

1163

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



С.И. Донченко

« 3 » 2008 г.

Инструкция
Анализаторы спектра R&S FSU 3/8/26/43/46/50
фирмы «Rohde & Schwarz GmbH Co & KG», Германия

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи,
2008 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра R&S FSU 3/8/26/43/46/50 (далее по тексту – анализаторы), изготавливаемых фирмой «Rohde & Schwarz GmbH Co & KG», Германия, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал – 1 год.

2 Операции поверки

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1.	Внешний осмотр	7.1	да	да
2.	Опробование	7.2	да	да
3.	Определение метрологических характеристик	8		
3.1	Определение относительной погрешности внутреннего кварцевого генератора	8.1	да	да
3.2	Определение номинального значения полос пропускания, относительной погрешности номинального значения полос пропускания и коэффициента прямоугольности	8.2	да	нет
3.3	Определение среднего уровня собственных шумов	8.3	да	нет
3.4	Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями	8.4	да	нет
3.5	Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в полосе частот	8.5	да	нет
3.6	Определение погрешности измерения уровня синусоидального сигнала	8.6	да	нет
3.7	Определение диапазона частот следящего генератора (кроме R&S FSU 43)	8.7	да	нет

3 Средства поверки

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

Таблица 2

Наименование и условное обозначение средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки	Номер пункта методики
1	2	3
Генератор сигнала высокочастотный Г4-102	диапазон частот 0,1÷50 МГц, погрешность установки частоты ±1%	8.4, 8.5

Наименование и условное обозначение средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки	Номер пункта методики
1	2	3
Генератор сигнала высо- кочастотный Г4-139	диапазон частот 0,5÷512 МГц, погрешность ус- тановки частоты $5 \cdot 10^{-7} \cdot f$	8.2, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7
Генератор сигнала высо- кочастотный Г4-83	диапазон частот 7,5÷10,5 ГГц, погрешность ус- тановки частоты $\pm 0,5 \%$	8.4, 8.5
Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-51	диапазон частот 0,02÷17,85 ГГц, пределы изме- рения мощности 1 мкВт÷10 мВт	8.6
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-174	диапазон частот 17,44 ÷ 25,95 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 10^{-4}$	8.4, 8.5
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-175	диапазон частот 25,96 ÷ 37,5 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 10^{-4}$	8.4, 8.5
Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-91	диапазон частот 17,44 ÷ 25,95 ГГц, пределы из- мерения мощности 1 мкВт-10 мВт, погрешность $\pm \{6+0,1(P_k/P_x-1)\}$	8.5
Ваттметр поглощаемой мощности ваттметр МЗ-92	диапазон частот 25,86 ÷ 37,5 ГГц, пределы из- мерения мощности 1 мкВт÷2 Вт, погрешность $\pm$ $\{6+0,1(P_k/P_x-1)\}$	8.5
Частотомер электронно- счетный ЧЗ-66	диапазон измеряемых частот от 10 Гц до 37,5 ГГц; уровень входных сигналов от 0,02 до 10 мВт; относительная погрешность по частоте встроенного кварцевого генератора $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ за 1 год	8.2, 8.5, 8.7
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-178	диапазон частот 37,5 ÷ 53,57 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 10^{-4}$	8.4, 8.5
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-76А	диапазон частот 0,4÷1,2 ГГц, погрешность уста- новки частоты $\pm 10^{-2}$	8.4, 8.5
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-80	диапазон частот 2,56÷4,0 ГГц, погрешность ус- тановки частоты $\pm 5 \cdot 10^{-3}$	8.4, 8.5
Генератор сигнала высо- кочастотный Г4-81	диапазон частот 4,0÷5,6 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 0,5 \%$	8.4, 8.5
Генератор сигнала высо- кочастотный Г4-111	диапазон частот 6÷17,85 ГГц, погрешность ус- тановки частоты $\pm 10^{-2}$	8.4, 8.5
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-193	диапазон частот 1÷4,0 ГГц, погрешность уста- новки частоты $\pm (10^{-2}f + 10 \text{ МГц})$	8.4, 8.5
Вольтметр переменного тока ВЗ-63	диапазон измерения напряжения 0,01-100В, ос- новная погрешность $\pm (0,4 \div 2,5) \%$	8.2
Набор мер КСВН и пол- ного сопротивления 1 раз- ряда ЭК9-140	диапазон частот 0,02 – 4 ГГц	8.3

