществляется по результатам проверки погрешности измерений уровня и абсолютной погрешности измерений частоты синусоидального сигнала. При этом на экране анализатора спектра должен наблюдаться сигнал (аналоговая индикация в виде гистограммы или спектр входного сигнала), а погрешность измерений уровня и частоты сигнала не должна превышать допустимых значений.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если нижняя граница диапазона частот анализатора не более 100 кГц, верхняя – не менее 18,0 ГГц.

8.3.13 Определение погрешности измерений уровня входного сигнала

Определение погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала осуществляется методом постоянного входа при помощи генераторов сигналов и ваттметра поглощаемой мощности.

Собрать схему согласно рисунка 13.

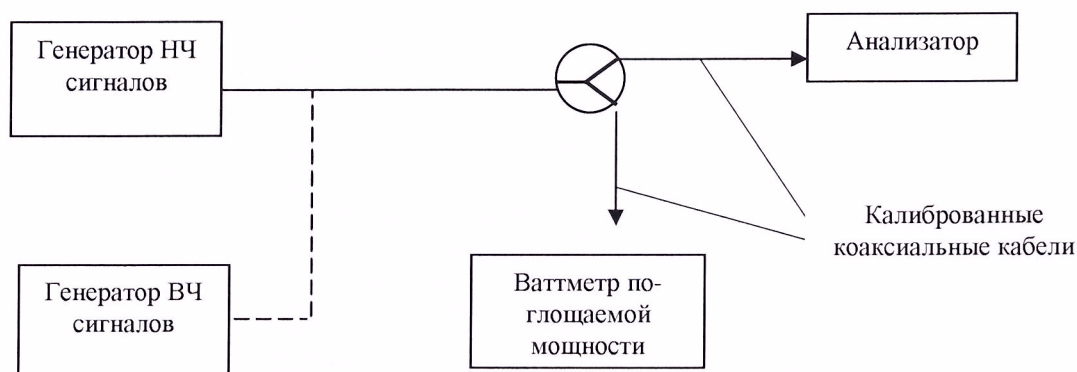


Рисунок 13

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 посредством тройника и двух калиброванных коаксиальных кабелей подключить к входу испытываемого анализатора спектра и к входу ваттметра. 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 спектра измерить уровень входного сигнала U_R , дБ (мкВ), на частоте 100 кГц. Результаты измерений занести в таблицу 16.

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 1,0 ГГц, до 18,0 ГГц с дискретностью 0,5 ГГц. На частотах свыше 100 МГц полосу пропускания анали-

затора 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 16

F, МГц	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	...	17000	17500	18000
U _Л , дБ (мкВ)									

Погрешность δ_R , дБ, измерений уровня синусоидального сигнала рассчитать по формуле (13):

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

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

8.3.14 Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного сигнала

Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного синусоидального сигнала осуществляется методом сравнения показаний испытываемого анализатора (результатов измерений частоты входного сигнала, представленные в соответствующем меню) с показаниями эталонного средства измерений.

В качестве эталонного средства измерений используется 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 средне значение (AV);
- «MEAS TIME» 10 мс.

С выхода генератора на вход испытываемого 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: 250 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 10 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1000 МГц, 2 ГГц, 3 ГГц ... 18 ГГц. При этом границы полосы обзора (области сканирования по частоте «SCAN START» и «SCAN STOP») устанавливать 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 $(f_{ИЗМ} \cdot 10^{-6})$.

8.3.15 Определение ширины полосы пропускания по уровню минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ фильтра

Определение ширины полосы пропускания по уровню минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ фильтра проводить согласно п. 8.3.2.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения полос пропускания на уровне минус 6 дБ относительно максимального значения АЧХ входных фильтров равны 0,2; 9; 120 кГц и 1000 кГц, а значения погрешности номинальных значений полос пропускания находится в пределах $\pm 5\%$ на частотах до 120 кГц и $\pm 10\%$ на частоте 1 МГц.

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