

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора—заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



[Signature] А.Н. Щипунов

» *ноябрь* 2019 г.

Генераторы сигналов серий 1465, 1465-V

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-19-033 МП

2019 г.

1 Основные положения

1.1 Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов серий 1465, 1465-V (далее по тексту – генераторы), изготавливаемые фирмой «China Electronics Technology Instruments Co., Ltd», КНР, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке выполнять операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Идентификация программного обеспечения (ПО)	8.3		
4 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты	8.4	да	да
5 Определение дискретности установки частоты	8.5	да	да
6 Определение уровня фазовых шумов	8.6	да	да
7 Определение диапазона установки уровня выходного сигнала	8.7	да	да
8 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала	8.8	да	да

2.2 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.

3 Средства поверки

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

Таблица 2

Номер пункта 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 средств поверки
8.4, 8.5	Частотомер электронно-счётный Agilent 53132A с опциями 012 и 124 (диапазон частот от 0 Гц до 12,4 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 4 \cdot 10^{-9}$)
8.4	Генератор сигналов Agilent E8257D с опциями UNX, 567 (диапазон частот от 250 кГц до 67 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $7,5 \cdot 10^{-8}$)
8.4, 8.5	Стандарт частоты рубидиевый FS725 (пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты 5, 10 МГц $\pm 5 \cdot 10^{-11}$)
8.6	Анализатор источников сигналов E5052A (диапазон рабочих частот от 10 МГц до 7 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума $\pm (2-4)$ дБ)
8.7, 8.8	Преобразователь измерительный N8488A (диапазон рабочих частот от 10 МГц до 70 ГГц, диапазон измеряемой мощности от -35 дБм до +20 дБм, нелинейность АЧХ от 0,52 до 0,8 %)

Продолжение таблицы 2

Номер пункта 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 средств поверки
8.4, 8.7, 8.8	Анализатор спектра FSW67: частотный диапазон от 2 Гц до 67 ГГц, диапазон измеряемых уровней от минус 110 до 30 дБм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня из-за нелинейности шкалы от -90 дБм до 0 дБм $\pm(0,1-0,2)$ дБ

3.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых генераторов с требуемой точностью.

3.3 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.

4 Требования к квалификации поверителей

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

5 Требования безопасности

5.1 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».

6 Условия поверки

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

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

7 Подготовка к поверке

7.1 Поверитель должен изучить РЭ поверяемого генератора и используемых средств поверки.

7.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого генератора;
- 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).

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 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 печатей и пломб;
- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются все вышеперечисленные требования. В противном случае генератор бракуется.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить генератор к сети питания. Включить его согласно РЭ. Проверить возможность изменения настроек и режимов работы генератора.

8.2.2 Выполнить процедуру самодиагностики. Выбрать пункт меню «System», «Instrument Self Test», «Start Test».

8.2.3 Результаты опробования считать положительными, если при включении генератора отсутствуют сообщения о неисправности, генератор позволяет менять настройки параметров и режимы работы, процедура самодиагностики выполняется успешно. В противном случае генератор бракуется.

8.3 Идентификация ПО

8.3.1 Идентификацию ПО на генераторе проверить следующим образом:

— подключить генератор к сети питания и включить его согласно РЭ.

— после включения выбрать пункт «About» (в правом нижнем углу экрана), выбрать в всплывающем меню пункт «Software Version», на экране должны отобразиться идентификационные данные генератора и версия установленного программного обеспечения.

8.3.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Signal Generator:1465 Series
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже 1.0.57

В противном случае генератор бракуется.

8.4 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты

8.4.1 Диапазон рабочих частот определить путем измерения частоты колебаний при соединении приборов по схеме, приведенной на рисунке 1.



Рисунок 1

8.4.2 Установить значение частоты выходного сигнала поверяемого генератора равной 100 кГц, значение уровня мощности выходного сигнала поверяемого генератора равное 0 дБм. Провести измерения частоты с помощью анализатора спектра в режиме частотомера.

