

УТВЕРЖДАЮ

**Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**

А.Н. Шипунов

" 12 " ноября 2019 г.

Анализаторы спектра портативные серии 4024

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
651-19-030 МП**

2019 г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра серии 4024 (далее — анализаторы, 4024), изготавливаемые фирмой «China Electronics Technology Instruments Co., Ltd», КНР, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При поверке анализаторов выполнять операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Идентификация программного обеспечения (ПО)	7.3	да	да
Определение относительной погрешности частоты опорного кварцевого генератора. Определение диапазона частот и абсолютной погрешности измерений частоты	7.4	да	да
Определение среднего уровня собственных шумов	7.5	да	да
Определение диапазона и абсолютной погрешности установки опорного уровня	7.6	да	да
Определение абсолютной погрешности измерений мощности	7.7	да	да
Определение диапазона рабочих частот следящего генератора *	7.8	да	да
Определение диапазона и погрешности установки выходной мощности следящего генератора*	7.9	да	да

* При наличии опции

1.2 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Основные средства поверки

Пункт методики поверки	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 средства поверки
7.4	Частотомер 53230А, диапазон измерений частоты от 1 до 350 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 10^{-6}$
7.4	Стандарт частоты рубидиевый FS725, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты 5 и 10 МГц $\pm 5 \cdot 10^{-11}$
7.6, 7.7, 7.9	Ваттметр N1914А с преобразователями измерительными N8487А (диапазон частот от 50 МГц до 50 ГГц, динамический диапазон от 0,31 мВт до 100 мВт, пределы допускаемой погрешности измерений мощности ± 8 %) и E4412А (диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, диапазон измерений от -70 до +20 дБм, пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 7,1$ %)
7.4, 7.6, 7.7	Генератор сигналов E8257D с опциями UNX, 550, диапазон частот от 250 кГц до 50 ГГц, выходная мощность от -100 до +15 дБм, наличие функции низкочастотного выхода
7.8	Анализатор спектра FSV13, диапазон частот от 10 Гц до 13,6 ГГц, погрешность измерений частоты $\pm (1 \cdot 10^{-6} \cdot f + 0,001)$, где f - измеренное значение частоты, Гц; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня $\pm 0,39$ дБ

2.1 Вместо указанных в таблице 2 допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого 4024 с требуемой точностью.

2.2 Применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с неистекшим сроком действия на время проведения поверки или оттиск поверительного клейма на приборе или в документации или аттестованы в установленном порядке.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены меры безопасности, указанные в соответствующих разделах эксплуатационной документации на средства измерений, используемых при поверке.

3.2 К проведению поверки 4024 допускается инженерно-технический персонал со средним или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +20 до +30;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84 до 106.

5.2 При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов таблицы 1 анализатор бракуется и направляется в ремонт.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого 4024 и используемых средств поверки.

6.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого анализатора;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) рабочие эталоны и средства измерений, включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

7 МЕТОДЫ (МЕТОДИКИ) ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, чёткость фиксации их положения;
- чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность пломб;
- комплектность согласно требованиям эксплуатационной документации;
- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, перечисленные в п. 7.1.1. В противном случае 4024 бракуется.

7.2 Опробование

7.2.1 Подключить 4024 к сети питания и включить его согласно РЭ.

7.2.2 Убедиться в возможности установки режимов измерений и настройки основных параметров и режимов измерений анализатора.

7.2.3 Результаты опробования считать положительными, если при включении отсутствуют сообщения о неисправности и 4024 позволяет менять настройки параметров и режимы работы. В противном случае 4024 бракуется.

7.3 Идентификация ПО

7.3.1 Войти в меню «System», выбрать «System Info». На экране 4024 должна отображаться версия установленного ПО (также идентификационные данные и версия ПО отображаются на экране СИ при включении).

7.3.2 Результаты поверки считать положительными, если процедура самопроверки проходит успешно, идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Spectrum Analyzer: 4024 Series
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.1.84
Цифровой идентификатор ПО	-

7.4 Определение относительной погрешности по частоте опорного кварцевого генератора. Определение диапазона частот и абсолютной погрешности измерений частоты

7.4.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1

7.4.2 Измерить частоту сигнала $f_{\text{ИЗМ}}$ при помощи частотомера, зафиксировать

7.4.3 Относительную погрешность по частоте (δf) вычислить по формуле (1):

$$\delta f = \frac{f_{\text{ИЗМ}} - f_{\text{НОМ}}}{f_{\text{НОМ}}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{НОМ}}$ - номинальное значение частоты опорного генератора, Гц;

$f_{\text{ИЗМ}}$ - измеренное частотомером значение частоты, Гц.

7.4.4 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 2.

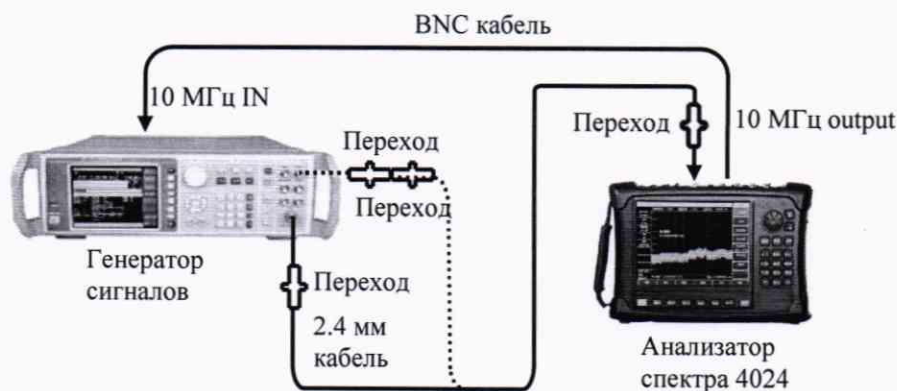


Рисунок 2

7.4.5 Соединить выход низкой частоты (LF) генератора сигналов с входом анализатора. Установить следующие параметры выхода низкой частоты: частота 9 кГц, значение амплитуды минус 10 дБм. Включить выход.

7.4.6 Установить следующие параметры анализатора:

— центральная частота 9 кГц; опорный уровень 0 дБм;

— полоса обзора 1 кГц;

—полоса пропускания 10 Гц. Остальные параметры по умолчанию.

7.4.7 Измерить значение частоты с помощью маркера путём нажатия клавиши «Peak».

7.4.8 Изменить соединение приборов для измерения частоты на высокочастотном выходе генератора (RF).

7.4.9 Установить следующие параметры генератора:

— частота выходного сигнала, равная верхнему пределу диапазона рабочих частот поверяемой модификации анализатора в соответствии с таблицей 4;

— уровень мощности выходного сигнала минус 10 дБм.

7.4.10 Установить следующие параметры анализатора:

— центральная частота анализатора - номинальный верхний предел частоты анализатора (зависит от модификации анализатора); опорный уровень 0 дБм.

- полоса обзора 1 кГц.
- полоса пропускания 10 Гц. Остальные параметры по умолчанию.

Таблица 4

Диапазон рабочих частот, Гц, для модификаций:	Значение характеристики
- 4024A	от $9 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^9$
- 4024B	от $9 \cdot 10^3$ до $6,5 \cdot 10^9$
- 4024C	от $9 \cdot 10^3$ до $9 \cdot 10^9$
- 4024D	от $9 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^9$
- 4024E	от $9 \cdot 10^3$ до $26,5 \cdot 10^9$
- 4024F	от $9 \cdot 10^3$ до $32 \cdot 10^9$
- 4024G	от $9 \cdot 10^3$ до $44 \cdot 10^9$

7.4.11 Измерить значение частоты с помощью маркера путём нажатия клавиши «Peak».

