

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


А.Н. Щипунов

« 24 »

2014 г.



Инструкция

Преобразователи измерительные ваттметров поглощаемой мощности
8481D, 8483A, 8485D, 8485D-033, 8487D, Q8486D, R8486D, V8486A,
W8486A

Методика поверки
651-14-09 МП

г.п. Менделеево
2014 г.

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи измерительные 8481D, 8483A, 8485D, 8485D-033, 8487D, Q8486D, R8486D, V8486A, W8486A (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 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 N5227A (рег. № 53567-13): диапазон рабочих частот от 0,01 до 67,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот до 2 ГГц $\pm 0,04$, в диапазоне частот до 20 ГГц $\pm 0,03$, в диапазоне частот до 40 ГГц $\pm 0,03$, в диапазоне частот до 67,5 ГГц $\pm 0,045$
8.3	Анализатор электрических цепей векторный E5071C с опциями 280 или 480 (рег. № 45992-10): диапазон рабочих частот от 9 кГц до 8,5 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот от 9 кГц до 10 МГц $\pm (0,004 + 0,015 \cdot \Gamma)$ дБ, в диапазоне частот от 10 МГц до 3 ГГц $\pm (0,006 + 0,016 \cdot \Gamma)$ дБ, в диапазоне частот от 3 до 6 ГГц $\pm (0,010 + 0,025 \cdot \Gamma)$ дБ, в диапазоне частот от 6 до 8,5 ГГц $\pm (0,014 + 0,03 \cdot \Gamma)$ дБ, где Γ – измеренное значение модуля коэффициента отражения

8.1, 8.2, 8.3	Набор мер коэффициентов передачи и отражения (ККПО) 85054В для преобразователей измерительных с коаксиальным соединителем N-типа, 85052В – с коаксиальным соединителем типа IX (тракт 3,5 мм), 85056А – с коаксиальным соединителем типа I (тракт 2,4 мм), 85058В – с коаксиальным соединителем 1,85 мм (рег. № 53566-13): пределы допускаемой погрешности определения действительных значений модуля коэффициента отражения от $\pm 0,8$ до $\pm 1,4$ %, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента отражения от $0,5$ до $1,5^\circ$, пределы допускаемой погрешности определения коэффициента передачи от $\pm 0,03$ до $\pm 0,1$ дБ, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента передачи от $\pm 0,3$ до $\pm 2^\circ$
8.1, 8.2, 8.3	Измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «ОБЗОР-304» (рег. № 37556-08) в комплектности для работы в коаксиальном тракте с волновым сопротивлением 75 Ом, соединитель N-типа: диапазон рабочих частот от 0,3 до 3200 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $\pm 0,8$ дБ
8.3	Измеритель КСВН панорамный Р2-69 (рег. № 7640-80): диапазон частот от 53,57 ГГц до 78,33 ГГц, погрешность измерений КСВН $\pm (5 \cdot K + 5) \%$
8.3	Переход волноводно-волноводный с волновода WR-15 на волновод 3,6×1,8 мм: значение КСВН не более 1,04; вносимые потери не более 0,5 дБ.
8.1, 8.2, 8.3	Рабочий эталон (установка высшей точности) единиц комплексных коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот от 10 МГц до 50 ГГц и от 75 ГГц до 170 ГГц, (далее – УВТ 50/75-170), (рег. № 37151-08)
8.2	Согласованные нагрузки и адаптеры-переходы из наборов мер, входящих в состав измерителя комплексных коэффициентов передачи и отражения «ОБЗОР-304» для преобразователей измерительных 8483А
8.2	Согласованные нагрузки из комплекта измерителя КСВН панорамного Р2-69 для преобразователей измерительных V8486А
8.2	Согласованные нагрузки из наборов мер, входящих в состав УВТ 50/75-170. преобразователей измерительных Q8486D, R8486D, W8486А
8.4	Вольтметр переменного тока ВК3-78 (рег. № 34920-07): диапазон частот от 10 кГц до 1,5 ГГц, диапазон измерений значения напряжения от 10 мВ до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm (0,2 + 0,08 \cdot U_{\text{предел}} / U_{\text{изм}})$, где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения, $U_{\text{предел}}$ – верхнее значение поддиапазона измерений
8.4 – 8.5	Генератор сигналов произвольной формы 33250А (рег. № 26209-03): диапазон рабочих частот от 1 мГц до 80 МГц, диапазон установки размаха напряжения выходного сигнала на нагрузке 50 Ом от 10 мВ до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки размаха напряжения $\pm (0,01 \cdot U_p + 1 \text{ мВ})$, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала $\pm 1 \cdot 10^{-6}$
8.4 – 8.5	Генератор сигналов E8257D (рег. № 36797-08): диапазон частот от 250 кГц до 67,5 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 12 дБ относительно 1 мВт, пределы абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала ± 1 дБ при мощностях выходного сигнала более минус 70 дБ относительно 1 мВт