Наименование и условное обозначение средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки	Номер пункта методики
1	2	3
Набор мер полного и вол- нового сопротивления 1 разряда ЭК9-145	диапазон частот 4 – 18 ГГц	8.3
Калибратор мощности М1-25	диапазон частот 37,5 – 53,57 ГГц, погрешность $\pm 2 \%$	8.5
Калибратор мощности М1-10	диапазон частот 16,7 – 25,86 ГГц, погрешность $\pm 1,6 \%$	8.5
Калибратор мощности М1-11	диапазон частот 25,86 – 37,5 ГГц, погрешность $\pm 1,6 \%$	8.5
Преобразователи частоты Ч5-13	диапазон частот 10 – 70 ГГц, погрешность по частоте $1 \cdot 10^{-6}$	8.5
Измеритель КСВН пано- рамный Р2-83	диапазон 0,1 – 18 ГГц, погрешность $\pm(0,2+0,025A)$	8.4, 8.5, 8.6
Генератор сигналов высо- кочастотный Г4-141	диапазон частот 37,5÷53,57 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 1,5 \cdot 10^{-2}$	8.4, 8.5
Стандарт частоты и вре- мени СВЧ-74	частота 5 МГц, 1 МГц, 100 кГц, относительная погрешность по частоте $\pm 2 \cdot 10^{-9}$	8.1
Компаратор частотный Ч7-45	частоты 5 МГц, 10 МГц, от 2 до 100 МГц, по- грешность $2 \cdot 10^{-9}$	8.1
Ступенчатый аттенюатор Agilent 8496H	диапазон частот до 18 ГГц, ослабление от 0 до 110 дБ	8.4, 8.6

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

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3) и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

4.2 Поверка анализаторов должна осуществляться лицами, изучившими эксплуатационную, нормативную и нормативно-техническую документацию.

5 Условия поверки

При проведении поверки анализаторов необходимо соблюдение следующих требований к условиям внешней среды:

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

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать приборы в условиях, указанных в п. 5 в течение не менее 1 ч;
- выполнить операции, оговоренные в руководстве по эксплуатации на поверяемый анализатор по его подготовке к поверке;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие анализатора следующим требованиям:

- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу токосъемника;
- разъемы должны быть чистыми;
- соединительные провода должны быть исправными;
- комплектность анализатора должна соответствовать указанной в технической документации.

7.1.2 Анализатор, не удовлетворяющий данным требованиям, бракуется и направляется в ремонт.

7.2 Опробование

7.2.1 Включить анализатор и дать прогреться в течение 30 минут.

Выполнить процедуру диагностики в соответствии с технической документацией фирмы - изготовителя на анализаторы спектра.

8 Определение метрологических характеристик

8.1 Определение относительной погрешности внутреннего кварцевого генератора.

Погрешность внутреннего кварцевого генератора определяется методом сравнения сигнала 10 МГц анализатора спектра с сигналом стандарта частоты (рис. 1)



