

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
324 ГНИИ МО РФ



А. Ю. Кузин

12 \_\_\_\_\_ 2007 г.

## ИНСТРУКЦИЯ

Анализаторы спектра портативные R&S FSH6  
фирмы «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия

## МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи,  
2007 г.

## 1 Введение

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра портативные R&S FSH6 (далее по тексту – анализаторы) и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал - два года.

## 2 Операции поверки

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

Таблица 1.

| Наименование операции   | Номер пункта методики | Проведение операции при |                       |
|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|   |                       | первичной поверке       | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр  | 8.1                   | да                      | да                    |
| 2 Опробование   | 8.2                   | да                      | да                    |
| <b>FSH6</b>   |                       |                         |                       |
| 3 Определение метрологических характеристик   | 8.3                   | да                      | да                    |
| 3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей                    | 8.3.1                 | да                      | да                    |
| 3.2 Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты     | 8.3.2                 | да                      | да                    |
| 3.3 Определение среднего уровня собственных шумов                                       | 8.3.3                 | да                      | да                    |
| 3.4 Определение погрешности измерения мощности синусоидального сигнала                  | 8.3.4                 | да                      | да                    |
| 3.5 Определение максимальной выходной мощности сигнала генератора качающейся частоты    | 8.3.5                 | да                      | да                    |
| 3.6 Определение КСВН измерительного входа   | 8.3.6                 | да                      | да                    |
| <b>Опция FSH-Z3 (КСВН мост)</b>   |                       |                         |                       |
| 3.7 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей                    | 8.3.7                 | да                      | да                    |
| 3.8 Определение диапазона рабочих частот и погрешности измерения КСВН                   | 8.3.8                 | да                      | да                    |
| 3.9 Определение абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения            | 8.3.9                 | да                      | да                    |
| 3.10 Определение КСВН измерительного входа  | 8.3.10                | да                      | да                    |
| <b>Опция FSH-B1 (измерение расстояния до неоднородности)</b>                            |                       |                         |                       |
| 3.11 Определение абсолютной погрешности измерения расстояния до неоднородности          | 8.3.11                | да                      | да                    |
| <b>Опции FSH-Z44; FSH-Z1; FSH-Z14; FSH-Z18 (измерительные преобразователи мощности)</b> |                       |                         |                       |
| 3.12 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей                   | 8.3.12                | да                      | да                    |
| 3.13 Определение КСВН входа измерительных преобразователей                              | 8.3.13                | да                      | да                    |
| 3.14 Определение погрешности измерения мощности   | 8.3.14                | да                      | да                    |
| <b>Опция FSH-K3 (измерительный приемник)</b>  |                       |                         |                       |
| 3.15 Определение погрешности измерений уровня входного сигнала                          | 8.3.15                | да                      | да                    |
| 3.16 Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного сигнала              | 8.3.16                | да                      | да                    |

| Наименование операции  | Номер пункта методики | Проведение операции при |                       |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|  |                       | первичной поверке       | периодической поверке |
| 3.17 Определение минимального значения и динамического диапазона измерений уровня входного синусоидального сигнала | 8.3.17                | да                      | да                    |

### 3 Средства поверки

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

Таблица 2.

