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

_____ **А.Н. Щипунов**

«28» 03 **2014 г.**

М.п.

Инструкция

Преобразователи измерительные Е4412А, Е4413А

Методика поверки
651-13-64 МП

г.п. Менделеево
2014 г.

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи измерительные E4412A, E4413A (далее – преобразователи измерительные) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке преобразователей измерительных выполнить работы в объеме, указанном в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение КСВН входа	8.3	да	да
4 Определение относительной погрешности коэффициента калибровки	8.4	да	да
5 Определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности	8.5	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

Таблица 2

№ пунктов 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
8.3	Анализатор цепей векторный E5071C с опцией 2K5 (рег. № 45992-10): диапазон рабочих частот от 0,3 МГц до 20 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот до 2 ГГц $\pm(0{,}008 + 0{,}018\cdot\lvert\Gamma\rvert)$, в диапазоне частот до 6 ГГц $\pm(0{,}013 + 0{,}032\cdot\lvert\Gamma\rvert)$, в диапазоне частот до 20 ГГц $\pm(0{,}017 + 0{,}613\cdot\lvert\Gamma\rvert)$, где $\lvert\Gamma\rvert$ - измеряемый модуль коэффициента отражения
8.3	Анализатор цепей векторный N5222A (рег. № 53567-13): диапазон рабочих частот от 0,01 до 26,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот до 2 ГГц ± 0,015, в диапазоне частот до 26,5 ГГц ± 0,04
8.3	Переход коаксиальный измерительный с соединителя типа IX (тракт 3,5 мм), (розетка) на соединитель N-типа (розетка)

№ пунктов 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
8.1, 8.3	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85054B для измерительных преобразователей E4412A или набор мер 85052B для измерительных преобразователей E4413A (рег. № 53566-13): пределы допускаемой погрешности определения действительных значений модуля коэффициента отражения от ± 0,8 до ± 1,4 %, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента отражения от 0,5 до 1,5°, пределы допускаемой погрешности определения коэффициента передачи от ± 0,03 до ± 0,1 дБ, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента передачи от ± 0,3 до ± 2°
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности М3-54 (рег. № 7058-79), с преобразователями измерительными аттестованными в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц с погрешностью аттестации по коэффициенту калибровки не более 2 %
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности М3-22А (рег. № 2858-72): с преобразователями измерительными аттестованными в качестве рабочего эталона при значении поглощаемой мощности 1 мкВт -10 мВт в диапазоне частот от 0,03 до 10 ГГц с погрешностью аттестации по коэффициенту калибровки не более 2%, в диапазоне частот от 10 до 18 ГГц с погрешностью аттестации по коэффициенту калибровки не более 2,5 %, в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц с погрешностью аттестации по коэффициенту калибровки не более 3 %
8.1, 8.4, 8.5	Генератор сигналов E8257D с опциями 520, 532, 540 (рег. № 53941-13): диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора (за 1 год): $\pm 3 \cdot 10^{-8}$, шаг установки частоты 0,001 Гц, пределы установки мощности выходного сигнала от минус 135 до 21 дБ исх. 1 мВт, пределы абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала ± 1 дБ при мощностях выходного сигнала более минус 70 дБ исх. 1 мВт
8.2, 8.4, 8.5	Блок измерительный ваттметра N1914A
8.5	Аттенюатор коаксиальный ступенчатый 8496B (рег. № 37204-08) с опцией 001 для преобразователей измерительных E4412A, с опцией 002 для преобразователей измерительных: диапазон частот от 0 до 18 ГГц, диапазон установки ослабления от 0 до 110 дБ, погрешность установки ослабления ± 1,5 дБ
8.4, 8.5	Делитель мощности 11667A: рабочий диапазон частот от 0 до 18 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более ± 0,25 дБ, для преобразователей измерительных E4412A
8.4, 8.5	Делитель мощности 11667B: рабочий диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более ± 0,25 дБ, для преобразователей измерительных E4413A
8.5	Усилитель, диапазон частот от 0,01 до 1 ГГц, мощность на выходе усилителя не менее 27 дБ исх. 1 мВт

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

3.3 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки преобразователей измерительных допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим образованием, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, допущенный к работе с электроустановками и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

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 с преобразователями измерительными допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ Р 51350-99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.3 При проведении поверки необходимо принять меры защиты от статического напряжения, использовать антистатические заземленные браслеты и заземлённую оснастку. Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности антистатических защитных устройств.

6 Условия поверки

Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С — 23 ± 5*;
- относительная влажность воздуха, % — от 5 до 70;
- атмосферное давление, мм рт. ст. — от 626 до 795;
- напряжение питания, В — от 100 до 250;
- частота, Гц — от 50 до 60.

*температура выбирается в соответствии с руководствами по эксплуатации средств поверки.
Все средства измерений, использующиеся при поверке преобразователей измерительных, должны работать в нормальных условиях эксплуатации.

7 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в документации изготовителя на поверяемый преобразователь измерительный по его подготовке к работе;
- выполнить операции, оговоренные в РЭ на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить прогрев приборов для установления их рабочих режимов.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие измерительных преобразователей требованиям эксплуатационной документации изготовителя;
- отсутствие механических повреждений и ослабления элементов конструкции, четкость фиксации их положения, четкость обозначений, количество, чистоту и исправность разъема, наличие и целостность печатей и пломб;

- соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя входа преобразователя измерительного размерам, указанным в ГОСТ 13317-89 с использованием комплекта устройств для определения геометрических размеров коаксиальных соединителей из состава наборов мер 85054B для соединителей N-типа или 85052B для соединителей IX-типа (тракт 3,5 мм). Типы коаксиальных соединителей преобразователей измерительных приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип преобразователя измерительного	Тип коаксиального соединителя по ГОСТ 13317-89
E4412A	N-тип
E4413A	IX тип (тракт 3,5 мм)

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если внешний вид преобразователя измерительного соответствует перечисленным в п. 8.1.1 требованиям.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование преобразователей измерительных E4412A (E4413A) проводить в следующей последовательности:

8.2.1.1 Подключить преобразователь измерительный E4412A (E4413A) к измерительному каналу блока измерительного ваттметра N1914A.

8.2.1.2 Прогреть средства измерений в течение 1 часа.

8.2.1.3 Провести установку нуля преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного ваттметра N1914A.

8.2.1.4 Подключить преобразователь измерительный к выходу «Power Ref output» блока измерительного ваттметра N1914A.

8.2.1.5 Провести калибровку преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного ваттметра N1914A.

8.2.1.6 Выполнить п. 8.2.1.3.

8.2.1.7 Снять показания блока измерительного ваттметра N1914A.

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если при подключении преобразователя измерительного отсутствуют сообщения о неисправности, установка нуля, калибровка и установка режимов работы преобразователя измерительного проведены успешно (отсутствуют сообщения о неисправности) и показания блока измерительного соответствуют значению 0 ± 50 пВт.

8.3 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) входа

8.3.1 Провести калибровку анализатора цепей векторного[1)] в диапазоне частот от 0,01 до 18 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85054B при поверке преобразователей измерительных E4412A и в диапазоне частот от 0,05 до 26,5 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85052B при поверке преобразователей измерительных E4413A согласно РЭ анализатора.

8.3.2 Перевести анализатор в режим измерений коэффициента стоячей волны по напряжению согласно РЭ анализатора.

8.3.3 Провести измерения КСВН входа преобразователя измерительного.

8.3.4 Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренные значения КСВН не превышают указанных в таблице 4.

[1)] Тип анализатора цепей векторного и набор мер коэффициентов передачи и отражения выбирать согласно таблице 2, в зависимости от типа поверяемого преобразователя. При необходимости при подключении анализатора цепей векторного использовать переход коаксиальный измерительный с соединителя типа IX (тракт 3,5 мм), (розетка) на соединитель N-типа (розетка)

Таблица 4

Наименование характеристики	Значение характеристики	
Тип преобразователя измерительного	E4412A	E4413A
КСВН входа, в диапазоне частот, не более		
от 10 МГц до 30 МГц	1,22	-
от 30 МГц до 2 ГГц	1,15	-
от 2 ГГц до 6 ГГц	1,17	-
от 6 ГГц до 11 ГГц	1,2	-
от 11 ГГц до 18 ГГц	1,27	-
от 50 МГц до 100 МГц	-	1,21
от 100 МГц до 8 ГГц	-	1,19
от 8 ГГц до 18 ГГц	-	1,21
от 18 ГГц до 26,5 ГГц	-	1,26

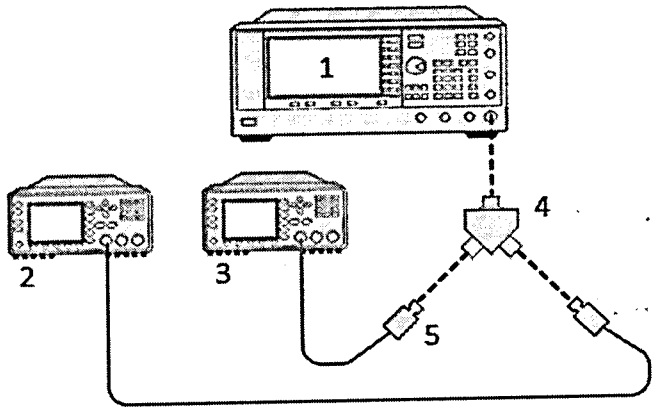
8.4 Определение относительной погрешности коэффициента калибровки

8.4.1 Подключить преобразователь измерительный E4412A (E4413A) к блоку измерительному N1914A.

8.4.2 Провести установку нуля и калибровку преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного.

8.4.3 Установить на блоке измерительном частоту измеряемого сигнала 50 МГц согласно РЭ блока измерительного.

8.4.4 Определение относительной погрешности коэффициента калибровки проводить по схеме, приведенной на рисунке 2.



1 – генератор сигналов E8257D,
2 – ваттметр поглощаемой мощности, аттестованный в качестве рабочего эталона[1)],
3 – блок измерительный N1914A,
4 – делитель мощности[2)],
5 – поверяемый преобразователь измерительный E4412A (E4413A).

Рисунок 2 – Схема определения относительной погрешности коэффициента калибровки

8.4.5 На генераторе сигналов E8257D установить частоту сигнала 50 МГц. Установить мощность сигнала на выходе делителя мощности 1 мВт (0 дБ исх. 1 мВт)

[1)] Вместо образцового преобразователя мощности и аттестованного делителя мощности допускается использовать калибратор мощности.

[2)] При поверке преобразователей измерительных с коаксиальным соединителем N-типа использовать делитель мощности 11667A. При поверке преобразователей измерительных с коаксиальным соединителем типа IX (тракт 3,5 мм) – 11667B.

(значение мощности контролировать при помощи ваттметра, аттестованного в качестве рабочего эталона).

8.4.6 Измерить мощности сигналов на выходах делителя P_1 при помощи поверяемого измерительного преобразователя и $P_1^{эт}$ при помощи рабочего эталона поглощаемой мощности. Результаты измерений занести в таблицу 5.

Таблица 5

Частота сигнала	P_1	$P_1^{эт}$	P_2	$P_2^{эт}$	Относительная погрешность коэффициента калибровки δ	Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента калибровки	
						E4412A	E4413A
10 МГц						± 1,8 %	-
30 МГц						± 1,8 %	-
50 МГц						опорное значение	
100 МГц						± 1,8 %	± 1,8 %
1 ГГц						± 1,8 %	± 1,8 %
2 ГГц						± 2,4 %	± 2,4 %
4 ГГц						± 2,4 %	± 2,4 %
6 ГГц						± 2,4 %	± 2,4 %
8 ГГц						± 2,4 %	± 2,4 %
10 ГГц						± 2,4 %	± 2,4 %
12 ГГц						± 2,4 %	± 2,8 %
14 ГГц						± 2,4 %	± 2,8 %
16 ГГц						± 2,6 %	± 2,8 %
18 ГГц						± 2,6 %	± 2,8 %
20 ГГц						-	± 3,0 %
24 ГГц						-	± 3,0 %
26 ГГц						-	± 3,0 %
26,5 ГГц						-	± 3,0 %

8.4.7 Отсоединить поверяемый и эталонный преобразователи измерительные от делителя мощности и подключить снова, поменяв их местами.

8.4.8 Измерить значение мощности сигналов на выходах делителя при помощи поверяемого преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного P_2 и $P_2^{эт}$ при помощи рабочего эталона поглощаемой мощности. Результаты измерений занести в таблицу 4.

8.4.9 Повторить измерения по п.п. 8.4.3 – 8.4.8 для указанных в таблице 5 частот, для преобразователей измерительных с N-типом коаксиального соединителя измерения проводить на частотах до 18 ГГц включительно, для преобразователей измерительных с типом IX (тракт 3,5 мм) коаксиального соединителя измерения проводить на частотах до 26,5 ГГц включительно. Для преобразователей измерительных E4413A с опцией H33 убедиться в возможности индикации наличия мощности 1 мВт на входе преобразователя измерительного в диапазоне свыше 26,5 ГГц до 33 ГГц.

8.4.10 Рассчитать относительную погрешность коэффициента калибровки по формуле (1):

$$\delta = \frac{10^{0,05(P_1+P_2-P_1^{эт}-P_2^{эт})}}{1\ мВт}, \%. \qquad (1)$$

8.4.11 Результаты поверки считать удовлетворительными, если рассчитанные значения относительной погрешности коэффициента калибровки находятся в указанных в таблице 5 пределах.

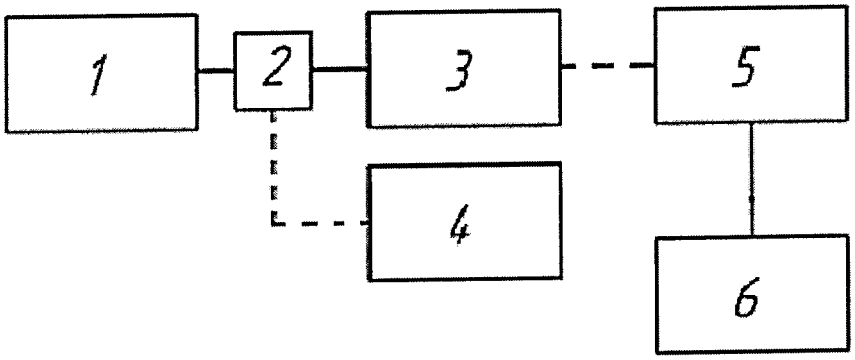
8.5 Определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности

8.5.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности проводить в следующей последовательности:

8.5.2 Подключить преобразователь измерительный Е4412А (Е4413А) к блоку измерительному N1914A.

8.5.3 Провести установку нуля и калибровку преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного.

8.5.4 Собрать схему, представленную на рисунке 3.



1 – генератор сигналов[1)],
2 – делитель мощности[2)],
3 – комплект аттенюаторов ступенчатых,
4 – ваттметр поглощаемой мощности, аттестованный в качестве рабочего эталона[3)],
5 – преобразователь измерительный,
6 – блок измерительный ваттметра.

Рисунок 3 – Схема определения нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности

8.5.4.1 Установить частоту сигнала генератора 50 МГц.

8.5.4.2 Установить ослабление аттенюатора ступенчатого (далее – аттенюатора) A_0=0 дБ.

8.5.4.3 Отсоединить поверяемый и эталонный преобразователи измерительные от аттенюатора и делителя мощности соответственно и подключить снова, поменяв их местами.

8.5.4.4 Установить при помощи генератора сигнал на выходе аттенюатора 1 мВт, контролируя мощность по образцовому ваттметру поглощаемой мощности.

8.5.4.5 Отсоединить поверяемый и эталонный преобразователи измерительные от делителя мощности и аттенюатора соответственно и подключить снова, поменяв их местами.

8.5.4.6 Поддерживая мощность на выходе делителя постоянной с учетом поправочного коэффициента, измерить мощность сигнала на выходе аттенюатора при помощи поверяемого преобразователя измерительного (P).

8.5.4.7 Рассчитать поправочный коэффициент K показаний ваттметра как разность P и значения 1 мВт.

8.5.4.8 Рассчитать значение мощности на выходе делителя и входе образцового ваттметра поглощаемой мощности по формуле (2):

$$P_{эт} = P' - K - R, \text{ дБ исх. 1 мВт} \qquad (2)$$

[1)] При поверке преобразователей измерительных в диапазоне измерений мощности от 10 дБ исх. 1 мВт до 20 дБ исх. 1 мВт к выходу генератора подключить усилитель.

[2)] Тип делителя мощности выбирается исходя из их диапазона рабочих частот (см. таблицу 2).

[3)] Вместо образцового преобразователя мощности и аттестованного делителя мощности допускается использовать калибратор мощности.

где P' - измеренное ваттметром значение, дБ исх. 1 мВт

R - значение разностного ослабления аттенюатора, дБ.

8.5.4.9 Рассчитать относительную погрешность нелинейности амплитудной характеристики δ по формуле (3):

$$\delta = \frac{P-(1\ \text{мВт}\cdot 10^{0,1\cdot P_{эт}})}{1\ \text{мВт}\cdot 10^{0,1\cdot P_{эт}}} \cdot 100,\ \% \qquad (3)$$

где P - результат измерений мощности преобразователем измерительным, Вт,

$P_{эт}$ - контролируемое ваттметром поглощаемой мощности значение мощности на выходе делителя мощности, дБ исх. 1 мВт.

8.5.4.10 Изменяя мощность сигнала генератора и ослабление аттенюатора провести измерения по пп. 8.5.4.1 – 8.5.4.9 не менее, чем в пяти точках каждого поддиапазона измеряемых значений мощности на входе преобразователя включая края диапазона. Диапазоны измеряемых преобразователями значений мощности указаны в таблице 6.

Таблица 6

Тип преобразователя измерительного	Диапазон измеряемых значений мощности, дБ исх. 1 мВт	Допустимые границы нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности, %
Е4412А, или Е4413А	от минус 70 до 10 от 10 до 20	± 3,0 ± 4,5

8.5.5 Результаты поверки по п. 8.5 считать положительными, если значения относительной погрешности измерений находятся в допустимых границах указанных в таблице 6.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на преобразователь измерительный выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый преобразователь измерительный к дальнейшему применению не допускается, на него выдается извещение о непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Начальник отдела № 86 _____ В.Л.Воронов