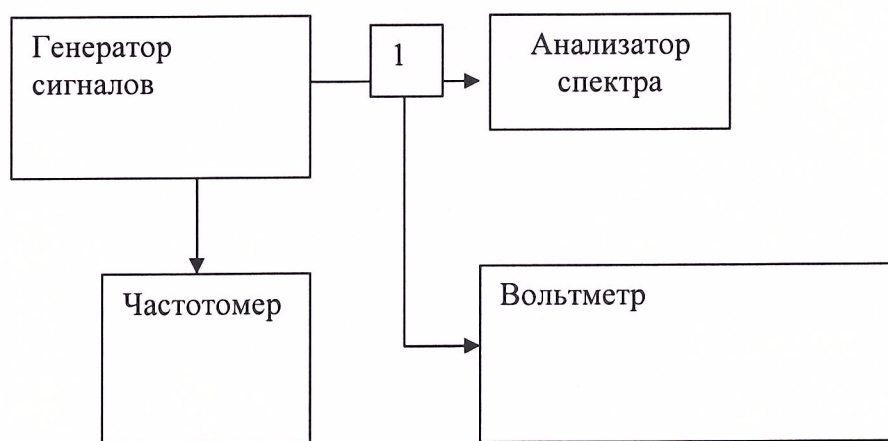
Рис. 1

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение δ_f находится в пределах $\pm 1,8 \cdot 10^{-7}$.

8.2 Определение номинального значения полос пропускания, определение погрешности номинального значения полос пропускания и коэффициента прямоугольности.

Определение полос пропускания проводить методом «постоянного входа» на частоте 128 МГц.

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 (рис. 2).



1- тройник из комплекта вольтметра

Рис. 2

В режиме автоматической развертки полосу обзора выбрать такой, чтобы в измеряемой полосе пропускания на заданном уровне укладывалось не менее трех масштабных отметок частотной шкалы, уровень отклика — равным максимальному значению шкалы отсчетного уст-

ройства анализатора спектра при нулевом положении отсчетных аттенюаторов. Уменьшая и увеличивая частоту сигнала относительно центральной частоты установить амплитуды откликов на уровень ослабления минус 3 дБ и зафиксировать показания частотомера (f_1 и f_2) (рис. 3).

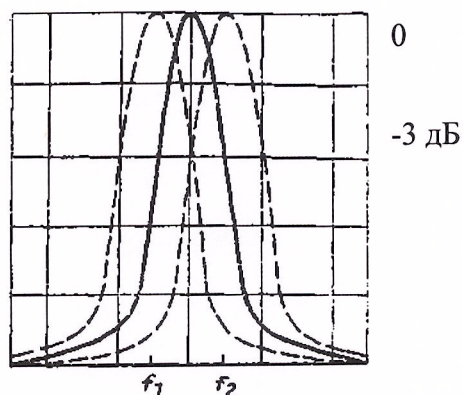


Рис. 3

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

Аналогично провести измерения частот (f_3 и f_4), при которых амплитуда отклика будет ослаблена до уровня минус 60 дБ.

Полосы пропускания в единицах частоты вычислить по формуле:

$$\Pi_{3\text{дБ}} = f_1 - f_2.$$

Погрешность номинальных значений полос пропускания в процентах вычислить по формуле:

$$\delta\Pi_{3\text{дБ}} = \frac{\Pi_{3\text{дБ}} - \Pi_{\Pi}}{\Pi_{\Pi}} \cdot 100\%,$$

где Π_{Π} – номинальное значение полосы пропускания.

Коэффициент прямоугольности рассчитать по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{f_4 - f_3}{f_2 - f_1}.$$

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения полос пропускания на уровне минус 3 дБ устанавливаются дискретно с шагом 1, 2, 3, 5 от 10 Гц до 20 МГц и 50 МГц, относительная погрешность номинальных значений полос пропускания находится в пределах (таблица 3),

Таблица 3

Значения полос пропускания	Пределы допускаемой относительной погрешности номинальных значений полос пропускания, %
для всех моделей	
от 10 Гц до 100 кГц с применением цифрового фильтра	не более 3
от 200 кГц до 5 МГц с применением аналогового фильтра	не более 10
10 МГц	от минус 30 до 10
для всех моделей, исключая R&S FSU 43	
20 МГц	от минус 20 до 20
50 МГц	от минус 20 до 20

а коэффициент прямоугольности не превысит значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Значения полос пропускания	Коэффициент прямоугольности по уровням минус 60 дБ и минус 3 дБ, не более
не более 100 кГц	6
от 200 кГц до 2 МГц	12
от 3 МГц до 10 МГц	7
20 МГц и 50 МГц	6

8.3 Определение среднего уровня собственных шумов.

Средний уровень собственных шумов определить измерением уровня с усреднением показаний отсчетных устройств анализатора спектра в полосе пропускания 10 Гц при отсутствии сигнала на входе анализатора спектра и установке на вход анализатора спектра согласованной нагрузки из комплекта ЭК9-140, ЭК9-145.

В диапазоне от 8 до 50 ГГц уровни собственных шумов анализатора спектра измеряются при установке согласованных нагрузок Wiltron 28S50 (до 26,5 ГГц) и Agilent 85138A (до 50 ГГц) или на заводе-изготовителе при выпуске из производства.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов анализатора спектра не превысит значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

R&S FSU	Частота	Средний уровень собственных шумов, дБм, не более
3/8/26/46/50	20 Гц	минус 80
	100 Гц	минус 100
	1 кГц	минус 110
	10 кГц	минус 120
	100 кГц	минус 120
	1 МГц	минус 130
	10 МГц	минус 143
43	20 Гц	минус 90
	100 Гц	минус 110
	1 кГц	минус 120
	10 кГц	минус 130
	100 кГц	минус 130
	1 МГц	минус 140
	10 МГц	минус 153
3	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 145
	от 2 ГГц до 3 ГГц	минус 143
	от 3 ГГц до 3,6 ГГц	минус 142
8	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 145
	от 2 ГГц до 3 ГГц	минус 143
	от 3 ГГц до 7 ГГц	минус 142
	от 7 ГГц до 8 ГГц	минус 140
26	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 142
	от 2 ГГц до 3,6 ГГц	минус 140
	от 3,6 ГГц до 8 ГГц	минус 142
	от 8 ГГц до 13 ГГц	минус 140

R&S FSU	Частота	Средний уровень собственных шумов, дБм, не более
	от 13 ГГц до 18 ГГц	минус 138
	от 18 ГГц до 22 ГГц	минус 137
	от 22 ГГц до 26,5 ГГц	минус 135
43	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 152
	от 2 ГГц до 13 ГГц	минус 150
	от 13 ГГц до 18 ГГц	минус 148
	от 18 ГГц до 22 ГГц	минус 147
	от 22 ГГц до 26,5 ГГц	минус 145
	от 26,5 ГГц до 40 ГГц	минус 138
	от 40 ГГц до 43 ГГц	минус 133
46	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 142
	от 2 ГГц до 13 ГГц	минус 140
	от 13 ГГц до 18 ГГц	минус 138
	от 18 ГГц до 22 ГГц	минус 137
	от 22 ГГц до 26,5 ГГц	минус 135
	от 26,5 ГГц до 40 ГГц	минус 128
	от 40 ГГц до 46 ГГц	минус 123
50	от 20 МГц до 2 ГГц	минус 142
	от 2 ГГц до 13 ГГц	минус 140
	от 13 ГГц до 18 ГГц	минус 138
	от 18 ГГц до 22 ГГц	минус 137
	от 22 ГГц до 26,5 ГГц	минус 135
	от 26,5 ГГц до 32 ГГц	минус 128
	от 32 ГГц до 46 ГГц	минус 123
	от 46 ГГц до 50 ГГц	минус 118

8.4 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего и второго 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 $2f_2-f_1$ (рис. 4 – в диапазоне до 18 ГГц, рис. 5 – в диапазоне от 18 до 50 ГГц).

Уровни входных сигналов A_0 установить минус 10 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 вычислять в децибелах по формуле:

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

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.