7.4.12 Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот анализатора соответствует таблице 4.

7.4.13 Нажать кнопку **Preset** анализатора и установить на нем следующие параметры:

- центральная частота 3 ГГц;
- значение полосы обзора 500 кГц; опорный уровень 0 дБм.
- отношение полосы обзора к полосе пропускания(Span/RBW): 100.

7.4.14 Повторить измерения для всех значений центральной частоты и полос обзора (зависит от модификации анализатора) из таблицы 5.

Таблица 5

Полоса обзора	1 кГц	500 кГц	50 МГц	500 МГц
Полоса пропускания	10 Гц	3 кГц	300 кГц	3 МГц
Центральная частота, ГГц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты, ±			
	Гц	кГц	МГц	МГц
<i>l</i>	2	3	4	5
$9 \cdot 10^{-6}$	21	-	-	-
1	-	11,10	1,03	10,30
3	-	12,70	1,03	10,30
5,5	-	14,70	1,03	10,30
7	-	15,90	1,04	10,31
8,5	-	17,10	1,04	10,31
9	21	-	-	-
10	-	18,30	1,04	10,31
12	-	19,90	1,04	10,31
15	-	22,30	1,04	10,31
19	-	25,50	1,05	10,32
24	-	29,50	1,05	10,32
29	-	33,50	1,05	10,32
34	-	37,50	1,06	10,33
43	-	44,70	1,06	10,33
44	21	-	-	-

7.4.15 Результаты поверки считать положительными, если:

- значения относительной погрешности частоты опорного генератора находятся в пределах $\pm 8 \cdot 10^{-7}$ (рассчитано по формуле $\pm(T \cdot 5 \cdot 10^{-7} + 3 \cdot 10^{-7})$, где T - количество лет с даты выпуска);
- диапазон рабочих частот анализатора соответствует таблице 4;

- значения абсолютной погрешности измерений частоты находятся в пределах, указанных в графах 2 – 5 таблицы 5 (вычислены по формуле: $\pm[F \cdot \delta_{ог} + 0,02 \cdot F_{по} + 0,1 F_{пп}]$, где $\delta_{ог}$ - относительная погрешность частоты опорного кварцевого генератора; F - измеряемая частота; $F_{по}$ - полоса обзора; $F_{пп}$ - полоса пропускания.

7.5 Определение среднего уровня собственных шумов

7.5.1. Средний уровень собственных шумов измерять при отсутствии сигнала на входе 4024.

7.5.2. Установить на входной RF-разъем анализатора согласованную нагрузку 50 Ом. Установить на анализаторе следующие значения параметров:

- начальная частота(Start Frequency) 10 МГц,
- конечная частота(Stop Frequency) 20 МГц;
- опорный уровень минус 50 дБм;
- входной аттенюатор 0 дБ;
- полоса пропускания 100 кГц;
- отношение полосы пропускания к полосе видеополосы (RBW/VBW) 3;
- предусилитель выключен;
- тип детектора Average.

7.5.3. Выбрать «Marker» — «Marker Noise off on» — «Peak» — «Peak Search» для измерения значения уровня шума. Запустить усреднение по 5 измерениям («Average off on» — 5).

7.5.4. Повторить измерения для значений диапазонов частот, указанных в таблице 6. Повторить измерения с включенным предусилителем для всех значений диапазонов частот.

7.5.5. Результаты поверки считать положительными, если средний уровень собственных шумов, не превышает значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон частот	Допустимое значение среднего уровня собственных шумов, дБм, не более
1	2
<i>предусилитель выключен</i>	
от 10 МГц до 20 ГГц включ.	-138
св. 20 ГГц до 32 ГГц включ.	-135
св. 32 ГГц до 40 ГГц включ.	-127
св. 40 ГГц до 44 ГГц включ.	-120
<i>предусилитель включен</i>	
от 10 МГц до 20 ГГц включ.	-157
св. 20 ГГц до 32 ГГц включ.	-154
св. 32 ГГц до 40 ГГц включ.	-148
св. 40 ГГц до 44 ГГц включ.	-140

7.6 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки опорного уровня

7.6.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 3.

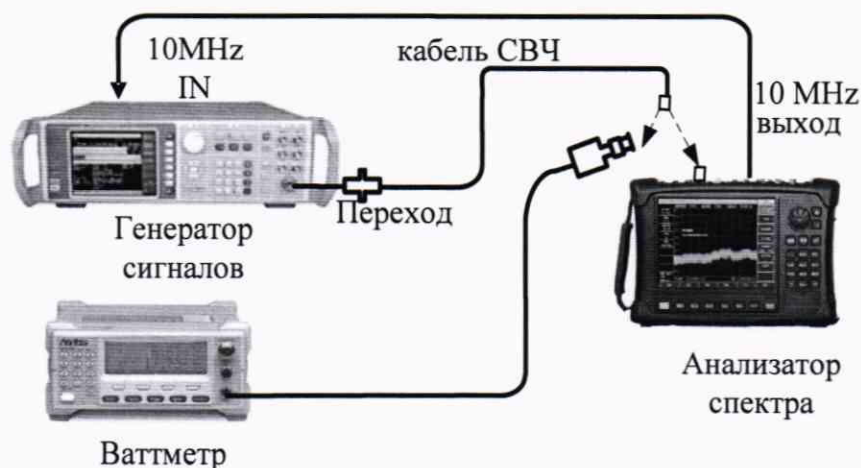


Рисунок 3

7.6.2 Установить на анализаторе максимальный и минимальный возможный опорный уровень. Убедиться в возможности изменения значения от минус 120 до плюс 30 дБм

7.6.3 Установить следующие значения параметров генератора сигналов: значение частоты выходного сигнала 50 МГц, значение уровня мощности выходного сигнала минус 3 дБм по показаниям ваттметра с преобразователем измерительным E4412A.

7.6.4 Установить следующие параметры анализатора:

- центральная частота 50 МГц;
- опорный уровень 0 дБм;
- полоса пропускания 10 МГц;
- остальные параметры по умолчанию.

7.6.5 Выбрать режим анализатора «Peak» (Поиск пика), и «Marker» — «Delta» (Дельта маркер), зафиксировать опорное значение.

7.6.6 Уменьшить выходную мощность генератора, контролируя значение с помощью ваттметра, на 10 дБ. Установить на анализаторе значение опорного уровня минус 10 дБм. Нажать клавишу «Peak», вычислить погрешность установки опорного уровня как разность между показанием дельта маркера по амплитуде и текущим значением опорного уровня.

7.6.7 Повторить операции пункта 7.6.6, устанавливая значения опорных уровней минус 20, минус 30, минус 40, минус 50 и минус 60 дБм.

7.6.8 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки опорного уровня анализатора составляет от минус 120 до плюс 30 дБм, значения абсолютной погрешности установки опорного уровня находятся в пределах $\pm 1,2$ дБ в диапазоне от 0 до минус 60 дБм.

7.7 Определение абсолютной погрешности измерений мощности

а) *Определение абсолютной погрешности измерения уровня мощности из-за нелинейности шкалы дисплея*

7.7.1 Для определения абсолютной погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы дисплея собрать схему измерений в соответствии с рисунком 3.

7.7.2 Для определения абсолютной погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы дисплея собрать схему измерений в соответствии с рисунком 3.

7.7.3 Установить следующие параметры анализатора:

- центральная частота 50 МГц;
- опорный уровень 0 дБм;
- полоса пропускания 10 МГц;
- остальные параметры по умолчанию.

7.7.4 Установить следующие значения параметров генератора сигналов: значение частоты выходного сигнала 50 МГц, значение уровня мощности выходного сигнала P_T равно 0 дБм по показаниям ваттметра с преобразователем измерительным E4412A.

7.7.5 Нажать на анализаторе клавишу «Peak» (Поиск пика), и «Marker»— «Delta» (Дельта маркер), зафиксировать опорное значение.

7.7.6 Уменьшить выходную мощность генератора на значение ΔP_r равное 10 дБ, контролируя значение с помощью ваттметра. Нажать клавишу «Peak», вычислить погрешность измерений уровня мощности ΔP_n , вызванную нелинейностью шкалы дисплея как разность между показанием дельта маркера анализатора ΔM и текущим значением уровня сигнала генератора P_r :

$$\Delta P_n = \Delta M - \Delta P_r.$$

7.7.7 Повторить операции пункта 7.7.5, уменьшая выходную мощность генератора с шагом 10 дБ до уровня минус 60 дБм.

7.7.8 Результаты поверки по пункту А) считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений мощности из-за нелинейности шкалы дисплея находятся в пределах $\pm 1,0$ дБ

б) Определение абсолютной погрешности измерения уровня мощности при переключении входного аттенюатора

7.7.9 Установить следующие параметры анализатора:

- Центральная частота 50 МГц;
- Полоса обзора 100 кГц;
- Опорный уровень минус 10 дБм;
- Ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ;
- Полоса пропускания 1 кГц;
- Полоса видеочастотного фильтра 100 Гц;
- остальные параметры по умолчанию.

7.7.10 Установить следующие значения параметров генератора сигналов: значение частоты выходного сигнала 50 МГц, значение уровня мощности выходного сигнала минус 25 дБм по показаниям ваттметра с преобразователем измерительным E4412A.

7.7.11 Нажать на анализаторе клавишу «Peak» (Поиск пика), зафиксировать опорное значение.

7.7.12 Вычислить погрешность измерений уровня мощности ΔP , как разность между показанием анализатора P_{ac} и показанием ваттметра $P_{ваттм}$:

$$\Delta P = P_{ac} - P_{ваттм}. \quad (2)$$

7.7.13 Повторить операции пунктов 7.7.11 и 7.7.12 при значениях ослабления входного аттенюатора анализатора 10 и 20 дБ.

7.7.14 Установить опорный уровень анализатора 20 дБм и изменить уровень выходного сигнала генератора так, чтобы показания измерителя мощности были равны минус 5 дБм.

7.7.15 Повторить операции пунктов 7.7.11 и 7.7.12 при значениях ослабления входного аттенюатора анализатора 30, 40 и 50 дБ для модификаций 4024D, 4024E, 4024F, 4024G и 30 дБ для модификаций 4024A, 4024B, 4024C.

7.7.16 Результаты поверки по пункту Б) считать положительными, если диапазон ослаблений входного аттенюатора составляет от 0 до 30 дБ для модификаций 4024A, 4024B, 4024C; от 0 до 50 дБ - для модификаций 4024D, 4024E, 4024F, 4024G, значения абсолютной погрешности измерения мощности при переключении входного аттенюатора находятся в пределах $\pm 1,2$ дБ

в) Определение абсолютной погрешности измерений мощности в рабочем диапазоне частот

7.7.17 Уровень сигнала (мощность) на выходе генератора контролировать с помощью ваттметра.

7.7.18 Абсолютную погрешность измерений уровня сигналов определять на частотах 10, 500 МГц; 6, 10, 12,5; 13, 15, 20, 25, 32, 40 ГГц, в зависимости от верхнего предела диапазона рабочей частоты модификации анализатора. Устанавливать на генераторе последовательно значения частот в зависимости от модификации анализатора и уровень мощности

0 дБм для каждой частотной точки при помощи ваттметра с преобразователем измерительным E4412A (на частотах от 10 МГц) или N8487A (от 50 МГц).

7.7.19 Установить на анализаторе следующие параметры: отношение полосы пропускания к полосе видеополосы (RBW/VBW) 10; тип детектора Normal; предусилитель выключен; количество измерений 5, остальные параметры сохранить по умолчанию или в режиме авто. Выбрать режим анализатора Peak (Поиск пика). Устанавливать центральную частоту в соответствии с пунктом 7.7.18.

7.7.20 Вычислить абсолютную погрешность измерений уровня сигнала как разность между значением мощности, измеренной при помощи анализатора и измеренной ваттметром по формуле 2.

7.7.21 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений мощности сигнала находятся в пределах $\pm 1,8$ дБ в диапазоне частот от 10 МГц до 13 ГГц, $\pm 2,3$ дБ - в диапазоне частот свыше 13 до 40 ГГц.

7.8 Определение диапазона рабочих частот встроенного следящего генератора (при наличии опции)

7.8.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 4.

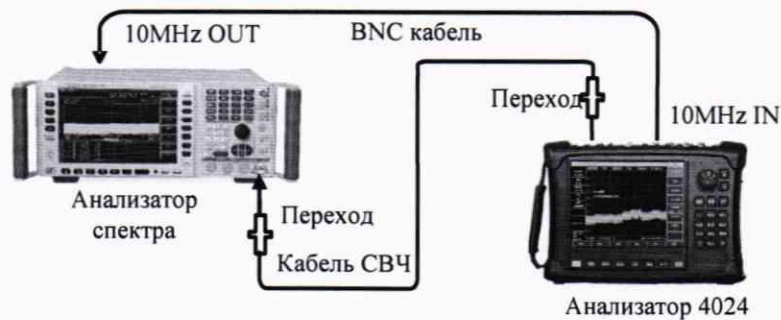


Рисунок 4

7.8.2 Установить следующие параметры сигнала на следящем генераторе анализатора 4024: частота сигнала 100 кГц, значение уровня мощности выходного сигнала минус 10 дБм.

7.8.3 На анализаторе спектра FSV установить центральную частоту 100 кГц и полосу обзора 10 кГц. С помощью маркера измерить частоту сигнала.

7.8.4 Установить выходную частоту следящего генератора анализатора 4024С равную 9 ГГц. Повторить измерения анализатором 4024 на центральной частоте 9 ГГц.

7.8.5 Результаты поверки считать положительными, если диапазон частот следящего генератора составляет от 100 кГц до 4 ГГц для модификации 4024А, от 100 кГц до 6,5 ГГц для модификации 4024В, от 100 кГц до 9 ГГц для модификации 4024С.

7.9 Определение диапазона и погрешности установки выходной мощности следящего генератора (при наличии опции)

7.9.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 5



Рисунок 5

7.9.2 Определение погрешности установки уровня выходного сигнала проводить с помощью ваттметра на частотах 10 МГц; 1,2; 2; 4; 6; 7,5 и 9 ГГц (верхняя частота в зависимости от модификации анализатора) и уровнях выходного сигнала минус 40; минус 30; минус 20, минус 10, минус 5, 0 дБм путём сличения установленного значения уровня выходного сигнала с показаниями ваттметра с преобразователем мощности E4412A.

7.9.3 Погрешность установки уровня выходного сигнала определить по формуле (3):

$$\Delta P = P_{уст} [дБм] - P_{изм} [дБм] \quad , \quad (3)$$

где $P_{уст}$ - установленное значение уровня выходного сигнала, дБм;

$P_{изм}$ - измеренное значение уровня выходного сигнала.

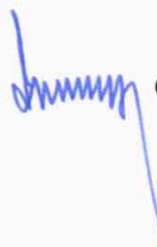
7.9.4 Результаты поверки считать положительными, если диапазон уровня выходного сигнала генератора составляет от минус 40 до 0 дБм, а значения погрешности установки выходной мощности следящего генератора находятся в пределах $\pm 2,5$ дБ.

8 Оформление результатов поверки

8.1. При положительных результатах поверки на анализатор выдают свидетельство установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

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

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский