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

_____ А.Н. Щипунов

"22" 10 2018 г.

Инструкция

Преобразователи измерительные U2041XA, U2042XA, U2043XA, U2044XA, U2049XA

Методика поверки

651-018-059 МП

р.п. Менделеево
2018 г.

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи измерительные U2041XA, U2042XA, U2043XA, U2044XA, U2049XA, изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия (далее – преобразователи измерительные), и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

1.3 Периодическая поверка средств измерений в случае их использования для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа, допускается на основании письменного заявления их владельца, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке средства измерений.

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 измерений мощности	8.4	да	да
5 Определение относительной погрешности опорного генератора	8.5		

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 N5224A (рег. № 53567-13): диапазон рабочих частот от 0,01 до 43,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот до 2 ГГц ± 0,009, в диапазоне частот до 26,5 ГГц ± 0,015, в диапазоне частот до 43,5 ГГц ± 0,017
8.1, 8.3	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85054B для измерительных преобразователей с типом коаксиального соединителя N или набор мер 85052B для измерительных преобразователей с типом IX коаксиального соединителя (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	Государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний 1 разряда в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц по поверочной схеме ГОСТ 8.641-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в коаксиальных и волноводных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц»
8.2, 8.4	Генератор сигналов E8257D (рег. № 53941-13): диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора (за 1 год): ± $7{,}5 \cdot 10^{-8}$, шаг установки частоты 0,001 Гц, пределы установки мощности выходного сигнала от минус 135 до 12 дБ исх. 1 мВт, пределы абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала ± 1 дБ при мощностях выходного сигнала более минус 70 дБ исх. 1 мВт

8.4	Делитель мощности 11667A
8.4	Делитель мощности 11667C
8.5	Частотомер электронно-счетный 53152A (рег. № 61697-15): диапазон измерений частоты от 10 Гц до 46 ГГц; пределы основной допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты при работе от внутреннего генератора ± ($F \cdot 10^{-7} + \Delta F$), где F – частота сигнала, ΔF – разрешение по частоте, пределы относительной погрешности измерений частоты $\pm 10^{-6}$

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых преобразователей с требуемой точностью.

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, эксплуатационную документацию на преобразователи 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.

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 средств измерений 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 коэффициентов передачи и отражения 85054В и 85052В в зависимости от типа коаксиального соединителя. Типы коаксиального соединителя преобразователей измерительных приведены в таблице 3.

Таблица 3

Типы коаксиальных соединителей	
U2041XA, U2042XA, U2043XA, U2044XA U2049XA	N-тип IX тип (тракт 3,5 мм)

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если внешний вид и присоединительные размеры коаксиальных соединителей преобразователей измерительных соответствуют перечисленным в п. 8.1.1 требованиям.

8.2 Опробование

8.2.1 Запустить на ПЭВМ ПО программу U2040X Series Firmware.

8.2.2 Подключить преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт (для моделей U2041XA, U2042XA, U2043XA, U2044XA) либо через кабель локальной вычислительной сети (ЛВС) – LAN (для модели U2049XA).

8.2.3 Убедиться, что преобразователь измерительный опознан правильно. При этом в диалоговом окне программы должна появиться строка с названием преобразователя измерительного.

Номер версии ПО преобразователя измерительного определяется при подключении преобразователя к ПЭВМ (номер версии ПО преобразователя при этом автоматически отображается на экране ПЭВМ).

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО преобразователя измерительного соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	U2040X Series Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже A.02.06
Цифровой идентификатор ПО	-

8.2.4 Выбрать строку с названием испытываемого преобразователя измерительного в списке отображаемого оборудования.

8.2.5 В верхней части диалогового окна программы нажать на программную клавишу «Interactive IO». В поле команд открывшегося окна ввести «*IDN?» и нажать на программную клавишу «Send & Read». Убедиться в наличии ответного сообщения от преобразователя измерительного.

8.2.6 Перевести преобразователь измерительный в режим измерений «Нормальный» согласно РЭ.

8.2.7 Провести установку нуля преобразователя измерительного.

8.2.7 Провести установку нуля преобразователя измерительного.

8.2.8 Подключить преобразователь измерительный к генератору сигналов.

8.2.9 Установить частоту генерации 50 МГц, мощность сигнала 1 мВт. Выполнить установку нуля преобразователя измерительного.

8.2.10 Перевести преобразователь измерительный в режим «Усреднение результатов измерений».

8.2.11 Выполнить установку нуля согласно 8.2.7 – 8.2.9.

Результаты поверки считать положительными, если при подключении преобразователя измерительного идентификация преобразователя измерительного происходит правильно, серийный номер, указанный в ответном сообщении преобразователя измерительного, совпадает с серийным номером, указанным на корпусе, преобразователь измерительный позволяет проводить установку нуля в обоих режимах работы, как в присутствии сигнала, так и без него, не выдавая сообщения об ошибке. В противном случае преобразователь бракуется.

8.3 Определение КСВН входа

8.3.1 Определение КСВН входа преобразователя измерительного проводить по схеме, приведенной на рисунке 2. Тип анализатора цепей векторного выбирается исходя из требуемого диапазона частот. При необходимости к входному порту кабеля соединительного подключают соответствующий коаксиально-коаксиальный переход.

1 – анализатор цепей векторный;
2 – СВЧ кабель;
3 – преобразователь измерительный;
4 – ПЭВМ.

Рисунок 2 – Схема определения КСВН входа преобразователя измерительного

8.3.2 Провести калибровку анализатора цепей векторного с СВЧ кабелем в диапазоне частот от 0,01 до 18 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85054B при испытаниях преобразователей измерительных U2041XA, U2042XA, U2043XA, U2044XA и в диапазоне частот от 0,01 до 33 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85052D при испытаниях преобразователей измерительных U2049XA согласно РЭ анализатора.

8.3.3 Подготовить к работе поверяемый преобразователь согласно РЭ в режиме автоматического выбора пределов измерений.

8.3.4 Перевести анализатор в режим измерений коэффициента стоячей волны по напряжению.

8.3.5 Провести измерения КСВН входа преобразователя измерительного.

8.3.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренные значения КСВН в нормальных условиях эксплуатации не превышают указанных в таблице 5 в столбце «КСВН, не более». В противном случае преобразователь бракуется.

Таблица 5

Тип преобразователя измерительного	Частотный диапазон	Диапазон измеряемой мощности, дБм	КСВН, не более
U2041XA / U2042XA	от 0,01 до 6 ГГц	от -70 до +15 включ.	1,2
		св. +15 до +26	1,29
U2043XA / U2044XA	от 0,01 до 6 ГГц включ.	от -70 до +15 включ.	1,2
	св. 6 до 18 ГГц	от -70 до +15 включ.	1,26
	от 0,01 до 6 ГГц	св. +15 до +26	1,29
	от 6 до 18 ГГц	св. +15 до +26	1,3
U2049XA	от 10 до 30 МГц включ.	от -70 до +15 включ.	2,18
		св. +15 до +20	2,21
	св. 30 до 50 МГц включ.	от -70 до +15 включ.	1,35
		св. +15 до +20	1,37
	св. 50 до 100 МГц включ.	от -70 до +15 включ.	1,22
		св. +15 до +20	1,24
	св. 0,1 до 11,5 ГГц включ.	от -70 до +15 включ.	1,17
		св. +15 до +20	1,21
	св. 11,5 до 30 ГГц включ.	от -70 до +15 включ.	1,29
		св. +15 до +20	1,33
	св. 30 до 33 ГГц	от -70 до +15 включ.	1,33
		св. +15 до +20	1,36

8.4 Определение относительной погрешности измерения мощности

8.4.1 Определение погрешности измерения мощности в диапазоне от -20 до 10 дБм.

8.4.1.1 Собрать схему измерения в соответствии с рисунком 3. Присоединить вход делитетя мощности с выходом генератора сигналов. На одно плечо делителя присоединить рабочий эталон (РЭ) мощности 1-го разряда в зависимости от частотного диапазона поверяемого измерителя мощности. На второе плечо присоединить преобразователь мощности (N8481A/N8485A/N8485A-033 в зависимости от частотного диапазона поверяемого измерителя мощности) откалиброванный по РЭ мощности1-го разряда (далее – инцидентный).

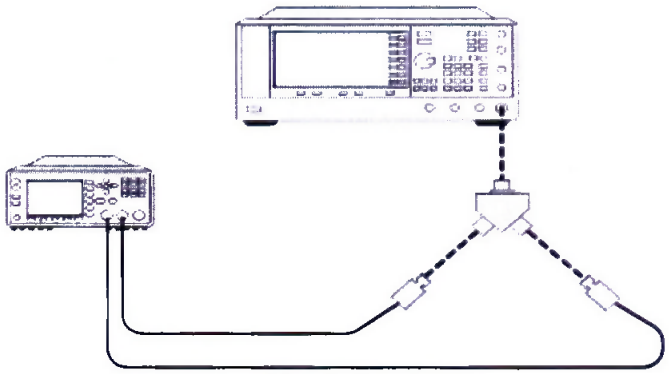

Рисунок 3

8.4.1.2 С генератора подать сигнал 0 дБм, 50 МГц. На преобразователях мощности установить частоту измерения в соответствии с с частотой, установленной на генераторе. Произвести измерения мощности на РЭ мощности 1-го разряда (P_{STD}) и инциндентном преобразователе мощности (P_{INC1}) и расчитать коэффициент деления делителя мощности:

$$P_{ratio}(dB) = P_{STD} - P_{INC1}$$

8.4.1.3 Провести измерения коэффициента деления на всех частотах.

8.4.1.4 Заменить РЭ мощности 1-го разряда на поверяемый измерительный преобразователь U2040XA, провести обнуление и калибровку поверяемого преобразователя и провести измерения мощности на тех же частотах уровня мощности U2040XA (P_{DUT}) и инциндентного преобразователя мощности (P_{INC2}).

8.4.1.5 Рассчитать погрешность измерения мощности по формуле:

$$ПГ(дБ) = P_{DUT} - (P_{INC2} + (P_{STD} - P_{INC1}))$$

$$ПГ(\%) = 100 \times (alog\left(\frac{P_{DUT} - \left(P_{INC2} + (P_{STD} - P_{INC1})\right)}{10}\right) - 1)$$

8.4.1.6 Рассчитать погрешность для всех остальных частот с тем же уровенм мощности сигнала.

8.4.1.7 Провести измерения и расчет погрешности уровня мощности для режимов измерения «Усреднения», «Нормальный» Видео полоса Off/High, «Нормальный» Видео полоса MED/LOW. Сравнить с допустимыми пределами погрешности в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Пределы допускаемой относительной погрешности калибровочных коэффициентов, %						
Режим «Усреднение результатов измерений»						
Диапазон частот	U2041XA, U2042XA			U2043XA,U2044XA		U20491XA
от 10 до 30 МГц включ.	±4,4			±4,4		±4,5
св. 30 до 500 МГц включ.	±3,7			±3,7		±3,9
св. 0,5 до 1 ГГц включ.	±3,7			±3,7		±3,8
св. 1 до 6 ГГц включ.	±3,7			±3,7		±3,9
св. 6 до 10 ГГц включ.	-			±3,7		±4,0
св. 10 до 18 ГГц включ.	-			±4,0		±4,2
св. 18 до 26,5 ГГц включ.	-			-		±4,9
св. 26,5 до 33 ГГц включ.	-			-		±5,6
Режим «Нормальный»						
	Фильтр видеополосы Откл./Широкий			Фильтр видеополосы Средний/Узкий		
	U2042XA	U2044XA	U2049XA	U2042XA	U2044XA	U2049XA
от 10 до 30 МГц включ.	±5,7	±5,7	±4,5	±4,4	±4,4	±4,5
св. 30 до 500 МГц включ.	±5,2	±5,2	±4,1	±3,7	±3,7	±3,9
св. 0,5 до 1 ГГц включ.	±5,2	±5,2	±3,9	±3,7	±3,7	±3,9
св. 1 до 6 ГГц включ.	±5,3	±5,3	±4,0	±3,7	±3,7	±4,0
св. 6 до 10 ГГц включ.	-	±5,3	±4,1	-	±3,7	±4,1
св. 10 до 18 ГГц включ.	-	±5,4	±4,3	-	±4,0	±4,2
св. 18 до 26,5 ГГц включ.	-	-	±5,0	-	-	±4,9
св. 26,5 до 33 ГГц включ.	-	-	±5,7	-	-	±5,6

8.4.2 Определение погрешности измерения мощности +20 дБм

8.4.2.1 Собрать схему измерения в соответствии с рисунком 4. Присоединить РЭ мощности 1-го разряда в зависимости от частотного диапазона поверяемого измерителя мощности на канал А блока ваттметра. На канал В присоединить инцендентный преобразователь мощности (N8481A/N8485A/N8485A-033 в зависимости от частотного диапазона поверяемого измерителя мощности).

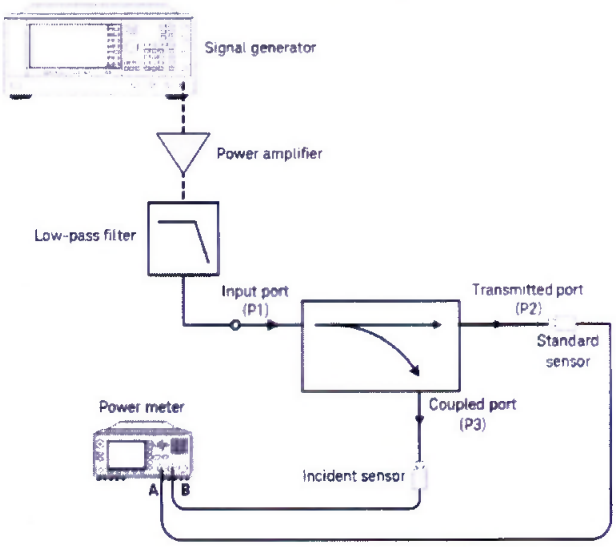

Рисунок 4

8.4.2.2 Ввести смещение уровня мощности сигнала генератора на величину усиления усилителя, нажатием Amplitude->More-> Ampl Offset. Например, если коэффициент усиления усилителя 28 дБ, введите +28 дБ смещения.

8.4.2.2 На генераторе установить выходное значение мощности +10 дБм на частоте 50 МГц. Провести измерение мощности РЭ мощности 1-го разряда (PSTD) и инциндентного (PINC1). Вычислить коэффициент ответвления по формуле:

$$Pcpl(dB) = PSTD - PINC1$$

8.4.2.3 Повторить измерения на всех частотах.

8.4.2.4 Заменить РЭ мощности 1-го разряда мощности на U2040XA. Провести измерения мощности U2040XA (PDUT) и инцендентного измерителя мощности (PINC2). Расчитать погрешность измерения мощности по формуле:

$$ПГ(\%) = 100 \times (alog\left(\frac{P_{DUT} - (P_{INC2} + P_{cpl})}{10}\right) - 1)$$

8.4.2.5 Рассчитать погрешность для всех остальных частот с тем же уровенм мощности сигнала.

8.4.2.6 Провести измерения и расчет погрешности уровня мощности для режимов измерения «Усреднения», «Нормальный» Видео полоса Off/High, «Нормальный» Видео полоса MED/LOW.

8.4.2.6 Результаты поверки считать удовлетворительными если рассчитанные значения не превышают значений погрешности в указанных в таблице 6. В противном случае преобразователь бракуется.

8.5 Определение относительной погрешности установки опорной частоты

8.5.1 Собрать схему измерения согласно рисунку 5.

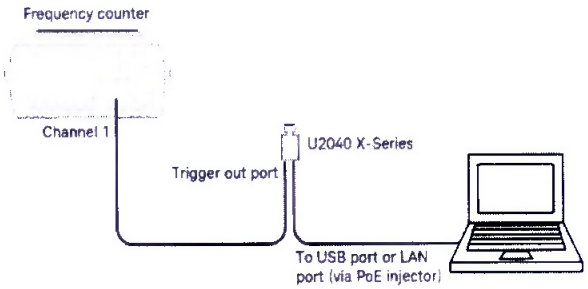

Рисунок 5

8.5.2 На преобразователь послать команды:

SYST:PRES

SERV:BIST:TBAS:STAT ON

CAL:ZERO:AUTO OFF

CAL:AUTO OFF

8.5.3 Провести измерение 10 МГц сигнала частотомером 53152A и вычислить относительную погрешность опорного генератора.

8.5.4 Результаты поверки считать удовлетворительными, если измеренные значения не превышают превышают значения $\pm 25 \cdot 10^{-6}$. В противном случае преобразователь бракуется.

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 непригодности.

Начальник НИО-1 О.В. Каминский