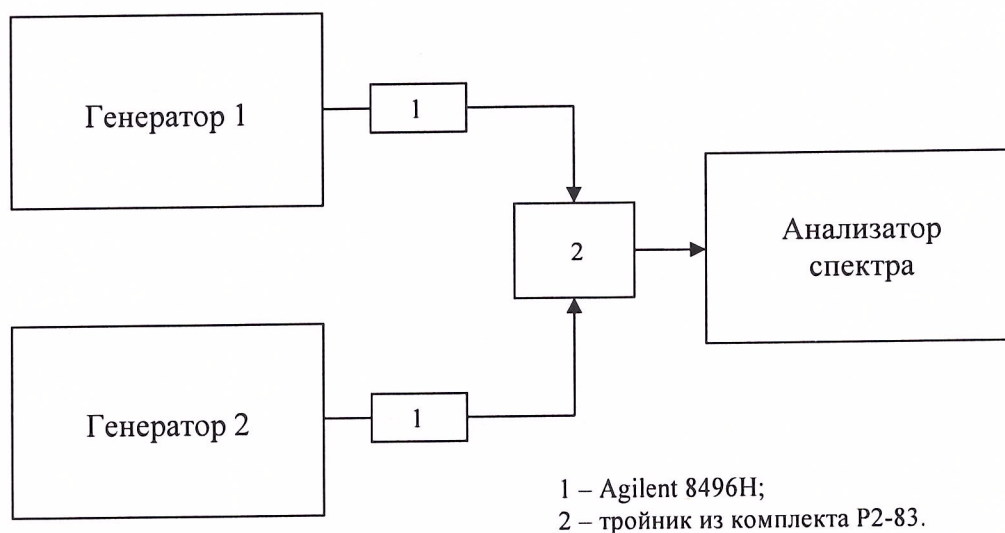


Рис. 4



Рис. 5

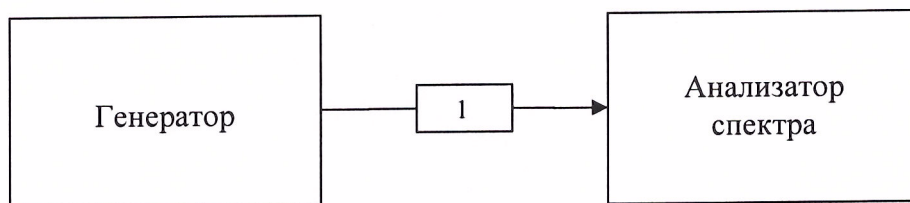
Результаты поверки считать удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка не превысит значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

R&S FSU	Частота	Уровень помех, дБм, не менее
3	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	19
8	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	20
	от 3,6 ГГц до 8 ГГц	18

R&S FSU	Частота	Уровень помех, дБм, не менее
26	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	22
	от 3,6 ГГц до 26,5 ГГц	12
43	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	22
	от 3,6 ГГц до 40 ГГц	12
	от 40 ГГц до 43 ГГц	12
46	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	22
	от 3,6 ГГц до 40 ГГц	12
	от 40 ГГц до 46 ГГц	12
50	от 10 МГц до 300 МГц	17
	от 300 МГц до 3,6 ГГц	22
	от 3,6 ГГц до 40 ГГц	12
	от 40 ГГц до 50 ГГц	12

Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными 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 $2f_1$ (рис. 6).



1 – Agilent 8496H

Рис. 6

Результаты поверки считать удовлетворительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями второго порядка не превысит следующих значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7

Частота	Уровень помех, дБм, не менее
менее 100 МГц	35
от 100 МГц до 400 МГц	45
от 400 МГц до 500 МГц	52
от 500 МГц до 1 ГГц	45
от 1 ГГц до 1,8 ГГц	35
от 1,8 ГГц до 50 ГГц	80

8.5 Определение неравномерности АЧХ в полосе частот.

Неравномерность АЧХ в установленной полосе частот определять методом «постоянного входа».

Уровень входного гармонического сигнала поддерживать постоянным при помощи измерителя напряжения (мощности) (рис. 7 – в диапазоне до 18 ГГц, рис. 8 – в диапазоне от 18 до 50 ГГц), а отсчет производить по соответствующим устройствам анализатора спектра.

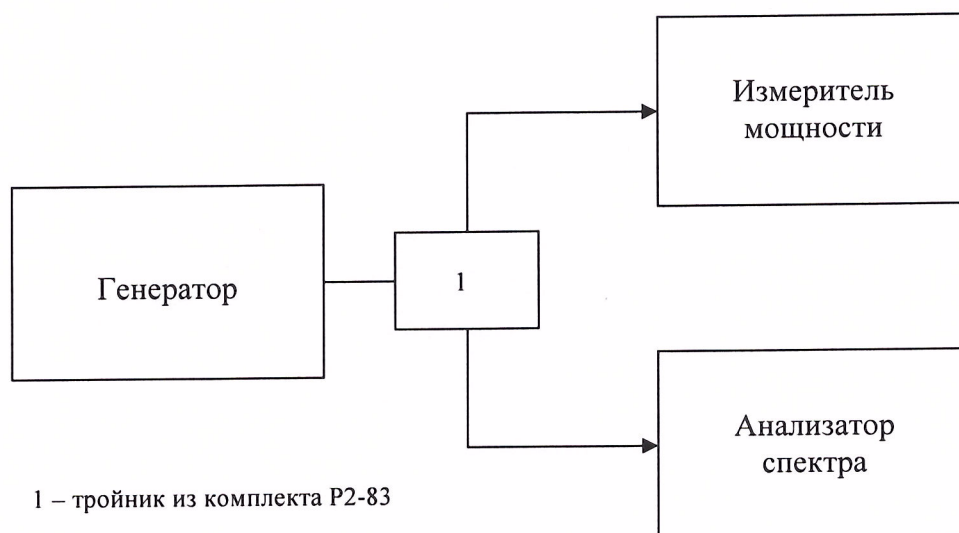


Рис. 7

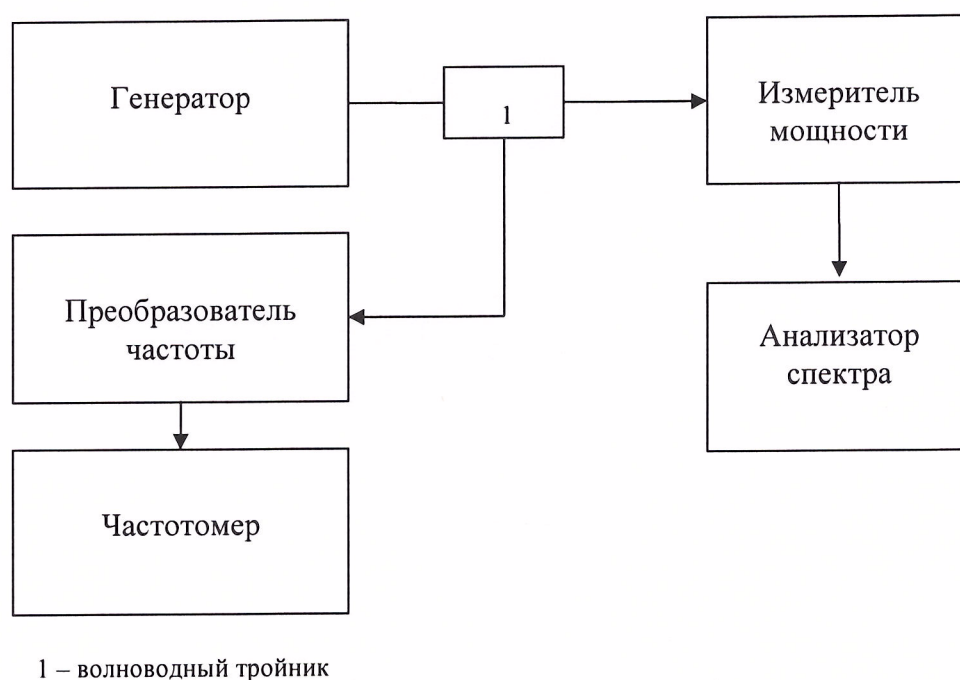


Рис. 8

Неисключенная систематическая погрешность (НСП) определения АЧХ равна:

$$\delta' = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2},$$

где δ_1 — погрешность поддержания постоянного уровня сигнала на входе анализатора спектра (эта погрешность равна частотной погрешности измерителя уровня в определяемой полосе частот) ;

δ_2 — погрешность отсчетного устройства анализатора спектра;

δ_3 — погрешность, связанная с наличием гармоник входного сигнала (приводимая в ТО на измеритель напряжения (мощности)).

Неравномерность АЧХ $\delta_{АЧХ}$ вычислять по формуле:

$$\delta_{АЧХ} = \pm \frac{1}{2} B \lg \frac{A_{\max}}{A_{\min}},$$

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

$A_{\max}$ и $A_{\min}$ - максимальное и минимальное показания выходного измерительного устройства АС при изменении частоты входного сигнала в полосе частот в децибелах.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если результаты измерений неравномерности АЧХ не превысят значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8

Частота	Неравномерность АЧХ, дБ, не более
от 10 МГц до 3,6 ГГц	0,3
от 3,6 ГГц до 8 ГГц	1,5
от 8 ГГц до 22 ГГц	2
от 22 ГГц до 26,5 ГГц	2,5
от 26,5 ГГц до 40 ГГц	2,5
от 40 ГГц до 50 ГГц	3

8.6 Определение погрешности измерения уровня синусоидального сигнала.

Погрешность измерения уровня гармонического сигнала на частоте 128 МГц определить путем подачи на вход анализатора спектра сигнала, калиброванного по мощности (рис. 9). Уровень сигнала на выходе генератора установить минус 30 дБм.

Погрешность измерения уровня рассчитать по формуле:

$$\Delta P_{128\text{МГц}} = L_{FSU} - L_{ИМ},$$

где L_{FSU} - уровень сигнала, измеренный анализатором спектра;

$L_{ИМ}$ - уровень сигнала на входе анализатора спектра.

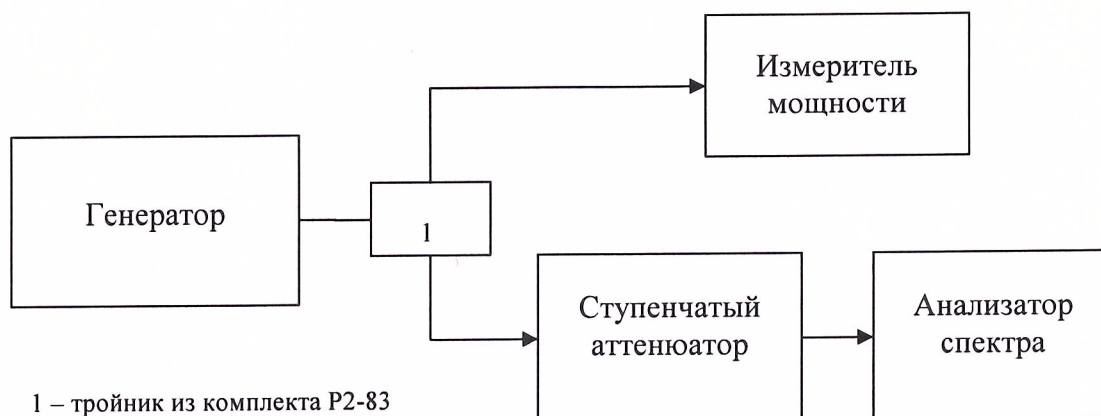


Рис. 9

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значение погрешности измерения уровня входного синусоидального сигнала находится в пределах $\pm 0,2$ дБ.

8.7 Определение диапазона частот следящего генератора (кроме R&S FSU 43)

Диапазон частот следящего генератора определяется путем измерения выходного сигнала следящего генератора с помощью частотомера.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если диапазон частот следящего генератора находится в пределах от 100 до $3,6 \cdot 10^6$ кГц.

9 Оформление результатов проведения поверки

9.1 При положительных результатах поверки на анализатор (техническую документацию) наносится оттиск поверительного клейма или выдается свидетельство установленной формы.

9.2 Значения характеристик, определенные в процессе поверки при необходимости заносятся в документацию.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки применение анализатора запрещается, на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин.

Начальник отдела
ГЦИ СИ "Воентест" 32 ГНИИ МО РФ

О.В. Каминский