| Номер пункта документа по поверке | Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики                             |
|-----------------------------------|---|
| 8.3.2; 8.3.16                     | Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66: диапазон частот от $9 \cdot 10^3$ до 4 ГГц<br>Относительная погрешность измерений частоты не более $\pm 5 \cdot 10^{-7}$   |
| 8.3.4; 8.3.5;<br>8.3.15           | Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-93: диапазон рабочих частот от 0 до 18 ГГц; диапазон измерений мощности от $10^{-4}$ до 1 Вт; основная погрешность измерений мощности $\pm (4 - 6) \%$   |
| 8.3.8; 8.3.9;<br>8.3.13           | Набор мер КСВН и полного сопротивления 1 разряда ЭК9-140: номинальное значение КСВН 1,05; 1,2; 1,4; 2,0; 3,0; относительная погрешность: по КСВН 1% для КСВН $\leq 1,4$ ; 1,5 % для КСВН = 2,0; 2 % для КСВН = 3,0; по фазе КО $1^\circ$ для КСВН $\geq 2,0$ ; $1,5^\circ$ для КСВН = 1,4; $2^\circ$ для КСВН = 1,2 |
| 8.3.8; 8.3.9                      | Набор мер КСВН и волнового сопротивления 1 разряда ЭК9-145: номинальное значение КСВН 1,05; 1,2; 1,4; 2,0; погрешность измерений нагрузок: $\pm 1\%$ по КСВН; $\pm 1^\circ$ по фазе коэффициента отражения  |
| 8.3.4                             | Генератор сигналов R&S SM 300: диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц; относительная погрешность установки частоты не более $\pm 3 \cdot 10^{-6}$  |
| 8.3.17                            | Микровольтметр ВЗ-59: диапазон рабочих частот от 10 Гц до 100 МГц; погрешность измерений $\pm (0,4 - 1,5)\%$  |
| 8.3.1; 8.3.7;<br>8.3.12           | Комплект для измерения соединителей коаксиальных КИСК-7: абсолютная погрешность измерений не более $\pm 0,02$ мм  |
| 8.3.6; 8.3.13                     | Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-11: диапазон рабочих частот от 1 МГц до 1,25 ГГц; основная погрешность измерений: по КСВН не более $\pm 5,0 \%$ ; по фазе КО $\pm 6^\circ$   |
| 8.3.6; 8.3.13                     | Измеритель КСВН панорамный Р2-83: диапазон рабочих частот от 100 МГц до 18 ГГц; основная погрешность измерений по КСВН не более $\pm 5,0 \%$  |
| 8.3.14                            | Ваттметр поглощаемой мощности МКЗ-69: диапазон рабочих частот от 0,001 до 3 ГГц; основная погрешность измерений мощности $\pm \left[ 5 + 0,1 \times \left( \frac{P_k}{P_x} - 1 \right) \right] \%$ в диапазоне измеряемых мощностей от 10 до 100 Вт   |
| 8.3.14                            | Вольтметр диодный компенсационный ВЗ-63: диапазон рабочих частот от 10 Гц до 1500 МГц; погрешность измерений $\pm (0,2 - 2) \%$   |

| Номер пункта документа по поверке | Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики |
|-----------------------------------|---|
| 8.3.15                            | Генератор сигналов высокочастотный Г4-211: диапазон частот от 1,07 до 4,0 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$   |
| 8.3.15                            | Генератор сигналов высокочастотный Г4-176А: диапазон частот от 100 кГц до 1280 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5 \cdot 10^{-5}$ Гц   |
| 8.3.15                            | Генератор сигналов высокочастотный Г4-212: диапазон частот от 2 ГГц до 8,15 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$   |
| 8.3.4                             | Генератор сигналов высокочастотный Г4-80: диапазон частот от 2,56 ГГц до 4,0 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$  |
| 8.3.4                             | Генератор сигналов высокочастотный Г4-81: диапазон частот от 4 ГГц до 5,6 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$   |
| 8.3.4                             | Генератор сигналов высокочастотный Г4-82: диапазон частот от 5,6 ГГц до 7,5 ГГц; погрешность установки частоты не более $\pm 0,5\%$   |
| 8.3.14                            | Генератор сигналов высокочастотный Г4-59: диапазон частот от 300 МГц до 700 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5\%$   |
| 8.3.14                            | Генератор сигналов высокочастотный Г4-60: диапазон частот от 700 МГц до 1000 МГц; погрешность установки частоты не более $\pm 1,5\%$  |
| 8.3.17                            | Делитель напряжения ДН-1: диапазон рабочих частот от 0 Гц до 7 ГГц; коэффициент ослабления от 0 дБ до 41 дБ; дискретность перестройки 1 дБ; погрешность установки ослабления $\pm 0,2$ дБ   |

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

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

#### 4 Требования к квалификации поверителей

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

#### 5 Требования безопасности

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

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

5.3 Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры.

#### 6 Условия поверки

6.1 Поверка проводится при следующих условиях:

- температура окружающей среды ( $20 \pm 5$ ) °С;
- относительная влажность воздуха ( $65 \pm 15$ ) %;

- атмосферное давление ( $750 \pm 30$ ) мм рт. ст.;
- питание от сети переменного тока:
- напряжение, В ..... $220 \pm 5$ ;
- частота, Гц..... $50 \pm 0,5$ .

## 7 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

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

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

## 8 Проведение поверки

### 8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие анализатора требованиям технической документации фирмы-изготовителя;
- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, сохранность механических органов управления и четкость фиксации их положения, чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность предохранителей, печатей и пломб.