8.4.3 Установить значение частоты выходного сигнала поверяемого генератора равное номинальному верхнему пределу частотного диапазона модели в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Модель генератора	Частотный диапазон
- 1465C и 1465C-V	от 10^5 до $10 \cdot 10^9$
- 1465D и 1465D-V	от 10^5 до $20 \cdot 10^9$
- 1465D с опцией H06	от 10^7 до $20 \cdot 10^9$
- 1465F и 1465F-V	от 10^5 до $40 \cdot 10^9$
- 1465H и 1465H-V	от 10^5 до $50 \cdot 10^9$
- 1465L и 1465L-V	от 10^5 до $67 \cdot 10^9$

8.4.4 Относительную погрешность установки частоты определить путем измерения частоты колебаний при соединении приборов по схеме, приведённой на рисунке 2. На генераторе установить: значение частоты выходного сигнала равным 10 ГГц, значение уровня мощности выходного сигнала поверяемого генератора равным 0 дБм. Измерить значение частоты с помощью частотомера.



Рисунок 2

8.4.5 Относительную погрешность установки частоты генератора вычислить по формуле (1):

$$\delta_f = \frac{(f_{уст} - f_{изм})}{f_{изм}}, \quad (1)$$

где $f_{уст}$ — значение частоты, установленное на генераторе,

$f_{изм}$ — значение частоты, измеренное частотомером.

8.4.6 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот генератора, приведенных в таблице 4, значения относительной погрешности установки частоты находятся в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-8}$. В противном случае генератор бракуется.

8.5 Определение дискретности установки частоты

8.5.1 Дискретность установки частоты определить методом прямых измерений частоты на выходе поверяемого генератора с помощью частотомера по схеме, приведённой на рисунке 3.



Рисунок 3

8.5.2 Установить значение частоты выходного сигнала поверяемого генератора равной 1000000,000 Гц, уровень мощности выходного сигнала 0 дБм. На частотомере установить режим измерения частоты, время счета 10 с.

8.5.3 Сигнал с выхода RF OUTPUT поверяемого генератора подать на вход частотомера и провести измерение частоты $F_{уст}$. Уменьшить значение частоты выходного сигнала на поверяемом генераторе на 0,001 Гц, провести измерение частоты F_n и определить ΔF_n по формуле (2):

$$\Delta F_n = F_{уст} - F_n, \quad (2)$$

8.5.4 Увеличить значение частоты выходного сигнала на 0,001 Гц, измерить частоту F_v и определить ΔF_v по формуле (3):

$$\Delta F_v = F_v - F_{уст}, \quad (3)$$

8.5.5 Результаты поверки считать положительными, если значения ΔF_n и ΔF_v находятся в пределах $(0,001 \pm 0,0005)$ Гц. В противном случае генератор бракуется.

8.6 Определение уровня фазовых шумов

8.6.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 4.

8.6.2 Уровень фазовых шумов генератора определить с помощью анализатора источников сигналов E5052A в режиме измерения фазовых шумов на частоте несущей 1 ГГц, уровне сигнала 10 дБм (для 1465 и значениях отстройки от несущей 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц).

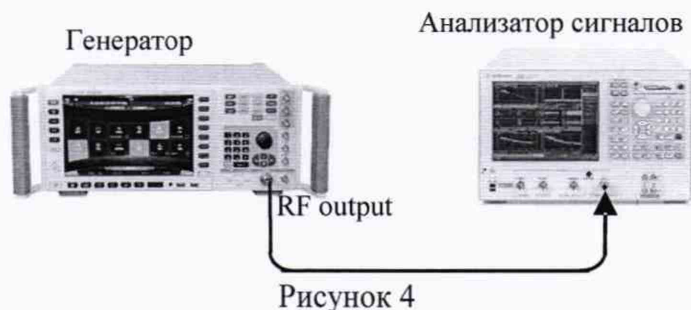


Рисунок 4

8.6.3 Результаты испытаний считать положительными, если уровень фазовых шумов не превышает значений, приведённых в таблице 5.

Таблица 5

Однополосный фазовый шум (значение выходного сигнала +10 дБм, частота несущей 1 ГГц), дБн/Гц			
Отстройка 100 Гц	Отстройка 1 кГц	Отстройка 10 кГц	Отстройка 100 кГц
-101	-121	-130	-130

8.7 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала

8.7.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала проводить одновременно.

8.7.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала проводить путём сличения установленного значения уровня выходного сигнала с показаниями ваттметра и анализатора спектра (рисунок 4).

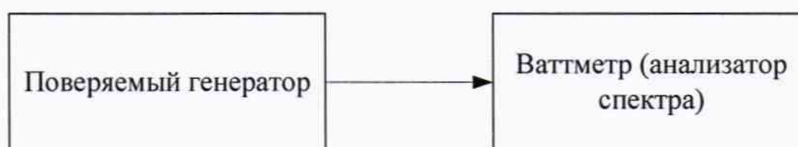


Рисунок 4

8.7.3 Определение погрешности установки уровня выходного сигнала проводить на частотах 100 кГц (1 МГц при наличии у генератора опции H06); 10, 500 МГц; 2, 3; 6; 9; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 67 ГГц (верхняя частота в зависимости от модели генератора) и уровнях выходного сигнала минус 90 (или минимально возможный, в зависимости от того какое значение больше); минус 60, минус 5, 10 дБм (или максимально возможный, в зависимости от того какое значение меньше), при наличии у генератора опции H06 — +25 дБм.

8.7.4 Измерения при уровнях выходного сигнала от минус 5 дБм проводить при помощи ваттметра. Абсолютную погрешность установки уровня выходного сигнала определить по формуле (4):

$$\Delta P = P_{уст.} [\text{дБм}] - P_{ваттм.} [\text{дБм}] , \quad (4)$$

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

$P_{ваттм.}$ – измеренное значение уровня выходного сигнала при помощи ваттметра, дБм.

8.7.5 Измерения при уровнях выходного сигнала до минус 5 дБм проводить при помощи анализатора спектра. Абсолютную погрешность установки уровня выходного сигнала определить по формуле (5):

$$\Delta P = P_{уст.} [\text{дБм}] - P_{АС} [\text{дБм}] - \Delta P_{АЧХ} [\text{дБ}], \quad (5)$$

где $P_{АС}$ – измеренное значение уровня выходного сигнала анализатором спектра;

$\Delta P_{АЧХ}$ – поправка на неравномерность АЧХ анализатора спектра, которая определяется на каждой частоте при уровне генератора минус 5 дБм по формуле (6):

$$\Delta P_{АЧХ} = P_{ваттм.} [\text{дБм}] - P_{АС} [\text{дБм}]. \quad (6)$$

8.7.6 Результаты поверки считать положительными, если в диапазонах уровня выходного сигнала генератора, приведённых в таблице 6, значения абсолютной погрешности установки уровня сигнала генератора находятся в пределах, приведённых в таблице 7. В противном случае генератор бракуется.

Таблица 6

Диапазон частот	Значение уровня выходного сигнала, дБм	
	без опции H01A/B	с опцией H01A/B
<i>Стандартная комплектация</i>		
1465C/D от 100 кГц до до 20 ГГц включ.	от -20 до +15	от -110 до +15
1465D с опцией H06 от 10 МГц до до 20 ГГц включ.	от -10 до +28	от -90 до +27
1465F от 100 кГц до до 9 ГГц включ. св. 9 ГГц до 40 ГГц включ.	от -20 до +12 от -20 до +12	от -110 до +12 от -110 до +12
1465H/L от 100 кГц до до 15 ГГц включ. св. 15 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 67 ГГц включ.	от -20 до +5 от -20 до +5 от -20 до +5	от -90 до +5 от -90 до +5 от -90 до +4
<i>Опция H05</i>		
1465C/D от 100 кГц до до 20 ГГц включ.	от -20 до +20	от -110 до +20
1465F от 100 кГц до до 9 ГГц включ. св. 9 ГГц до 40 ГГц включ.	от -20 до +20 от -20 до +17	от -110 до +20 от -110 до +17
1465H/L от 100 кГц до до 15 ГГц включ. св. 15 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 67 ГГц включ.	от -20 до +17 от -20 до +13 от -20 до +8	от -90 до +17 от -90 до +13 от -90 до +8