8.4 – 8.5	Генератор сигналов Г4-186 (рег. № 12654-91): диапазон частот от 67,5 до 78,33 ГГц
8.4 – 8.5	Генератор сигналов Г4-183 (рег. № 35328-07): диапазон частот от 78,33 до 110 ГГц
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54, аттестованный в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 0,03 до 18 ГГц (рег. № 7058-79) пределы относительной погрешности аттестации по коэффициенту калибровки $\pm 2\%$
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-22А, с преобразователями измерительными аттестованными в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 18 до 50 ГГц (рег. № 2858-72): пределы относительной погрешности аттестации по коэффициенту калибровки $\pm 3\%$
8.4	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-10А, с преобразователями измерительными аттестованными в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 50 до 78,33 ГГц (рег. № 8292-81): пределы относительной погрешности аттестации по коэффициенту калибровки $\pm 3\%$
8.4	Ваттметр образцовый проходной падающей мощности М1-11Б (рег. № 12350-90): диапазон частот от 25,86 до 37,5 ГГц, диапазон измеряемых значений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до 0,1 Вт, погрешность измерений мощности $\pm 1,5\%$ в диапазоне измерений от 1 до 30 мВт; $\pm 2,5\%$ в диапазоне измерений от 0,1 до 1 мВт и от 30 до 100 мВт
8.4	Прибор для поверки ваттметров М1-25/1, М1-25/2 (рег. № 8941-82): диапазоны частот от 37,5 до 53,57 ГГц и от 53,57 до 78,33 ГГц, диапазон измеряемых значений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до 0,1 Вт, погрешность измерений мощности $\pm 2\%$
8.4	Калибратор мощности образцовый Н7-1/1 (рег. № 12929-91): диапазон частот от 78,33 до 118,1 ГГц, диапазон измеряемых значений мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до 0,1 Вт, погрешность измерений мощности $\pm (2,5 \dots 4)\%$
8.2, 8.4, 8.5	Блок измерительный ваттметра N1914А
8.5	Комплект аттенуаторов ступенчатых 8494В и 8496В, аттестованный в качестве рабочего эталона коэффициента ослабления, пределы относительной погрешности аттестации по разностному ослаблению $\pm 1,5\%$
8.4 – 8.5	Делитель мощности 11667А: рабочий диапазон частот от 0 до 18 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более $\pm 0,25$ дБ
8.4 – 8.5	Переход коаксиальный Agilent 11852В измерительный с соединителя N-типа (50 Ом), (розетка) на соединитель N-типа (75 Ом), (вилка)
8.4 – 8.5	Переход коаксиальный Agilent 11852В с опцией 004 измерительный с соединителя N-типа (50 Ом), (вилка) на соединитель N-типа (75 Ом), (розетка)
8.4 – 8.5	ККП, КВП, ВВП, аттестованные по коэффициенту передачи с погрешностью не более $\pm 0,1$ дБ
8.4 – 8.5	Делитель мощности 11667С: рабочий диапазон частот от 0 до 50 ГГц, вносимое ослабление 8,5 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более $\pm 0,4$ дБ

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 утвержденного 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 | $23 \pm 5^*$; |
| - 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, используемые 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 электрических разъемов и СВЧ соединителей, наличие и целостность печатей и пломб;

- соответствие присоединительных размеров входного коаксиального соединителя или волноводного фланца преобразователя измерительного размерам, указанным в ГОСТ 13317-89, IEEE Std 287™-2007 или IEC 153-2 Iss. 2. Типы соединителей преобразователей измерительных приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип преобразователя измерительного	Тип входного разъема по ГОСТ 13317-89, IEEE Std 287™-2007 и IEC 153-2 Iss. 2	Диапазон рабочих частот, ГГц
8481D	N-тип (коаксиальный тракт, 50 Ом)	от 0,01 до 18
8483A	N-тип (коаксиальный тракт, 75 Ом)	от 0,0003 до 2
8485D	IX тип (коаксиальный тракт 3,5 мм)	от 0,05 до 26,5
8485D-033	IX тип (коаксиальный тракт 3,5 мм)	от 0,05 до 33
8487D	I тип (коаксиальный тракт 2,4 мм)	от 0,05 до 50
Q8486D	UG-383/U (волноводный тракт WR-22) и N-тип (коаксиальный тракт, 50 Ом)	от 33 до 50
R8486D	UG-599/U (волноводный тракт WR-28) и N-тип (коаксиальный тракт, 50 Ом)	от 26,5 до 40
V8486A	UG-385/U (волноводный тракт WR-15) и N-тип (коаксиальный тракт, 50 Ом)	от 50 до 75
W8486A	UG-387/U (волноводный тракт WR-10) и N-тип (коаксиальный тракт, 50 Ом)	от 75 до 110

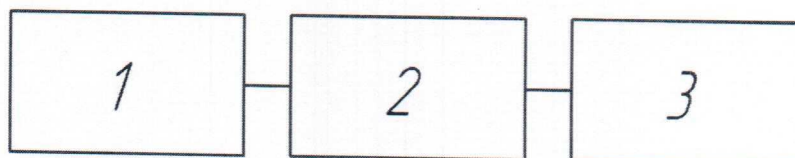
8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если внешний вид преобразователей измерительных соответствует перечисленным в п. 8.1.1 требованиям.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить преобразователь измерительный к блоку измерительному при помощи соединительного кабеля.

8.2.2 Выполнить установку нуля преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного. Для этого:

8.2.2.1 Проведение процедуры установки нуля преобразователей измерительных проводить по схеме, приведенной на рисунке 1. При необходимости использовать ККП и КВП. Нагрузка согласованная выбирается из наборов мер коэффициентов передачи и отражения или средств измерений ККПО (см. таблицу 2) исходя из диапазона частот и типа соединителя преобразователя измерительного. При поверке преобразователей измерительных 8483A допускается использовать согласованные нагрузки и адаптеры-переходы из наборов мер, входящих в состав измерителя комплексных коэффициентов передачи и отражения «ОБЗОР-304». При поверке преобразователей измерительных Q8486D, R8486D, V8486A, W8486A допускается использовать согласованные нагрузки из наборов мер, входящих в состав УВТ 50/75-170 или измерителя КСВН панорамного Р2-69 (см. таблицу 2).



- 1 – нагрузка согласованная;
- 2 – преобразователь измерительный;
- 3 – блок измерительный ваттметра.

Рисунок 1 – Схема выполнения установки нуля преобразователей измерительных

8.2.2.2 Установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт согласно РЭ блока измерительного.

8.2.2.3 Выполнить установку нуля преобразователя измерительного согласно РЭ преобразователя измерительного.

8.2.2.4 Снять показания блока измерительного ваттметра.

8.2.3 Провести калибровку преобразователя измерительного согласно РЭ блока измерительного.

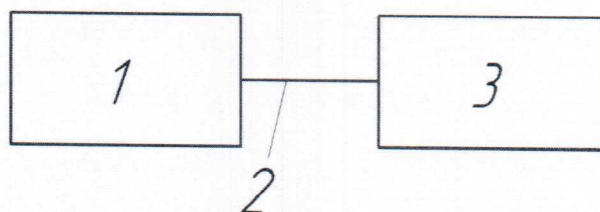
8.2.4 Результаты опробования считать положительными, если при подключении преобразователя измерительного к блоку измерительному отсутствуют сообщения о неисправности, установка нуля и калибровка преобразователя измерительного проведены успешно (отсутствуют сообщения о неисправности) и показания блока измерительного соответствуют значениям, указанным в таблице 4.

Таблица 4

Тип преобразователя измерительного	Пределы допускаемых значений показаний блока измерительного
8483A	0 ± 50 нВт
8481D, 8485D, 8487D	0 ± 20 пВт
Q8486D, R8486D	0 ± 30 пВт
V8486A, W8486A	0 ± 200 нВт

8.3 Определение КСВН входа

8.3.1 Определение КСВН входа преобразователя измерительного проводить по схеме, приведенной на рисунке 2. Измеритель КСВН выбирается исходя из диапазона рабочих частот преобразователя измерительного и вида тракта передачи. При измерениях в коаксиальных трактах в диапазоне частот от 10 МГц до 8,5 ГГц использовать анализатор цепей векторный E5071C, в диапазоне частот свыше от 8,5 до 67,5 ГГц – анализатор цепей векторный N5227A, при поверке преобразователей измерительных 8483A использовать измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «ОБЗОР-304». В волноводных трактах в диапазоне частот от 26,5 до 40 ГГц и от 75 до 110 ГГц – УВТ 50/75-170, в диапазоне частот от 50 до 75 ГГц использовать измеритель КСВН панорамный P2-69 с переходом волноводно-волноводным (ВВП) с волновода WR-22 на волновод 3,6×1,8 мм (см. таблицу 2). Диапазоны рабочих частот преобразователей измерительных приведены в таблице 3.



1 – измеритель КСВН;

2 – кабель измерительный;

3 – поверяемый преобразователь измерительный.

Рисунок 2 – Схема определения КСВН преобразователя измерительного

8.3.2 Присоединить кабель измерительный к измерителю КСВН. При необходимости присоединить к кабелю соответствующий коаксиально-коаксиальный переход (ККП) или коаксиально-волноводный переход (КВП). Тип перехода должен

соответствовать ответной части перехода преобразователя. Типы соединителей преобразователей измерительных приведены в таблице 3.

8.3.3 Провести калибровку измерителя КСВН в диапазоне рабочих частот преобразователя измерительного согласно РЭ измерителя.

8.3.4 Провести измерения КСВН входа преобразователя измерительного согласно РЭ измерителя.

8.3.5 Результаты поверки по п. 8.3 считать положительными, если измеренные значения КСВН входа преобразователя не превышают указанных в таблице 5.

Таблица 5

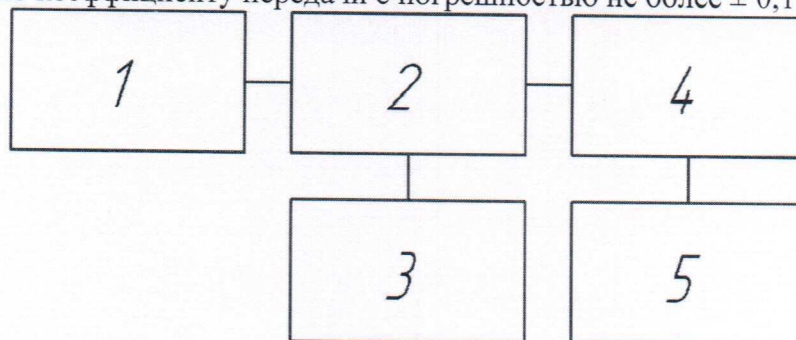
Тип преобразователя измерительного	Диапазон частот	Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входа преобразователя в диапазоне частот, не более
8481D	от 10 до 30 МГц	1,4
	от 30 МГц до 4 ГГц	1,15
	от 4 до 10 ГГц	1,2
	от 10 до 15 ГГц	1,3
	от 15 до 18 ГГц	1,35
8483A	от 300 до 600 кГц	1,8
	от 600 кГц до 2 ГГц	1,18
8485D	от 0,05 до 0,1 ГГц	1,19
	от 0,1 до 4 ГГц	1,15
	от 4 до 12 ГГц	1,19
	от 12 до 18 ГГц	1,25
	от 18 до 26,5 ГГц	1,29
8485D-033	от 0,05 до 0,1 ГГц	1,19
	от 0,1 до 4 ГГц	1,15
	от 4 до 12 ГГц	1,19
	от 12 до 18 ГГц	1,25
	от 18 до 26,5 ГГц	1,29
	от 26,5 до 33 ГГц	1,35
8487D	от 0,05 до 0,1 ГГц	1,19
	от 0,1 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 12,4 ГГц	1,20
	от 12,4 до 18 ГГц	1,29
	от 18 до 34 ГГц	1,37
	от 34 до 40 ГГц	1,61
	от 40 до 50 ГГц	1,89
Q8486D	от 33 до 50 ГГц	1,40
R8486D	от 26,5 до 40 ГГц	1,40
V8486A	от 50 до 75 ГГц	1,06*
W8486A	от 75 до 110 ГГц	1,08

*При использовании ВВП максимально допустимое значение результата определения КСВН входа преобразователя измерительного в диапазоне частот от 50 до 75 ГГц принять равным 1,09

8.4 Определение коэффициента калибровки

8.4.1 Определение коэффициента калибровки преобразователей измерительных 8483A, 8481D, 8485D, 8485D-033, 8487D в диапазоне частот от 300 кГц до 50 ГГц проводить по схеме, приведенной на рисунке 3, преобразователей измерительных Q8486D, R8486D V8486A, W8486A в диапазоне частот от 33 до 110 ГГц – по схеме,

приведенной на рисунке 5. Делитель мощности, генератор сигналов и ваттметр поглощаемой мощности выбираются исходя из диапазона частот, в котором проводится поверка (см. таблицу 2). При необходимости допускается использовать ККП или КВП, аттестованные по коэффициенту передачи с погрешностью не более $\pm 0,1$ дБ.



- 1 – генератор сигналов;
- 2 – делитель мощности;
- 3 – вольтметр переменного тока (ваттметр поглощаемой мощности);
- 4 – преобразователь измерительный¹⁾;
- 5 – блок измерительный ваттметра.

Рисунок 3 – Схема определения коэффициента калибровки преобразователей измерительных в коаксиальных трактах с волновым сопротивлением 50 Ом и 75 Ом

8.4.2 Определение коэффициента калибровки проводить для преобразователя измерительного 8483А в диапазоне частот от 300 кГц до 50 МГц и для преобразователя измерительного 8481D - в диапазоне частот от 10 до 50 МГц в следующей последовательности:

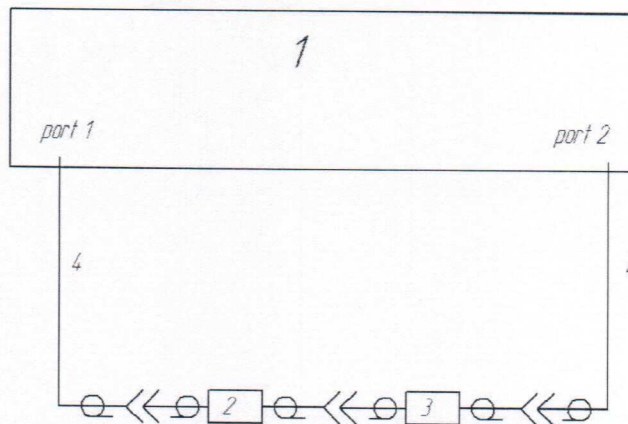
8.4.2.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3. При поверке преобразователя измерительного 8483А использовать ККП 11852В с опцией 004 (см. таблицу 2). Для определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 300 кГц до 50 МГц использовать в указанной схеме вольтметр переменного тока ВК3-78 с проходным тройником, с подключенной на выходе тройника нагрузкой согласованной (см. таблицу 2).

8.4.2.2 При поверке преобразователя измерительного 8483А определить ослабление перехода коаксиального измерительного с соединителя N-типа (50 Ом), (розетка) на соединитель N-типа (75 Ом), (вилка). Для этого:

- провести калибровку анализатора электрических цепей векторного E5071C с измерительными кабелями в диапазоне частот от 0,0003 до 2 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85054В;

- собрать схему, представленную на рисунке 4;

¹⁾ При поверке преобразователей измерительных 8483А использовать переход коаксиальный измерительный с соединителя N-типа (50 Ом), (розетка) на соединитель N-типа (75 Ом), (вилка), (см. таблицу 2)



- 1 – анализатор электрических цепей векторный E5071C;
 2 – переход коаксиальный измерительный с соединителя N-типа (50 Ом), (вилка) на соединитель N-типа (75 Ом), (розетка);
 3 – переход коаксиальный измерительный с соединителя N-типа (50 Ом), (розетка) на соединитель N-типа (75 Ом), (вилка);
 4 – кабели измерительные.

Рисунок 4 – Схема определения ослабления перехода коаксиального измерительного

- установить на анализаторе электрических цепей векторном E5071C режим усреднения («Average»), значение «Average factor» - 10;

- провести измерения S_{12} и S_{21} согласно РЭ анализатора цепей векторного E5071C, рассчитать значение потерь вносимых каждым переходом как половину суммы модулей S_{12} и S_{21} ;

- за значение ослабления перехода коаксиального измерительного с соединителя N-типа (50 Ом), (розетка) на соединитель N-типа (75 Ом), (вилка) принять рассчитанное значение потерь.

8.4.2.3 Установить частоту сигнала генератора равную нижней границе диапазона частот поверяемого преобразователя согласно РЭ генератора.

8.4.2.4 Установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт.

8.4.2.5 Установить мощность сигнала на выходе делителя 1 мВт.

8.4.2.6 Измерить напряжение V_1 на выходе делителя мощности при помощи вольтметра переменного тока.

8.4.2.7 Поменять местами вольтметр переменного тока и поверяемый преобразователь измерительный.

8.4.2.8 Измерить напряжение V_2 на выходе делителя мощности при помощи вольтметра переменного тока и мощность при помощи преобразователя измерительного $P_{ин}$. Рассчитать поправочный коэффициент K по формуле (1):

$$K = \frac{V_1^2 - V_2^2}{50 \text{ Ом}}, \text{ мВт} \quad (1)$$

8.4.2.9 Рассчитать входное сопротивление преобразователя измерительного по формулам (2):

$$R_{н1} = 50 \text{ Ом} \cdot K_{CTU}, R_{н2} = 50 \text{ Ом} / K_{CTU} \quad (2)$$

где K_{CTU} – измеренное значение КСВН входа преобразователя измерительного на частоте 50 МГц (см. п. 8.3);

8.4.2.10 Рассчитать значение мощности сигнала по формулам (3):

$$P_1 = V_2^2 / R_{n1} + K, P_2 = V_2^2 / R_{n2} + K \quad (3)$$

8.4.2.11 Определить коэффициент калибровки поверяемого преобразователя измерительного по формуле (4):

$$K_{ki} = P_{in} / P_i \quad (4)$$

где P_i – значение мощности сигнала, рассчитанное по формулам (3).

8.4.2.12 Провести измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного по п. 8.4.2 не менее трех раз.

8.4.2.13 Определить случайную составляющую погрешности измерений мощности по формуле (5):

$$\Delta_{cl} = \frac{(K_k)_{\max} - (K_k)_{\min}}{\frac{1}{n} \cdot \sum_i^n K_{ki}} \cdot \mu_n, \quad (5)$$

где n – число наблюдений;

μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n (см. таблицу 6).

Таблица 6

Обозначение коэффициента	Значение числа наблюдений n							
	3	4	5	6	8	10	15	25
μ_n	1,0	0,73	0,58	0,48	0,37	0,31	0,22	0,18

8.4.2.14 За величину коэффициента калибровки принять значение, рассчитанное по формуле (6):

$$K_{kcp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_i^n K_{ki}, \quad (6)$$

где n – число наблюдений.

8.4.2.15 Определить составляющую погрешности измерений K_k за счет погрешности измерений КСВН по формуле (7):

$$\Delta_2 = \delta_{КСВН} \cdot \frac{K_{CTU} - 1}{K_{CTU} + 1}, \quad (7)$$

где $\delta_{КСВН}$ – относительная погрешность измерений КСВН преобразователя измерительного.

8.4.2.16 Определить погрешность рассогласования по формуле (8):

$$|\Delta_p| = 2 \cdot |\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{un}|, \quad (8)$$

где $|\Gamma_0|$ – модуль эффективного коэффициента отражения выхода делителя мощности, $|\Gamma_{un}|$ – модуль коэффициента отражения преобразователя измерительного.

8.4.2.17 Модули коэффициентов отражения $|\Gamma|$ определять по формуле (9):

$$|\Gamma| = \frac{K - 1}{K + 1}, \quad (9)$$

где K – значение КСВН соответствующего преобразователя измерительного.

8.4.2.18 Рассчитать погрешность определения коэффициента калибровки по формуле (10):

$$\Delta = \pm (\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{cl}^2} + \gamma \cdot \Delta_p), \quad (10)$$

где Δ_1 – предел допускаемой погрешности измерений мощности при помощи вольтметра переменного тока (ваттметра поглощаемой мощности),

γ – коэффициент зависящий от отношения (см. таблицу 7)

Таблица 7

$\frac{3 \cdot \Delta_p}{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{сл}^2}}$	0	0,5	1	2	3	4	8	20	∞
γ	0	0,17	0,46	0,67	0,76	0,78	0,88	0,96	1,0

8.4.2.19 Повторить измерения по п. 8.4.2 на частотах указанных в таблице 8 для преобразователей измерительных 8483A, 8481D в диапазоне частот до 50 МГц. При проведении измерений не менее трех раз выполнить следующие действия: ослабить гайку коаксиального соединителя преобразователя измерительного, повернуть корпус преобразователя измерительного вокруг оси (коаксиального соединителя) примерно на 120°, затянуть гайку коаксиального соединителя.

Таблица 8

Значение частоты	Тип преобразователя измерительного				
	8481D	8483A	8485D	8485D-033	8487D
300 кГц	-	+	-	-	-
1 МГц	-	+	-	-	-
3 МГц	-	+	-	-	-
10 МГц	+	+	-	-	-
30 МГц	+	+	-	-	-
50 МГц	+	+	+	+	+
100 МГц	+	+	+	+	+
300 МГц	+	+	+	+	+
500 МГц	+	+	+	+	+
1 ГГц	+	+	+	+	+
2 ГГц	+	+	+	+	+
3 ГГц	+	-	+	+	+
4 ГГц	+	-	+	+	+
5 ГГц	+	-	+	+	+
6 ГГц	+	-	+	+	+
7 ГГц	+	-	+	+	+
8 ГГц	+	-	+	+	+
9 ГГц	+	-	+	+	+
10 ГГц	+	-	+	+	+
11 ГГц	+	-	+	+	+
12 ГГц	+	-	+	+	+
12,4 ГГц	+	-	+	+	+
13 ГГц	+	-	+	+	+
14 ГГц	+	-	+	+	+
15 ГГц	+	-	+	+	+
16 ГГц	+	-	+	+	+
17 ГГц	+	-	+	+	+
18 ГГц	+	-	+	+	+
19 ГГц	+	-	+	+	+
20 ГГц	-	-	+	+	+
22 ГГц	-	-	+	+	+
24 ГГц	-	-	+	+	+
26 ГГц	-	-	+	+	+

Значение частоты	Тип преобразователя измерительного				
	8481D	8483A	8485D	8485D-033	8487D
26,5 ГГц	-	-	+	-	-
28 ГГц	-	-	-	+	+
30 ГГц	-	-	-	+	+
32 ГГц	-	-	-	+	+
33 ГГц	-	-	-	+	+
34 ГГц	-	-	-	-	+
36 ГГц	-	-	-	-	+
38 ГГц	-	-	-	-	+
40 ГГц	-	-	-	-	+
42 ГГц	-	-	-	-	+
44 ГГц	-	-	-	-	+
46 ГГц	-	-	-	-	+
48 ГГц	-	-	-	-	+
50 ГГц	-	-	-	-	+

8.4.2.20 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки и погрешность определения коэффициента калибровки указать в свидетельстве о поверке преобразователя измерительного.

8.4.3 Определение коэффициента калибровки преобразователей измерительных 8481D, 8485D, 8485D-033, 8487D в диапазоне частот от 50 МГц до 50 ГГц проводить в следующей последовательности:

8.4.3.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3. Для определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 50 МГц до 50 ГГц использовать в указанной схеме ваттметр поглощаемой мощности (см. таблицу 2).

8.4.3.2 Установить частоту сигнала генератора равную нижней границе диапазона частот поверяемого преобразователя согласно РЭ генератора.

8.4.3.3 Установить мощность сигнала на выходе делителя 1 мВт (значение мощности контролировать при помощи ваттметра поглощаемой мощности).

8.4.3.4 Установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт согласно РЭ блока измерительного.

8.4.3.5 Измерить мощность сигнала $P_{эм1}$ при помощи ваттметра поглощаемой мощности.

8.4.3.6 Поменять местами ваттметр поглощаемой мощности и поверяемый преобразователь измерительный.

8.4.3.7 Измерить мощность сигнала P при помощи поверяемого преобразователя измерительного, и мощность сигнала $P_{эм2}$, измеренного при помощи ваттметра поглощаемой мощности.

8.4.3.8 Определить поправочный коэффициент K' по формуле (11):

$$K' = P_{эм1} - P_{эм2} \quad (11)$$

8.4.3.9 Рассчитать коэффициент калибровки по формуле (12):

$$K_k = \frac{P}{P_{эм2} + K'} \quad (12)$$

8.4.3.10 Провести измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного по п.п. 8.4.3 не менее трех раз.

8.4.3.11 Провести расчеты значений коэффициентов калибровки, погрешности определения коэффициента калибровки и значений границ доверительного интервала по

п. 8.4.2, используя вместо формулы (4) формулу (12), а вместо значений P_i и $P_{ин}$ величины $(P_{эм2} + K')$ и P соответственно.

8.4.3.12 Провести измерения по п. 8.4.3 на всех частотах, указанных в таблице 8. При проведении измерений не менее трех раз выполнить следующие действия: ослабить гайку коаксиального соединителя преобразователя измерительного, повернуть корпус преобразователя измерительного вокруг оси (коаксиального соединителя) примерно на 120° , затянуть гайку коаксиального соединителя.

8.4.3.13 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки и погрешность определения коэффициента калибровки указать в свидетельстве о поверке преобразователя измерительного.

8.4.4 Определение коэффициента калибровки для преобразователей измерительных 8483А в диапазоне частот от 50 МГц до 2 ГГц проводить в следующей последовательности:

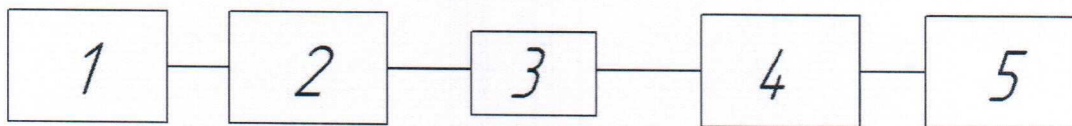
8.4.4.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 3. Преобразователь измерительный использовать вместе с ККП 11852В с опцией 004 Для определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 50 МГц до 2 ГГц использовать в указанной схеме ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54 (см. таблицу 2).

8.4.4.2 Определить коэффициент калибровки преобразователя по п. 8.4.3 на частотах, указанных в таблице 7.

8.4.4.3 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки и погрешность определения коэффициента калибровки указать в свидетельстве о поверке преобразователя измерительного.

8.4.5 Определение коэффициента калибровки преобразователей измерительных Q8486D, R8486D, V8486A, W8486A в диапазоне частот от 26,5 до 110 ГГц проводить в следующей последовательности:

8.4.5.1 Собрать схему, представленную на рисунке 5.



1 – генератор сигналов¹⁾;

2 – калибратор мощности²⁾;

3 – волноводно-волноводный переход, аттестованный по потерям;

4 – поверяемый преобразователь измерительный;

5 – блок измерительный ваттметра;

Рисунок 5 – Схема определения коэффициента калибровки преобразователей измерительных в волноводных трактах в диапазоне частот от 26,5 до 110 ГГц

8.4.5.2 Установить частоту сигнала генератора равную нижней границе диапазона частот поверяемого преобразователя согласно РЭ генератора.

8.4.5.3 Установить на выходе генератора 1 мВт по калибратору мощности (2).

8.4.5.4 Установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт согласно РЭ блока измерительного.

¹⁾ В качестве генератора сигналов использовать генератор E8257D, Г4-186М или Г4-183М в зависимости от диапазона частот (см. таблицу 2)

²⁾ В качестве калибратора мощности использовать ваттметр падающей мощности М1-11Б, или прибор для поверки ваттметров М1-25/1, М1-25/2 или калибратор мощности образцовый Н7-1/1, в зависимости от диапазона частот (см. таблицу 2). При поверке преобразователей измерительных допускается замена калибратора мощности ваттметром поглощающей мощности МЗ-22А, МЗ-10А или М1-25М и направленным ответвителем.

8.4.5.5 Измерить мощность сигнала при помощи поверяемого преобразователя измерительного. При измерениях учитывать (при необходимости) потери в ВВП.

8.4.5.6 Определить коэффициент калибровки поверяемого преобразователя измерительного по формуле (3), где P_i – значение мощности сигнала, измеренное при помощи калибратора мощности, $P_{ин}$ – значение мощности, измеренное преобразователем измерительным с учетом потерь в ВВП.

8.4.5.7 Провести измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного по п. 8.4.5 не менее трех раз.

8.4.5.8 Провести расчеты значений коэффициентов калибровки, погрешности определения коэффициента калибровки и значений границ доверительного интервала по п. 8.4.2.

8.4.5.9 Провести измерения по п. 8.4.5 на всех частотах, указанных в таблице 9 для поверяемого преобразователя.

Таблица 9

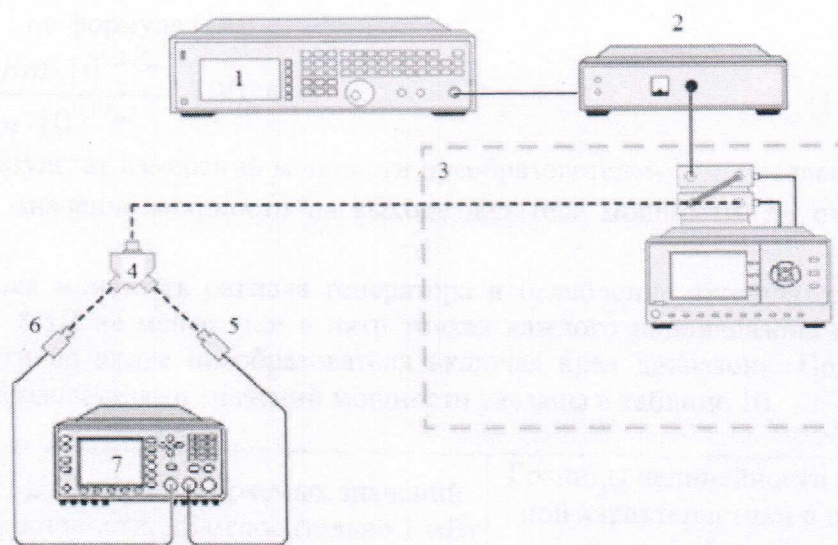
Значение частоты	Тип преобразователя измерительного			
	Q8486D	R8486D	V8486A	W8486A
26,5 ГГц	-	+	-	-
27 ГГц	-	+	-	-
28 ГГц	-	+	-	-
29 ГГц	-	+	-	-
30 ГГц	-	+	-	-
31 ГГц	-	+	-	-
32 ГГц	-	+	-	-
33 ГГц	+	+	-	-
34 ГГц	+	+	-	-
34,5 ГГц	+	+	-	-
35 ГГц	+	+	-	-
36 ГГц	+	+	-	-
37 ГГц	+	+	-	-
38 ГГц	+	+	-	-
39 ГГц	+	+	-	-
40 ГГц	+	+	-	-
42 ГГц	+	-	-	-
44 ГГц	+	-	-	-
46 ГГц	+	-	-	-
48 ГГц	+	-	-	-
50 ГГц	+	-	+	-
52 ГГц	-	-	+	-
54 ГГц	-	-	+	-
56 ГГц	-	-	+	-
58 ГГц	-	-	+	-
60 ГГц	-	-	+	-
62 ГГц	-	-	+	-
64 ГГц	-	-	+	-
66 ГГц	-	-	+	-
68 ГГц	-	-	+	-
70 ГГц	-	-	+	-
72 ГГц	-	-	+	-
74 ГГц	-	-	+	-
75 ГГц	-	-	+	+
77 ГГц	-	-	-	-

Значение частоты	Тип преобразователя измерительного			
	Q8486D	R8486D	V8486A	W8486A
79 ГГц	-	-	-	+
80 ГГц	-	-	-	+
82 ГГц	-	-	-	+
84 ГГц	-	-	-	+
86 ГГц	-	-	-	+
88 ГГц	-	-	-	+
90 ГГц	-	-	-	+
95 ГГц	-	-	-	+
100 ГГц	-	-	-	+
105 ГГц	-	-	-	+
110 ГГц	-	-	-	+

8.4.5.10 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки и погрешность определения коэффициента калибровки указать в свидетельстве о поверке преобразователя измерительного.

8.5 Определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности

8.5.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности для преобразователей измерительных проводить по схеме, приведенной на рисунке 6.



1 – генератор сигналов,

2 – усилитель,

3 – комплект аттенюаторов коаксиальных ступенчатых 8494Н, 8496Н,

4 – делитель мощности¹⁾,

5 – преобразователь измерительный N8481A

6 – поверяемый преобразователь измерительный,

7 – блок измерительный ваттметра N1914A,

Рисунок 6 – Схема определения нелинейности амплитудной характеристики

8.5.2 При определении нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне

¹⁾ Делитель мощности и генератор сигналов выбирается исходя из диапазона рабочих частот и типа коаксиального соединителя преобразователя измерительного (см. таблицу 1).

измерений мощности для преобразователей измерительных 8483А использовать ККП 11852В с опцией 004. При определении нелинейности амплитудной характеристики для преобразователей измерительных Q8486D, R8486D, V8486A, W8486A сигнал с выхода делителя мощности подавать на дополнительный калибровочный вход с коаксиальным соединителем N-типа преобразователей измерительных.

8.5.3 Установить частоту сигнала генератора 50 МГц.

8.5.4 Установить ослабление аттенюатора 0 дБ.

8.5.5 Установить мощность сигнала на выходе делителя 1 мВт, контролируя мощность при помощи ваттметра поглощаемой мощности (5).

8.5.6 Поддерживая мощность на выходе делителя постоянной, измерить мощность сигнала P_1 (дБ относительно 1 мВт) при помощи поверяемого преобразователя измерительного.

8.5.7 Рассчитать поправочный коэффициент K (дБ), характеризующий ослабление в тракте после делителя мощности со стороны поверяемого преобразователя измерительного, как разность 1 мВт (0 дБ относительно 1 мВт) и измеренного значения мощности P_1 .

8.5.8 Рассчитать значения мощности на выходе делителя с учетом ослабления аттенюатора по формуле (13):

$$P_{эми} = 0 - R_i - K, \text{ дБ относительно 1 мВт} \quad (13)$$

где R_i - значения ослабления аттенюатора, дБ.

8.5.9 Установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт согласно РЭ блока измерительного.

8.5.10 Рассчитать относительные погрешности нелинейности амплитудной характеристики δ_i по формуле (14):

$$\delta_i = \frac{P - 1\text{мВт} \cdot 10^{0,1 \cdot P_{эми}}}{1\text{мВт} \cdot 10^{0,1 \cdot P_{эми}}} \cdot 100, \% \quad (14)$$

где P - результат измерений мощности преобразователем измерительным, Вт,
 $P_{эми}$ - значение мощности на выходе делителя мощности, дБ относительно 1 мВт.

8.5.11 Изменяя мощность сигнала генератора и ослабление аттенюатора провести измерения по п.п. 8.5.2 не менее, чем в пяти точках каждого поддиапазона измеряемых значений мощности на входе преобразователя включая края диапазона. Поддиапазоны измеряемых преобразователями значений мощности указаны в таблице 10.

Таблица 10

Тип преобразователя измерительного	Диапазон измеряемых значений мощности, дБ относительно 1 мВт	Границы нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности, %
8481D	от минус 30 до минус 20	± 1
8483A	от 10 до 20	± 3
8485D	от минус 30 до минус 20	± 2
8485D-033	от минус 30 до минус 20	± 2
8487D	от минус 30 до минус 20	± 2
Q8486D	от минус 30 до минус 25	± 3
	от минус 25 до минус 20	± 5
R8486D	от минус 30 до минус 25	± 3
	от минус 25 до минус 20	± 5
V8486A	от минус 30 до 10	± 1
	от 10 до 20	± 2
W8486A	от минус 30 до 20	± 2

8.5.12 Результаты поверки по п. 8.5 считать положительными, если значения относительных погрешностей нелинейности амплитудной характеристики не превышают указанных в таблице 10 границ в диапазоне измерений мощности.

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