### 8.2 Опробование

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

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

### 8.3 Определение метрологических характеристик

#### **FSH6**

#### 8.3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

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

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

8.3.2 Определение диапазона рабочих частот и абсолютной погрешности измерений частоты.

8.3.2.1 Собрать схему, изображенную на рис. 1.



Рис. 1

8.3.2.2 С генератора сигналов последовательно подать на анализатор сигнал с частотой: 100 кГц; 500 МГц; 1500 МГц; 3000; 4000; 5000; 6000 МГц. Выходную мощность генератора установить 0 дБ/мВт.

8.3.2.3 Провести отсчёт показаний измеренной частоты частотомером.

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

8.3.2.4 Погрешность измерения частоты ( $\Delta f$ ) вычислить по формуле (1):

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

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

$f_R$  - значение частоты измеренное частотомером.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если диапазон частот анализатора соответствует диапазону от 0,1 до 6000 МГц и значения погрешности измерений частоты не выходят за пределы  $(f_{ИЗМ} \times 10^{-6})$ .

8.3.3 *Определение среднего уровня собственных шумов.*

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

Результаты поверки считать удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов анализатора спектра не превысит:

от 10 МГц до 3 ГГц, дБ/мВт ..... минус 105.

от 3 ГГц до 5 ГГц, дБ/мВт ..... минус 103.

от 5 ГГц до 6 ГГц, дБ/мВт ..... минус 96.

8.3.4 *Определение погрешности измерения мощности синусоидального сигнала.*

Погрешность измерения мощности гармонического сигнала на фиксированной частоте определить путем подачи на вход анализатора спектра сигнала с генератора SM-300 до 3 ГГц и Г4-80, Г4-81, Г4-82 свыше 3 ГГц. Мощность на выходе генератора проконтролировать ваттметром МЗ-93. Измерения провести на следующих частотных точках: 100 кГц; 100 МГц; 1 ГГц; 3 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц. Выходная мощность с выхода генератора последовательно на каждой частотной точке устанавливается на следующие значения: минус 10 дБ/мВт; 0 дБ/мВт; 3 дБ/мВт.

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

### 8.3.5 Определение максимальной выходной мощности сигнала генератора качающейся частоты.

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

Выполнить измерения мощности при помощи измерителя мощности МЗ-93 на выходе ГКЧ на следующих частотных точках: 10 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренные значения мощности составили не менее:

от 100 кГц до 3 ГГц ..... минус 10;

от 3 ГГц до 6 ГГц ..... минус 20.

### 8.3.6 Определение КСВН измерительного входа

Собрать схему, изображенную на рис. 4.

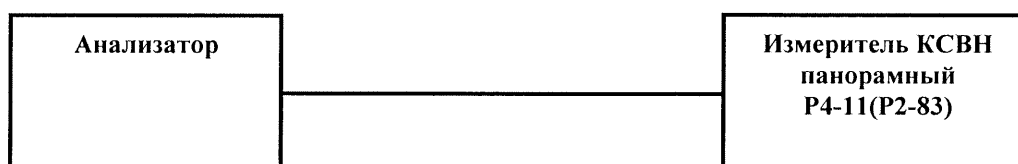


Рис. 4

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

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

### Опция FSH-Z3 (КСВН мост)

#### 8.3.7 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей

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

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

#### 8.3.8 Определение диапазона рабочих частот и погрешности измерения КСВН.

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

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

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEASURE».

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

Нажать клавишу «FREQ».

Программными клавишами «START» и «STOP» установить полосу обзора от 10 МГц до 6 ГГц.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEAS MODE».

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

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

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

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

8.3.8.2 К измерительному разъёму КСВН моста последовательно присоединить следующие меры из комплекта набора мер ЭК9-140 и ЭК9-145: Э9-140, Э9-142, Э9-161, Э9-146, Э9-149, Э9-154.

Провести отсчёт измерений значений КСВН на частотных точках: 10 МГц, 100 МГц, 1000 МГц, 3000 МГц, 4000 МГц, 5000 МГц, 6000 МГц, нажав последовательно программные клавиши «AMPT»; «RANGE» «VSWR...», выбрав подходящий масштаб от «1-1.1» до «1-20». Вычислить относительную погрешность измерения КСВН, как выраженное в процентах отношение разности измеренного и действительного значений КСВН к номинальному значению КСВН.

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

*8.3.9 Определение абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения*

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

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

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEASURE».

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

Нажать клавишу «FREQ».

Программными клавишами «START» и «STOP» установить полосу обзора от 10 МГц до 6 ГГц.

Нажать клавишу «MEAS».

Нажать программную клавишу «MEAS MODE».

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

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

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

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

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

8.3.9.2 К измерительному разъёму КСВН моста последовательно присоединить следующие меры из комплекта набора мер ЭК9-140 и ЭК9-145: Э9-140, Э9-142, Э9-161, Э9-146, Э9-149, Э9-154.

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

Нажать клавишу «MEAS MODE».

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



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

Нажать клавишу «AMPT».

Нажать программную клавишу «RANGE».

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

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

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

$$\text{где: } |z| = \sqrt{r^2 + x^2}$$

$r$  – действительная часть комплексного числа;

$x$  – мнимая составляющая комплексного числа

8.3.9.4 Провести измерения фазы коэффициента отражения на частотных точках: 10 МГц, 100 МГц, 1000 МГц, 3000 МГц, 4000 МГц, 5000 МГц, 6000 МГц. Вычислить абсолютную погрешность измерения фазы коэффициента отражения, как разность действительного и измеренного значений, с учетом поправки на разность фаз  $\Delta\varphi$ , обусловленную расстоянием между калибровочной плоскостью присоединяемой нагрузки и калибровочной плоскостью по срезу входного разъема КСВН-моста FSH-Z3 – 5,28 мм:  $\Delta\varphi = 2,4 \times f \times L_0$ , где  $f$  – частота в ГГц,  $L_0 = 10,56$  мм.

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

8.3.10 *Определение КСВН измерительного входа.*

8.3.10.1 Определение КСВН измерительного входа провести в соответствии с п. 6.8.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если КСВН измерительного входа в рабочем диапазоне частот не превышает:

от 10 до 50 МГц – 1,67;

от 50 МГц до 6 ГГц – 1,38.

### **Опция FSH-B1 (измерение расстояния до неоднородности)**

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

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

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

8.3.11.3 Рассчитать абсолютную погрешность  $\Delta D$  измерения расстояния до неоднородности по формуле (4):

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

Где  $D_k$  – длина кабеля измеримая при помощи линейки измерительной;

$D_a$  – расстояние до неоднородности измеренное при помощи анализатора.

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

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

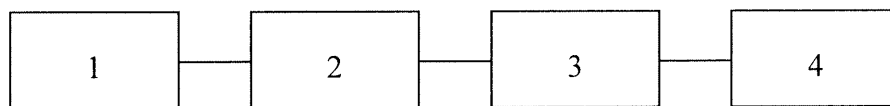
*8.3.12 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей*

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

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

*8.3.13 Определение КСВН входа измерительного преобразователя мощности.*

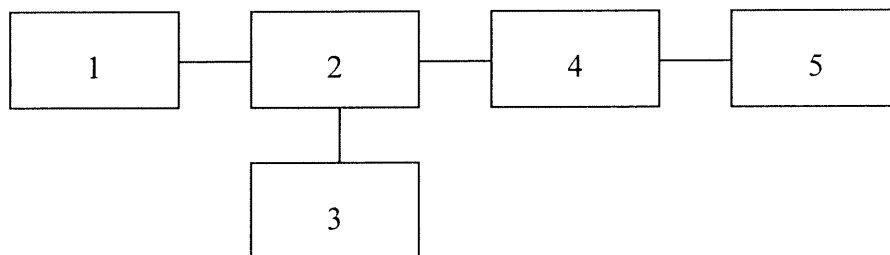
Измерения КСВН измерительных преобразователей FSH - Z1, FSH – Z18 проводить по схеме, представленной на рис. 5.



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

Рис. 5

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



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

Рис. 6

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

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

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

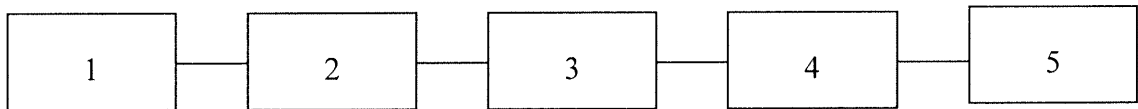
Таблица 3

| Диапазон частот                | Максимально 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                        |

#### 8.3.14 Проверка относительной погрешности измерений мощности

##### 8.3.14.1 Проверка абсолютной погрешности установки нуля.

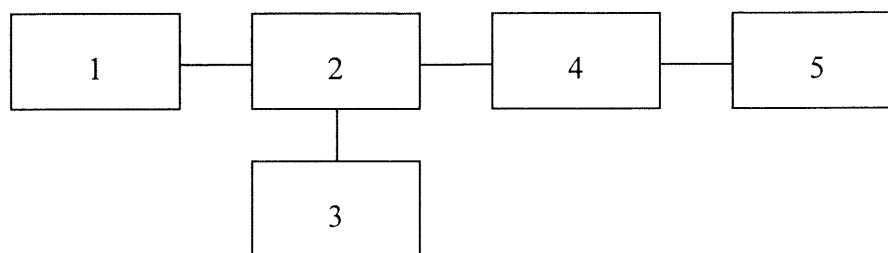
Проверку абсолютной погрешности установки нуля измерительных преобразователей FSH - Z1, FSH – Z18 проводить по схеме, представленной на рис. 7.



- 1 - синтезатор частот Г7-14 (генератор сигналов высокочастотный Г4-60).
- 2 - образцовый ваттметр (ВПО-1, ВПО-2, ВПО-3, ВПО-4, М1-8Б, М1-9Б, М1-10Б).
- 3 – переход N – III.
- 4 – измерительный преобразователь (FSH - Z1, FSH – Z18).
- 5 - анализатора спектра FSH3.

Рис. 7

Проверку абсолютной погрешности установки нуля измерительных преобразователей FSH - Z14, FSH – Z44 проводить по схеме, представленной на рис. 8.



- 1 - генератор сигналов ГСТ-2 (генераторы сигналов высокочастотные Г4-59, Г4-60).  
 2 – измерительный преобразователь (FSH - Z1, FSH – Z18).  
 3 – анализатора спектра FSH3.  
 4 – переход N – III.  
 5 - Ваттметр поглощаемой мощности МК3-69.

Рис. 8

Провести установку нуля прибора в соответствии требованиям технической документацией фирмы изготовителя.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если на блоке индикации не появилось сообщение об ошибке и показания блока индикации после установки нуля не превышают значений указанных в табл. 4.

Таблица 4

| Тип измерительного преобразователя | Максимально допустимое значение мощности |
|------------------------------------|--|
| FSH-Z1, FSH-Z18                    | $\pm 150$ пВт                            |
| FSH-Z14, FSH-Z44                   | $\pm 4$ мВт                              |

#### 8.3.14.2 Проверка относительной погрешности измерений мощности

Проверка случайной относительной погрешность измерения мощности

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

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

Таблица 5

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

установить нулевые показания блока индикации измерительного преобразователя и рабочего эталона;

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

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

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

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

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

где  $\mu_n$  – коэффициент, зависящий от числа наблюдений  $n$  и определяемый по табл. 6.

Таблица 6

|                               |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Число наблюдений $n$          | 3   | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 15   | 25   |
| Значение коэффициента $\mu_n$ | 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  $\pm 6\%$ .

8.3.14.3 Определить составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{i1}$ , зависящую от мощности и составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{1j}$ , зависящую от частоты в следующем порядке.

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

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

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

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

Таблица 7

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

Погрешность рассогласования  $\delta_p$ , рассчитать по формуле:

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

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

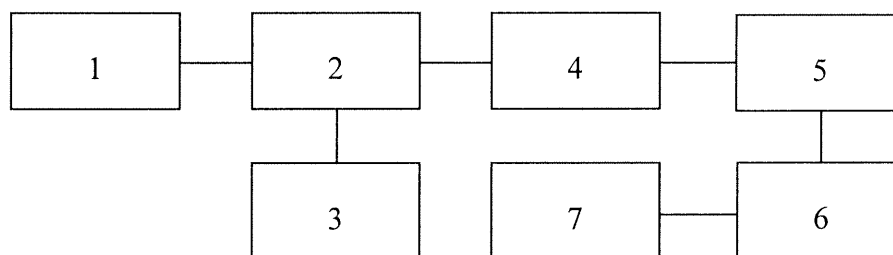
$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{ср i} - 1] \times 100, \quad (9)$$

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

Таблица 8

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

Измерения на частоте 0,01 ГГц для измерительных преобразователей FSH-Z1, FSH-Z18 проводить по схеме рис.9. Измерить значение сопротивления постоянному току испытуемого измерительного преобразователя прибором В7-39 согласно его руководству по эксплуатации. Установить по вольтметр ВЗ-63 напряжение на выходе синтезатора частот Г7-14, соответствующее уровню мощности 10 мВт, на измеренном сопротивлении нагрузки определить составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{lj}$ .



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

Рис. 9

По результатам расчетов определить максимальные значения составляющих погрешности измерений мощности  $\delta_{i1} = \delta_{i1max}$  и  $\delta_{lj} = \delta_{ljmax}$ .

Значения  $\delta_{i1max}$  и  $\delta_{ljmax}$  не должны превышать значения погрешности измерений ( $\delta_{из}$ ), определяемого по формуле:

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

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

$\delta_1$  - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

$\gamma$  - коэффициент, зависящий от соотношения

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

и определяемый по табл. 9.

Таблица 9

|   |   |      |      |      |      |      |      |          |
|---|---|------|------|------|------|------|------|----------|
| Значение параметра<br>$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_1^2}}$ | 0 | 1    | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | $\infty$ |
| Значение коэффициента $\gamma$  | 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  $\pm 6\%$ .

Относительную погрешность измерений мощности измерительных преобразователей рассчитать по формуле:

$$\delta_{при} = \delta_{i1max} + \delta_{l1max} - \delta_{i1}, \quad \% \quad (12)$$

где:  $\delta_{i1}$  – 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 испытаний считаются удовлетворительными, если значения  $|\delta_{приmax}|$  для преобразователей FSH – Z1, FSH – Z18, FSH – Z14, FSH – 44 не превышают 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по эксплуатационно-технической документации  $\pm 6\%$ .

### Опция FSH-K3 (измерительный приемник)

Перед проверкой метрологических и технических характеристик анализатора спектра в режиме измерительного приемника необходимо выполнить следующие операции:

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

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

#### 8.3.15 Определение погрешности измерений уровня входного сигнала

Определение погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала проводить методом постоянного входа при помощи генераторов сигналов высокочастотных Г4-176А, Г4-211, Г4-212 ваттметра поглощаемой мощности МЗ-93.

Собрать схему согласно рис. 10.

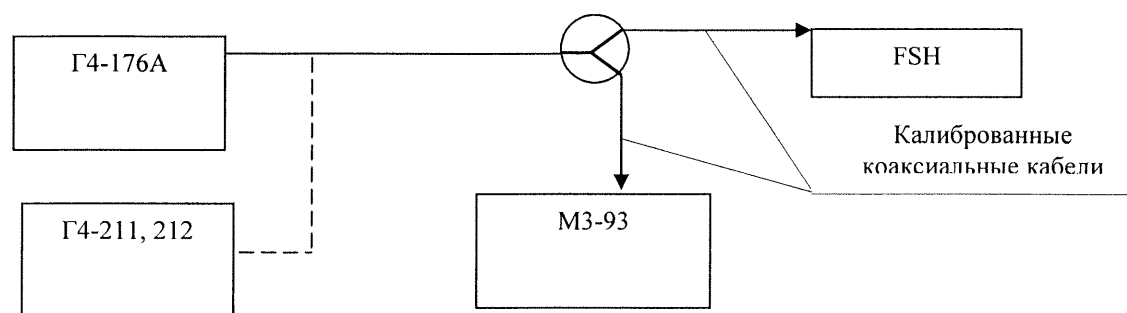


Рис. 10

Установить следующие настройки анализатора спектра:

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

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

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

Аналогичные измерения выполнить на частотах 0,15 МГц, 0,2 МГц, 0,25 МГц, 0,3 МГц, 0,5 МГц, 1 МГц, 2 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц, 30 МГц, 50 МГц, на частотах от 100 МГц до 950 МГц с дискретностью 50 МГц, 999,99 МГц, 1,01 ГГц, на частотах от 1,1 ГГц, до 3,0 ГГц с дискретностью 0,1 ГГц. На частотах свыше 1,1 ГГц использовать генераторы сигналов высокочастотные Г4-211, Г4-212. На частотах свыше 100 МГц полосу пропускания анализатора спектра установить равной 9 кГц («MANUAL CISPR BW» - 9 кГц). Уровень выходных сигналов генераторов поддерживать постоянным (по показаниям ваттметра 2 мкВт) при помощи соответствующих клавиш регулировки и верньера.

Таблица 10

|                  |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|------------------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
| F, МГц           | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | ... | 2000 | 3000 | 5000 | 6000 |
| $U_A$ , дБ (мкВ) |     |      |     |      |     |      |      |      |      |

Погрешность  $\delta_R$ , дБ, измерений уровня синусоидального сигнала рассчитать по формуле:

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

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

### 8.3.16 Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного сигнала

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

Для измерений использовать частотомер электронно-счетный ЧЗ-66.

Установить следующие настройки анализатора спектра:

- «SCAN START» - 90 кГц;



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

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

Погрешность измерений частоты  $\Delta f$ , Гц, синусоидального сигнала рассчитать по формуле (14):

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

Аналогичные измерения провести на частотах выходного сигнала генератора  $f$  250 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 10 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1000 МГц, 2 ГГц, 3 ГГц, 4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц. В качестве источника сигналов на частотах 2 и 6 ГГц использовать генератор Г4-211. При этом границы полосы обзора (области сканирования по частоте «SCAN START» и «SCAN STOP») установить равными ( $f \pm 10$  кГц) на частотах до 100 МГц и ( $f \pm 100$  кГц) на частотах свыше 100 МГц.

Для каждого измерения рассчитать погрешность согласно формуле (14).

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

### 8.3.17 Определение минимального значения и динамического диапазона измерений уровня входного синусоидального сигнала

Выход генератора Г4-176А через делители напряжений подключить к входу вольтметра ВЗ-59, как показано на рис. 11. Ослабление делителей выставить равным 0 дБ. Частоту выходного сигнала генератора установить равной 100 кГц. При помощи соответствующих ручек управления генератора регулировать уровень его выходного сигнала и добиться показаний вольтметра 56,23 мВ (минус 12 дБ(мВт), 63,246 мкВт, 95 дБ (мкВ)).

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

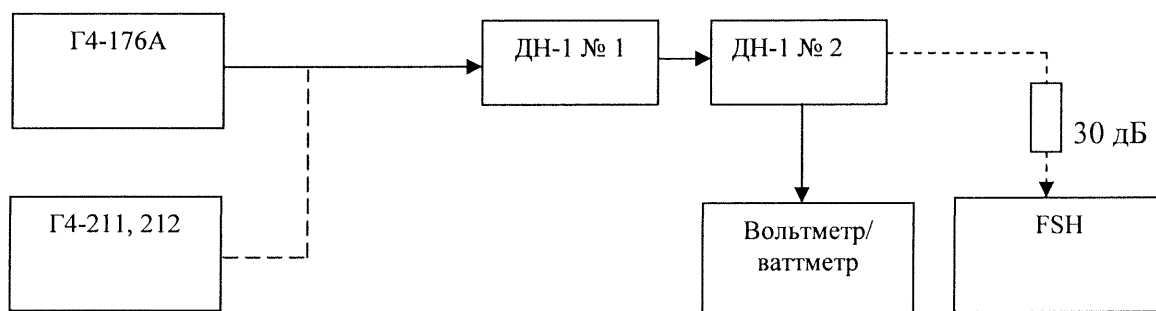


Рис. 11

На поверяемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

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

Суммарное ослабление делителей напряжения ДН-1  $L_{дн}$ , дБ, установить равным 60 дБ.

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

Аналогичные измерения провести на частотах 1,0; 50; 100; 500 МГц; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 ГГц.

Выход генератора Г4-176А подключить к входу вольтметра В3-59. Частоту выходного сигнала генератора установить равной 100 кГц. При помощи соответствующих ручек управления генератора регулировать уровень его выходного сигнала и добиться показаний вольтметра 1,778 В (18 дБ(мВт), 63,246 мВт, 125 дБ (мкВ)).

На поверяемом анализаторе спектра установить следующие настройки:

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

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

Динамический диапазон измерений уровня рассчитать по формуле:

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

На частотах 1,0; 50 МГц использовать вольтметр В3-59, на частотах свыше 50 МГц использовать ваттметр М3-93.

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

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

где  $\Delta L$  – неравномерность коэффициента ослабления аттенюатора, дБ.

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

## 9 Оформление результатов проверки

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

9.2 При отрицательных результатах проверки 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

Научный сотрудник ГЦИ СИ  
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



В. Л. Воронов



А.С. Бондаренко