Продолжение таблицы 6

Диапазон частот	Значение уровня выходного сигнала, дБм	
	без опции H01A/B	с опцией H01A/B
<i>Стандартная комплектация</i>		
1465A-V/B-V/C-V/D-V от 100 кГц до до 20 ГГц включ.	от -20 до +15	от -110 до +15
1465F-V от 100 кГц до до 9 ГГц включ. св. 9 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 40 ГГц включ.	от -20 до +10 от -20 до +10 от -20 до +10	от -110 до +10 от -110 до +10 от -110 до +10
1465H-V/L-V от 100 кГц до до 15 ГГц включ. св. 15 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 60 ГГц включ. св. 60 ГГц до 67 ГГц включ.	от -20 до +5 от -20 до +5 от -20 до +5 от -20 до +4	от -90 до +5 от -90 до +5 от -90 до +4 от -90 до +3
<i>Опция H05</i>		
1465A-V/B-V/C-V/D-V от 100 кГц до до 20 ГГц включ.	от -20 до +20	от -110 до +20
1465F-V от 100 кГц до до 9 ГГц включ. св. 9 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 40 ГГц включ.	от -20 до +18 от -20 до +15 от -20 до +12	от -110 до +18 от -110 до +15 от -110 до +12
1465H-V/L-V от 100 кГц до до 15 ГГц включ. св. 15 ГГц до 30 ГГц включ. св. 30 ГГц до 60 ГГц включ. св. 60 ГГц до 67 ГГц включ.	от -20 до +15 от -20 до +12 от -20 до +8 от -20 до +6	от -90 до +15 от -90 до +12 от -90 до +6 от -90 до +4

Таблица 7

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала, дБ					
Генераторы серии 1465, стандартная комплектация					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:	Для значений уровня выходного сигнала				
	от -20 дБм до -10 дБм включ.	св. -10 дБм до 10 дБм включ.	св. +10 дБм до 20 дБм включ.	св. 20 дБм	
от 100 кГц до 2 ГГц включ.	±1,5	±0,6	±0,8	-	
св. 2 до 20 ГГц включ.	±1,5	±0,8	±0,8	-	
св. 20 до 40 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±1,0	-	
св. 40 до 50 ГГц включ.	±1,8	±1,3	-	-	
св. 50 до 67 ГГц включ.	±2,0	±1,5	-	-	
св. 500 МГц до 20 ГГц включ.(1465D+H06)	-	±0,9	±0,8	±1,2	
Генераторы серии 1465, с опцией H01A/B					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:	Для значений уровня выходного сигнала				
	от -90 дБм до -70 дБм включ.	св. -70 дБм до -10 дБм включ.	св. -10 дБм до 10 дБм включ.	св. 10 дБм до 20 дБм включ.	св. 20 дБм
от 100 кГц до 2 ГГц включ.	±1,5	±0,7	±0,6	±0,8	-
св. 2 до 20 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±0,8	±0,8	-
св. 20 до 40 ГГц включ.	±2,0	±1,0	±0,9	±1,0	-

Продолжение таблицы 7

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:	Для значений уровня выходного сигнала				
	от -90 дБм до -70 дБм включ.	св. -70 дБм до -10 дБм включ.	св. -10 дБм до 10 дБм включ.	св. 10 дБм до 20 дБм включ.	св. 20 дБм
св. 40 до 50 ГГц включ.	±2,5	±1,5	±1,3	-	-
св. 50 до 67 ГГц включ.	±3,0	±1,8	±1,5	-	-
от 10 МГц до 500 МГц включ.(1465D+H06)	±1,8	±1,0	±0,9	±1,3	-
св. 500 МГц до 20 ГГц включ.(1465D+H06)	±2,0	±1,1	±0,8	±0,8	±1,2
Генераторы 1465-V, стандартная комплектация					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:	Для значений уровня выходного сигнала				
	от -20 дБм до -10 дБм включ.	св. -10 дБм до 10 дБм включ.	св. +10 дБм до 20 дБм включ.		
от 100 кГц до 2 ГГц включ.	±1,5	±0,6	±0,8		
св. 2 до 20 ГГц включ.	±1,5	±0,8	±0,8		
св. 20 до 40 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±1,0		
св. 40 до 50 ГГц включ.	±1,8	±1,3	-		
св. 50 до 67 ГГц включ.	±2,0	±1,5	-		
Генераторы 1465-V, с опцией H01A/B					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот, дБ:	Для значений уровня выходного сигнала				
	от -90 дБм до -70 дБм включ.	св. -70 дБм до -10 дБм включ.	св. -10 дБм до 10 дБм включ.	св. 10 дБм до 20 дБм включ.	
от 100 кГц до 2 ГГц включ.	±1,5	±0,7	±0,6	±0,8	
св. 2 до 20 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±0,8	±0,8	
св. 20 до 40 ГГц включ.	±2,0	±1,0	±0,9	±1,0	
св. 40 до 50 ГГц включ.	±2,5	±1,5	±1,3	-	
св. 50 до 67 ГГц включ.	±3,0	±1,8	±1,5	-	

9 Оформление результатов проведения поверки

9.1 При положительных результатах поверки на генераторы выдается свидетельство установленной формы.

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

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

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский