

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



М.П.

2025 г.

МП 111-24-006

р.п. Менделеево
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок ваттметров 2438.

1.2 Первичной поверке подлежат ваттметры 2438, до ввода их в эксплуатацию. Периодической поверке подлежат ваттметры 2438, находящиеся в эксплуатации, на хранении и после ремонта.

1.3 Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослеживаемость к государственным первичным эталонам единиц величин:

ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц»;

ГЭТ 167-2021 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 09.11.2022 г. № 2813 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц».

1.4 Поверка ваттметров 2438 может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки лицом в соответствии с его областью аккредитации, в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на ваттметры 2438 и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений, методов косвенных измерений и непосредственным сличением в соответствии с Приложением А приказа Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461, методом прямых измерений и непосредственным сличением в соответствии с Приложением А приказа Росстандарта от 09.11.2022 № 2813.

1.6 В результате поверки ваттметров 2438 должны быть подтверждены следующие требования, приведенные в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Требования, подтверждаемые при поверке блоков измерительных

Наименование характеристики	Значение
Частота сигнала калибровочного источника, МГц	50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника, МГц	± 1
Мощность сигнала калибровочного источника, мВт	1
Пределы допускаемой относительной погрешности установки мощности сигнала калибровочного источника, %	± 1
Коэффициент отражения выхода калибровочного источника, не более	0,07

Таблица 2 – Метрологические характеристики измерительных преобразователей средней мощности

Наименование характеристики	Значение			
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности			
	71710D	71710E	71710F	71718
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,01 до 18,00	от 0,05 до 26,50	от 0,05 до 40,00	от 110 до 170
Диапазон измерений мощности, дБ (отн. 1 мВт)	от -60 до 20	от -60 до 20	от -60 до 20	от -20 до 10

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение			
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности			
	71710D	71710E	71710F	71718
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений на опорном уровне мощности 1 мВт, %, в диапазоне частот:				
- от 10 до 50 МГц включ.	±4,5	—	—	—
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±4,5	±4,5	±4,5	—
- св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	—	±6,0	±6,0	—
- св. 26,5 до 40,0 ГГц включ.	—	—	±9,0	—
- от 110 до 170 ГГц включ.	—	—	—	±22,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности, %, в диапазоне частот:				
- от 10 до 50 МГц включ.	±7,0	—	—	—
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±7,0	±8,0	±8,0	—
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	±12,0	±12,0	—
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	±16,0	—
- от 110 до 170 ГГц включ.	—	—	—	±25,0
КСВН входа, не более, в диапазоне частот:				
- от 10 до 50 МГц включ.	1,35	—	—	—
- св. 50 МГц до 2 ГГц включ.	1,15	1,15	1,15	—
- св. 2 до 12,4 ГГц включ.	1,20	1,20	1,20	—
- св. 12,4 до 18 ГГц включ.	1,26	1,26	1,26	—
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	1,35	1,35	—
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	1,50	—
- от 110 до 170 ГГц включ.	—	—	—	1,45

Таблица 3 – Метрологические характеристики измерительных преобразователей пиковой мощности

Наименование характеристики	Значение					
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности					
	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,05 до 18,00	от 0,05 до 18,00	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 40	от 0,5 до 40
Диапазон измерений средней мощности, дБ (отн. 1 мВт)	от -10 до 20	от -30 до 20	от -10 до 20	от -30 до 20	от -10 до 20	от -30 до 20
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности на опорном уровне 1 мВт, %, в диапазоне частот:						
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	—	±6,0	±6,0	±6,0	±6,0
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	—	—	±8,5	±8,5

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристики	Значение					
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности					
	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности, %, в диапазоне частот: - от 50 МГц до 18 ГГц включ. - св. 18 до 26,5 ГГц включ. - св. 26,5 до 40 ГГц включ.	$\pm 9,0$ — —	$\pm 9,0$ — —	$\pm 9,0$ $\pm 10,0$ —	$\pm 9,0$ $\pm 10,0$ —	$\pm 9,0$ $\pm 10,0$ $\pm 12,0$	$\pm 9,0$ $\pm 10,0$ $\pm 12,0$
Диапазон измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, дБ (отн. 1 мВт)	от 0 до 10	от -10 до 10	от 0 до 10	от -10 до 10	от 0 до 10	от -10 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, %, в диапазоне частот: - от 50 МГц до 18 ГГц включ. - св. 18 до 26,5 ГГц включ. - св. 26,5 до 40 ГГц включ.	$\pm 10,0$ — —	$\pm 10,0$ — —	$\pm 10,0$ $\pm 11,0$ —	$\pm 10,0$ $\pm 11,0$ —	$\pm 10,0$ $\pm 11,0$ $\pm 13,0$	$\pm 10,0$ $\pm 11,0$ $\pm 13,0$
КСВН входа, не более, в диапазоне частот: - св. 50 МГц до 2 ГГц включ. - св. 2 до 18 ГГц включ. - св. 18 до 26,5 ГГц включ. - св. 26,5 до 40 ГГц включ.	1,15 1,26 — —	1,15 1,26 — —	1,15 1,26 1,35 —	1,15 1,26 1,35 —	1,15 1,26 1,35 1,50	1,15 1,26 1,35 1,50
Время нарастания переходной характеристики, нс, не более:	100	100	100	100	100	100

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки ваттметров 2438 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение частоты и абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного	да	да	10.1

Продолжение таблицы 4

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение мощности сигнала и относительной погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного	да	да	10.2
Определение коэффициента отражения выхода калибровочного источника блока измерительного	да	да	10.3
Определение диапазона рабочих частот	да	да	10.4
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН) входа	да	да	10.5
Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне 1 мВт	да	да	10.6
Определение относительной погрешности измерений мощности и определение диапазона измерений мощности	да	да	10.7
Определение относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний и диапазона измерений мощности импульсно-модулированных колебаний	да	да	10.8
Определение времени нарастания переходной характеристики	да	да	10.9

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 4, поверка прекращается и ваттметр 2438 признается непригодным к применению.

2.3 Поверка в ограниченном диапазоне или меньшего числа измеряемых величин не допускается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в таблице

Таблица 5 – Условия поверки

Влияющая величина	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25
Относительная влажность окружающего воздуха, %, не более	80
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим третью квалификационную группу электробезопасности.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом 2438 РЭ «Ваттметр 2438. Руководство по эксплуатации» (далее – 2438 РЭ).

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки ваттметров 2438 должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
раздел 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью не более 1°C Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0% до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 % Средства измерений атмосферного давления от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84,0 до 106,7 кПа) с абсолютной погрешностью не более ±3 гПа Средства измерений соединителей коаксиальных, тип N, погрешность измерения размера $5,26^{-0,16}$ мм не более ±0,02 мм Средства измерений соединителей коаксиальных, тип PC-3,5, погрешность измерений размеров 0,05 max и 0,1 max не более ±0,006 мм Средства измерений соединителей коаксиальных, тип PC-2,4, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений присоединительного размера 0,00 мм в тракте 2,4/1,042 мм ±0,008 мм	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07*; Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7, рег. № 9864-85; Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-3,5, рег. № 9865-85; Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-05Р-05, рег. № 68805-17.
10.1 Определение частоты и абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного	Средства измерения частоты, диапазон частот 50 ± 1 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте за год δ_0 от $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ до $\pm 5 \cdot 10^{-5}$	Частотомер электронно-счетный АКИП-5102, рег. № 57319-14

Продолжение таблицы 6

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.2 Определение мощности сигнала и относительной погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного	Ваттметры поглощаемой мощности, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, диапазон измерений мощности от 0,1 до 10 мВт, предел допускаемой составляющей основной относительной погрешности измерений мощности на частоте 50 МГц $\pm 0,8\%$	Государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний 1-го разряда в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0237.2016; Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, рег. № 69958-17.
10.3 Определение коэффициента отражения выхода калибровочного источника блока измерительного	Ваттметры поглощаемой мощности, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, диапазон измерений мощности от 0,1 до 10 мВт, предел допускаемой составляющей основной относительной погрешности измерений мощности на частоте 50 МГц $\pm 0,8\%$ Калибратор мощности, диапазон измерений мощности от 0,1 до 10 мВт, модуль эффективного отражения выхода при использовании Г-коррекции не более 0,03, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности на частоте 50 МГц $\pm 0,5\%$ Наборы мер комплексных коэффициентов отражения, пределы допускаемых абсолютных погрешностей определения модуля коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода не более $\pm 0,008$, нагрузок согласованных $\pm 0,004$ в диапазоне частот от 0 до 8 ГГц включ. Генератор сигналов, диапазон частот от 250 кГц до 67 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$; диапазон выходного уровня от -110 до 20 дБ (1 мВт), пределы допускаемой погрешности установки уровня от 0,6 до 1,5 дБ.	Государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний 1-го разряда в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0237.2016; Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, рег. № 69958-17. Калибраторы мощности СВЧ NRPC18, рег. № 54535-13; Набор калибровочных мер НКММ-11-11Р, рег. № 63453-16. Генератор сигналов E8257D (рег. № 74333-19).

Продолжение таблицы 6

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.4 Определение диапазона рабочих частот 10.5 Определение КСВН входа	Измеритель модуля комплексного коэффициента отражения, диапазон частот от 10 МГц до 170 ГГц, диапазон измерения модуля комплексного коэффициента отражения S_{11} от 0,002 до 1, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля комплексного коэффициента отражения S_{11} при однопортовой калибровке $\pm(0,03+0,02 \cdot S_{11} +0,03 \cdot S_{11} ^2)$	Анализатор электрических цепей векторный/ анализатор спектра ZVL3, рег. № 37173-08; Государственный вторичный эталон единиц комплексных коэффициентов передачи в диапазоне от 0 до -60 дБ и комплексных коэффициентов отражений в диапазоне от 0,002 до 1 в диапазоне частот от 0,05 до 65 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0210.2015; Анализатор электрических цепей векторный ZVA 67, рег. № 48355-11; Модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z170, рег. № 75204-19.
10.6 Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне 1 мВт	Калибратор мощности, модуль эффективного отражения выхода при использовании Г-коррекции не более 0,03, пределы относительной погрешности измерений мощности, не более: – $\pm 2,5$ % в диапазоне частот до 18 ГГц включ., – $\pm 3,0$ % в диапазоне частот св. 18 до 26,5 ГГц включ., – $\pm 3,5$ % в диапазоне частот св. 26,5 до 40 ГГц Генератор сигналов, диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, в диапазоне частот от 110 до 170 ГГц, пределы относительной погрешности установки частоты ± 1 %, выходная мощность не менее $7 \cdot 10^{-3}$ Вт диапазон выходного уровня от -20 до 20 дБ (1 мВт) Калибратор мощности, доверительные границы относительной погрешности измерений мощности при доверительной вероятности 0,95: $\pm 9,0$ % в волноводном тракте WR06	Калибраторы мощности СВЧ NRPC18, NRPC33, NRPC40, NRPC50, рег. № 54535-13; Генератор сигналов E8257D, рег. № 74333-19; Генератор сигналов высокочастотный программируемый Г4-161, рег. № 9607-84; Анализатор электрических цепей векторный ZVA 67, рег. № 48355-11; Модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z110, рег. № 75204-19; Модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z170, рег. № 75204-19; Государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне значений от 0,1 до

Продолжение таблицы 6

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		10 мВт в диапазоне частот от 37,5 до 220 ГГц, рег. № 3.1.ZZT.0288.2018; Прибор для поверки ваттметров М1-25/1, рег. № 8941-82; Прибор для поверки ваттметров М1-25/2, рег. № 8941-82.
10.7 Определение относительной погрешности измерений мощности и определение диапазона измерений мощности 10.8 Определение относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний и диапазона измерений мощности импульсно-модулированных колебаний	Генератор сигналов, диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, диапазон частот от 110 до 170 ГГц, пределы относительной погрешности установки частоты $\pm 1\%$, выходная мощность не менее $7 \cdot 10^{-3}$ Вт диапазон выходного уровня от -20 до 20 дБ (отн. 1 мВт) Измеритель отношения мощностей, диапазон измерения отношений мощности на частоте 1 ГГц в диапазоне значений от -60 до +27 дБ (отн. 1 мВт) от -87 до 0, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности в диапазоне значений мощности от $\pm 0,005$ до $\pm 0,024$ дБ Измеритель отношения мощностей, диапазон частот от 0 до 110 ГГц, диапазон измерений мощности от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт, пределы допускаемой относительной погрешности измерений отношений двух уровней мощности одинаковой частоты $\pm 0,3\%$	Генератор сигналов E8257D, рег. № 74333-19; Генератор сигналов высокочастотный программируемый Г4-161, рег. № 9607-84; Анализатор электрических цепей векторный ZVA 67, рег. № 48355-11; Модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z110, рег. № 75204-19; Модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z170, рег. № 75204-19; Калибратор отношения мощностей NRPC-LS, рег. № 84102-21; Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP110T, рег. № 69958-17
10.9 Определение времени нарастания переходной характеристики	Генератор сигналов, диапазон частот от 50 МГц до 40 ГГц, уровень мощности выходного сигнала от -5 до 10 дБ (отн. 1 мВт) в зависимости от диапазона частот, длительность фронта/среза импульсного модулирующего сигнала не более 10 нс, минимальная длительность импульса 30 нс	Генератор сигналов RFSU40, рег. № 76945-19
* – регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений		

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки ваттметра 2438 необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые действующими правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами при работе с СВЧ излучением, необходимо соблюдать требования, указанные в документе 2438 РЭ и в РЭ на средства измерений (эталонов) и испытательное оборудование.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

6.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Внешний осмотр ваттметра 2438 проводить визуально без вскрытия. При этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документу 2438 РЭ;

- целостность и чистоту разъемов;
- целостность фирменной наклейки;
- исправность сетевого шнура;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплект поставки соответствует документу 2438 РЭ;
- маркировка соответствует документу 2438 РЭ;
- пломбировка (наклейка) и фирменная наклейка цела;
- разъемы целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, установленные в 2438 РЭ и в руководствах по эксплуатации применяемых средств поверки.

8.2 Контроль условий поверки

8.2.1 Провести измерения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.2 Результаты контроля условий поверки считать положительными, если значения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления в помещении, в котором будет выполняться поверка, соответствуют значениям, приведенным в таблице 5.

В противном случае результаты контроля условий поверки считать отрицательными. Последующие операции поверки проводить после установления в помещении, в котором будет

выполняться поверка, значений температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха и атмосферного давления, соответствующие значениям, приведенным в таблице 5.

8.3 Определение присоединительных размеров СВЧ соединителя

8.3.1 Измерение присоединительного размера коаксиальных соединителей проводить методом прямых измерений с помощью комплекта для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7, КИСК-3,5, комплекта измерителей присоединительных размеров КИПР-05Р-05 (далее – комплект КИСК-7/КИСК-3,5/КИПР-05Р-05).

8.3.2 Подготовить к работе комплект КИСК-7/КИСК-3,5/КИПР-05Р-05 в соответствии с его руководством по эксплуатации.

8.3.3 Выполнить измерение присоединительного размера 5,26 мм коаксиальных соединителей типа N вилка для преобразователей 71710D, 81702D, 81703D, 71718 с помощью комплекта КИСК-7.

8.3.4 Выполнить измерение присоединительного размера 0 мм коаксиальных соединителей типа РС-3,5 вилка для преобразователей 71710Е, 81702Е, 81703Е с помощью комплекта КИСК-3,5.

8.3.5 Выполнить измерение присоединительного размера 0 мм коаксиальных соединителей типа РС-2,4 вилка для преобразователей 71710F, 81702F, 81703F с помощью комплекта КИПР-05Р-05.

Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

Результаты поверки считать положительными, если присоединительные размеры СВЧ соединителя находятся в пределах:

- от 5,26 до 5,32 мм для коаксиального соединителя тип N (вилка);
- от 0 до 70 мкм для коаксиального соединителя 3,5 мм;
- от 0 до 50 мкм для коаксиального соединителя 2,4 мм.

8.4 Опробование средства измерений

8.4.1 Для опробования ваттметра 2438 выполнить следующую последовательность действий.

8.4.2 Разместить ваттметр 2438 на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

8.4.3 Подключить блок измерительный к сети питания. После подключения к сети кнопка питания в правом нижнем углу передней панели ваттметра 2438 загорится желтым.

8.4.4 Подключить к блоку измерительному ваттметра 2438 преобразователь измерительный с помощью кабеля, входящего в комплект поставки, в соответствии с РЭ на ваттметр 2438.

8.4.5 Нажать на кнопку питания ваттметра 2438. Индикатор кнопки загорится зеленым.

8.4.6 Наблюдать автоматический запуск программного обеспечения (далее – ПО) ваттметра 2438.

8.4.7 По окончании запуска ПО контролировать появление на сенсорном экране окна, приведенного на рисунке 1.

8.4.8 Убедиться в отсутствии сообщений об ошибках.

8.4.9 Выполнить сброс настроек прибора нажатием «Preset»/«Default»/«Ok».

8.4.10 Выполнить процедуру установки нуля и калибровки. Для этого нажать кнопку «Cal»/«Channel A»/«Zero» и затем «Cal»/«Channel A»/«Cal». В случае калибровки преобразователей серии 71710 необходимо подключить преобразователь к выходу калибровочного источника блока измерительного. В случае с преобразователями пиковой мощности серии 81702 или 81703 подключение к выходу калибровочного источника блока не требуется.

8.4.11 Установить частоту с помощью команд «Freq»/«CHN Freq» и ввести значение частоты измеряемого сигнала с помощью цифровой клавиши.

8.4.12 Выполнить процедуру самодиагностики путем нажатия виртуальных клавиш «Menu»/«System»/«Service»/«Test»/«Selftest».



Рисунок 1

8.4.13 Убедиться в том, что все сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

8.4.14 Выключить ваттметр 2438.

8.4.15 Выполнить п. п. 8.4.4-8.4.14 для каждого канала блока измерительного.

8.4.16 Результаты проверки считать положительными, если ваттметр 2438 включается, по окончании запуска ПО на экране дисплея отображается окно, представленное на рисунке 1, отсутствуют сообщения об ошибках, процедуры обнуления и калибровки выполняются успешно, сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Для проведения проверки выполнить следующие операции:

- включить блок измерительный ваттметра;
- при загрузке операционной системы наблюдать версию программного обеспечения в центре экрана (рисунок 2);

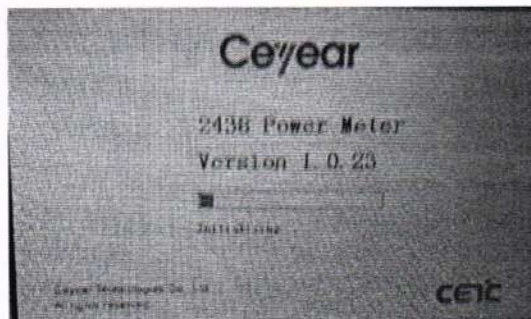


Рисунок 2

- после загрузки операционной системы после нажатия функциональной кнопки «About» наблюдать в верхнем правом углу экрана версию программного обеспечения (рисунок 3);



Рисунок 3

Результат наблюдения зафиксировать в рабочем журнале.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если:

- при загрузке ваттметра 2438 наблюдается версия программного обеспечения в соответствии с рисунком 2;
- после нажатия клавиши «About» наблюдается версия программного обеспечения в соответствии с рисунком 3;
- наблюдается значение версии ПО V1.0.23 и выше.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение частоты и абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного

10.1.1 Для определения абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного нужно выполнить следующую последовательность действий.

10.1.2 Собрать схему, представленную на рисунке 4.

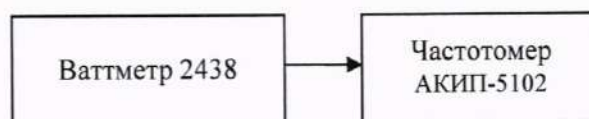


Рисунок 4

10.1.3 Подготовить ваттметр 2438 к работе согласно РЭ.

10.1.4 Подать сигнал с выхода калибровочного источника блока измерительного нажатием кнопки «Cal»/ «Calibrator»/«On» на вход частотомера АКИП-5102.

10.1.5 Измеренное значение частоты $F_{изм}$ занести в протокол.

10.1.6 Отключить сигнал с выхода калибровочного источника.

10.1.7 Рассчитать значение абсолютной погрешности установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного по формуле (1):

$$\Delta = 50000000 - F_{изм}, \quad (1)$$

10.1.8 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность установки частоты сигнала калибровочного источника блока измерительного не превышает значения ± 1 МГц.

10.2 Определение мощности сигнала и относительной погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного

10.2.1 Для определения относительной погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного выполнить следующие действия.

10.2.2 Подготовить ваттметр 2438 к работе согласно РЭ.

10.2.3 Подключить ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (далее – ваттметр NRP18T) к выходу калибровочного источника блока измерительного.

10.2.4 Подать сигнал с выхода калибровочного источника блока измерительного нажатием кнопки «Cal»/ «Calibrator»/«On».

10.2.5 Зафиксировать в протоколе измеренное значение мощности ваттметром NRP18T $P_{изм}$.

10.2.6 Отключить сигнал с выхода калибровочного источника.

10.2.7 Рассчитать значение относительной погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного, в %, по формуле (2):

$$\delta = (P_{изм} - 1) \cdot 100, \quad (2)$$

10.2.8 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной

погрешности установки мощности сигнала на выходе калибровочного источника блока измерительного не превышает значения $\pm 1\%$.

10.3 Определение коэффициента отражения выхода калибровочного источника блока измерительного

10.3.1 Определение коэффициента отражения выхода калибровочного источника блока измерительного проводить по схеме, представленной на рисунке 5. Для этого выполнить следующую последовательность действий.

10.3.2 Провести однопортовую калибровку государственного вторичного эталона единиц комплексных коэффициентов передачи в диапазоне от 0 до минус 60 дБ и комплексных коэффициентов отражений в диапазоне от 0,006 до 1 в диапазоне частот от 0,05 до 65 ГГц (далее – 2.1.ZZT.0210.2015) в сечении 7/3,04 мм.

10.3.3 Подготовить к работе ваттметр NRP18T.

10.3.4 Подключить к одному из измерительных портов вспомогательного делителя мощности ЭВ оконечного типа, а к другому – нагрузку холостого хода из набора калибровочных мер НКММ-11-11Р (далее – набор НКММ-11-11Р).

10.3.5 Подключить вход вспомогательного делителя мощности к измерительному порту эталона 3.1.ZZT.0210.2015 и измерить значение коэффициента отражения Γ_1 .



Рисунок 5

10.3.6 Отсоединить от порта вспомогательного делителя мощности нагрузку холостого хода, присоединить нагрузку согласованную из набора НКММ-11-11Р и измерить значение коэффициента отражения Γ_2 .

10.3.7 Собрать схему, представленную на рисунке 6.

10.3.8 Подготовить к работе калибратор мощности СВЧ NRPC18 (далее – калибратор NRPC18) и ваттметр NRP18T.



Рисунок 6

10.3.9 Подать с генератора E8257D сигнал мощностью 1 мВт.

10.3.10 Зафиксировать измеренное значение мощности ЭВ проходного типа $P_{ЭВ_П}^{LOAD}$ и ЭВ оконечного типа $P_{ЭВ_О}^{LOAD}$ при подключенной к порту вспомогательного делителя мощности нагрузки согласованной.

10.3.11 Отключить мощность с генератора E8257D.

10.3.12 Отсоединить от порта вспомогательного делителя мощности нагрузку согласованную и присоединить нагрузку холостого хода.

10.3.13 Зафиксировать измеренное значение мощности ЭВ проходного типа $P_{ЭВ_П}^{OPEN}$ и ЭВ оконечного типа $P_{ЭВ_О}^{OPEN}$.

10.3.14 Собрать схему, представленную на рисунке 7.



Рисунок 7

10.3.15 Подключить вход вспомогательного делителя мощности к выходу калибровочного источника блока измерительного ваттметра 2438.

10.3.16 Подключить к выходу вспомогательного делителя мощности нагрузку холостого хода.

10.3.17 Подать сигнал с выхода калибровочного источника блока измерительного и измерить ЭВ значение мощности P_1 .

10.3.18 Отсоединить от порта вспомогательного делителя мощности нагрузку согласованную и присоединить нагрузку холостого хода.

10.3.19 Подать сигнал с выхода калибровочного источника блока измерительного и измерить ЭВ значение мощности P_2 .

10.3.20 Рассчитать коэффициент отношения мощностей калибратора M по формуле (3):

$$M = \frac{P_1 \cdot (P_{ЭВ_О}^{OPEN} / P_{ЭВ_П}^{OPEN})}{P_2 \cdot (P_{ЭВ_О}^{LOAD} / P_{ЭВ_П}^{LOAD})}, \quad (3)$$

10.3.21 Рассчитать значение коэффициента отражения выхода калибратора блока измерительного $|\Gamma|$ по формуле (4):

$$|\Gamma| = \frac{-(2 \cdot |\Gamma_1| \cdot M - 2 \cdot |\Gamma_2|) \pm \sqrt{(2 \cdot |\Gamma_1| \cdot M - 2 \cdot |\Gamma_2|)^2 - 4 \cdot (|\Gamma_1|^2 \cdot M - |\Gamma_2|^2) \cdot (M - 1)}}{2 \cdot (|\Gamma_1|^2 \cdot M - |\Gamma_2|^2)}, \quad (4)$$

10.3.22 В качестве значения $|\Gamma|$ выбрать то, которое имеет физический смысл ($|\Gamma| > 0$).

10.3.23 Результаты поверки считать положительными, если значение коэффициента отражения выхода калибратора блока измерительного $|\Gamma|$ не превышает значения 0,07.

10.4 Определение диапазона рабочих частот

10.4.1 Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно с определением коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН) входа преобразователей

измерительных (п. 10.5) и определением относительной погрешности измерений средней мощности на опорном уровне 1 мВт (п. 10.6).

10.4.2 Результаты поверки по определению рабочих частот ваттметров 2438 считать положительными, если значения КСВН, не превышают значений, указанных в таблице 8, а значения относительной погрешности измерений средней мощности на опорном уровне 1 мВт не превышают значений, указанных в таблице 10.

10.5 Определение КСВН входа

10.5.1 Определение КСВН проводить методом прямых измерений КСВН входа преобразователей измерительных с использованием анализатора электрических цепей векторного. Модули расширения частотного диапазона ZVA-Z170 применяются совместно с анализатором электрических цепей векторным ZVA 67.

10.5.2 Подготовить к работе эталон или средство измерений согласно РЭ в зависимости от типа преобразователя и диапазона частот в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Типы преобразователей и диапазоны частот

Тип преобразователя	Частота, ГГц	Используемый эталон или средство измерений
71710D	10 МГц, 30 МГц	ZVL3
	50 МГц, от 250 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц	ZVA 67
71710E	50 МГц, от 250 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц; от 18 до 26 ГГц с шагом 1 ГГц; 26,5 ГГц	ZVA 67
71710F	50 МГц, от 250 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц; от 18 до 26 ГГц с шагом 1 ГГц; 26,5 ГГц; от 27 до 40 ГГц с шагом 1 ГГц	ZVA 67
71718	от 110 до 170 ГГц с шагом 5 ГГц	ZVA 67 с ZVA-Z170
81702D 81703D	50 МГц, от 250 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц	ZVA 67
81702E 81703E	от 500 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц; от 18 до 26 ГГц с шагом 1 ГГц; 26,5 ГГц	ZVA 67
81702F 81703F	от 500 до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 до 18 ГГц с шагом 500 МГц; от 18 до 26 ГГц с шагом 1 ГГц; 26,5 ГГц от 27 до 40 ГГц с шагом 1 ГГц	ZVA 67

10.5.3 Измерения КСВН выполнять на частотах, приведенных в таблице 7.

10.5.4 Результаты измерений занести в протокол.

10.5.5 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН не превышают значений, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Допускаемые значения КСВН

Диапазон частот	Значение КСВН									
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности									
	71710D	71710E	71710F	71718	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
от 10 до 50 МГц включ.	1,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–
св. 50 МГц до 2 ГГц включ.	1,15	1,15	1,15	–	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
св. 2 до 12,4 ГГц включ.	1,20	1,20	1,20	–	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
св. 12,4 до 18 ГГц включ.	1,26	1,26	1,26	–	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
св. 18 до 26,5 ГГц включ.	–	1,35	1,35	–	–	–	1,35	1,35	1,35	1,35
св. 26,5 до 40 ГГц включ.	–	–	1,50	–	–	–	–	–	1,50	1,50
от 110 до 170 ГГц включ.	–	–	–	1,45	–	–	–	–	–	–

10.6 Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне 1 мВт

Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт проводить на частотах, указанных в таблице 7.

10.6.1 Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт для преобразователей измерительных 71710D, 81702D, 81703D в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц, для преобразователей измерительных 71710E, 81702E, 81703E в диапазоне частот от 50 МГц до 26,5 ГГц, для преобразователей измерительных 71710F, 81702F, 81703F в диапазоне частот от 50 МГц до 40 ГГц выполнять по схеме на рисунке 8.

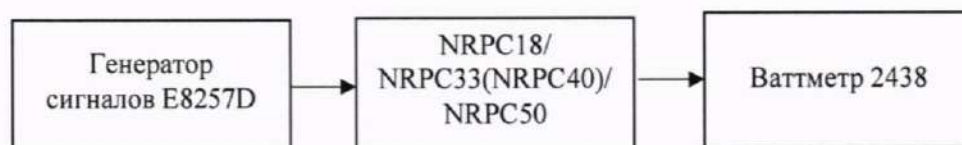


Рисунок 8

10.6.1.1 Установить на генераторе первую частоту из списка частот в соответствии с таблицей 7 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая ваттметром 2438, была близка к 1 мВт.

10.6.1.2 Выключить генератор. Установить нулевые показания эталонного ваттметра и ваттметра 2438.

10.6.1.3 Включить мощность. Одновременно отсчитать показания мощности эталонного ваттметра $P_{ЭТ}$ и ваттметра 2438 $P_{ИЗМ}$. Зафиксировать в протоколе результаты измерений.

10.6.1.4 Выполнить измерения на каждой частоте из списка частот в соответствии с таблицей 7.

10.6.1.5 Отсоединить ваттметр 2438 от эталонного ваттметра и присоединить снова с поворотом на 120°.

10.6.1.6 Повторить п.п.10.6.1.1-10.6.1.5.

10.6.1.7 Повторить п.п.10.6.1.1-10.6.1.6 еще один раз.

10.6.1.8 Рассчитать значение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт, в %, по формуле (5):

$$\delta_f = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}} \right)_i - 1 \right) \cdot 100, \quad (5)$$

где $P_{ИЗМ}$ – значение мощности, измеренное ваттметром 2438;

$P_{ЭТ}$ – значение мощности, измеренное эталонным ваттметром;

n – число измерений.

10.6.1.9 Рассчитать значение случайной погрешности измерений, в %, по формуле (6):

$$\Delta_{сл} = \frac{(P_{ИЗМ}/P_{ЭТ})_{МАКС} - (P_{ИЗМ}/P_{ЭТ})_{МИН}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} (P_{ИЗМ}/P_{ЭТ})_i} \cdot 100, \quad (6)$$

10.6.1.10 Рассчитать значение погрешности измерений в соответствии, в %, по формуле (7):

$$\Delta = \pm \left(\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2} + \gamma \Delta_p \right), \quad (7)$$

где $\Delta_{сл}$ – случайная погрешность поверки, в %, и рассчитывается по формуле (6):

γ – коэффициент, зависящий от отношения (8) и определяемый по таблице 9:

$$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}}, \quad (8)$$

Δ_p – погрешность рассогласования, в %, рассчитывается по формуле (9):

$$\Delta_p = 2 \cdot |\Gamma_{Э}| \cdot |\Gamma| \cdot 100, \quad (9)$$

где $|\Gamma_{Э}|$ – модуль эффективного коэффициента отражения выхода эталонного ваттметра;

$|\Gamma|$ – модуль коэффициента отражения входа преобразователя ваттметра 2438, определяемый по формуле (10):

$$|\Gamma| = \left(\frac{КСВН - 1}{КСВН + 1} \right), \quad (10)$$

где значение КСВН получено в п. 10.5.

Таблица 9

Значение параметра	При значении соотношения $\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}}$							
	0	1	2	4	6	8	10	∞
γ	0	0,53	0,70	0,85	0,93	0,97	0,98	1,0

10.6.2 Определение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт для преобразователей измерительных 71718 выполнять по схеме на рисунке 9. В качестве генератора сигналов СВЧ используется модуль расширения частотного диапазона ZVA-Z170 с анализатором электрических цепей векторным ZVA 67 в диапазоне частот от 110 до 115 ГГц, генератор сигналов высокочастотный программируемый Г4-161 в диапазоне частот от 120 до 170 ГГц.

В качестве эталонного ваттметра применяется государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 37,5 до 220 ГГц с доверительными границами относительной погрешности результатов измерений при доверительной вероятности $0,95 \pm 4,0 \%$ в диапазоне частот от 78,33 до 118,1 ГГц, $\pm 5,0 \%$ в диапазоне частот от 118,1 до 178,4 ГГц.

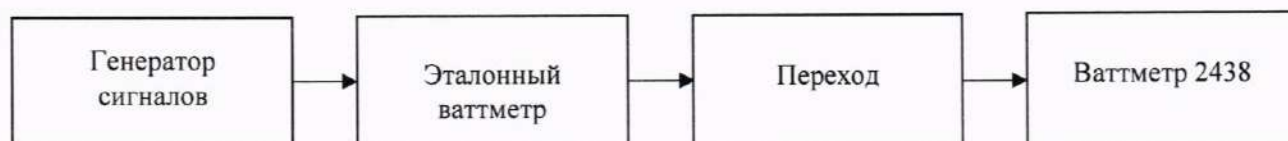


Рисунок 9

10.6.2.1 Выполнить п.п. 10.6.1.1-10.6.1.7.

10.6.2.2 Рассчитать значение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт, в %, по формуле (11):

$$\delta_f = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}} \right)_i \cdot |S_{21}|^2 - 1 \right) \cdot 100, \quad (11)$$

где $P_{ИЗМ}$ – значение мощности, измеренное ваттметром 2438;

$P_{ЭТ}$ – значение мощности, измеренное эталонным ваттметром;

$|S_{21}|^2$ – модуль коэффициента передачи перехода;

n – число измерений.

10.6.2.3 Рассчитать значение случайной погрешности измерений, в %, по формуле (6).

10.6.2.4 Рассчитать значение погрешности измерений, в %, по формуле (12):

$$\Delta = \pm \left(\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2 + 2\Delta_{ПЕРЕХ}^2} + \gamma\Delta_p \right), \quad (12)$$

где $\Delta_{сл}$ – случайная погрешность поверки и рассчитывается по формуле (6);

Δ_1 – предел допускаемой погрешности эталона;

$\Delta_{ПЕРЕХ}$ – предел допускаемой погрешности перехода;

γ – коэффициент, зависящий от отношения (8) и определяемый по таблице 9;

Δ_p – погрешность рассогласования и рассчитывается по формуле (9).

10.6.3 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне 1 мВт не превышают значений, указанных в таблице 10, значение случайной погрешности измерений $\Delta_{сл}$ и значение погрешности измерений Δ не превышает 0,2 и 0,8 соответственно от значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10 – Пределы допускаемой относительной погрешности измерений на опорном уровне мощности 1 мВт

Наименование характеристики	Значение			
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности			
	71710D	71710E	71710F	71718
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,01 до 18,00	от 0,05 до 26,50	от 0,05 до 40,00	от 110 до 170
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений на опорном уровне мощности 1 мВт, %, в диапазоне частот:				
- от 10 до 50 МГц включ.	±4,5	–	–	–
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±4,5	±4,5	±4,5	–
- св. 18,0 до 26,5 ГГц включ.	–	±6,0	±6,0	–
- св. 26,5 до 40,0 ГГц включ.	–	–	±9,0	–
- от 110 до 170 ГГц включ.	–	–	–	±22,0

Продолжение таблицы 10

Наименование характеристики	Значение					
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности					
	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,05 до 18,00	от 0,05 до 18,00	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 40	от 0,5 до 40
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности на опорном уровне 1 мВт, %, в диапазоне частот:						
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	—	±6,0	±6,0	±6,0	±6,0
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	—	—	±8,5	±8,5

10.7 Определение относительной погрешности измерений мощности и определение диапазона измерений мощности

10.7.1 Определение относительной погрешности измерений средней мощности для преобразователей серий 71710, 81702, 81703 проводить по схеме, приведенной на рисунке 10:

- в диапазоне мощности от минус 60 до 20 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 71710D, 71710E, 71710F,
- в диапазоне мощности от минус 10 до 20 (отн. 1 мВт) для преобразователей 81702D, 81702E, 81702F;
- в диапазоне мощности от минус 30 до 20 (отн. 1 мВт) для преобразователей 81703D, 81703E, 81703F.

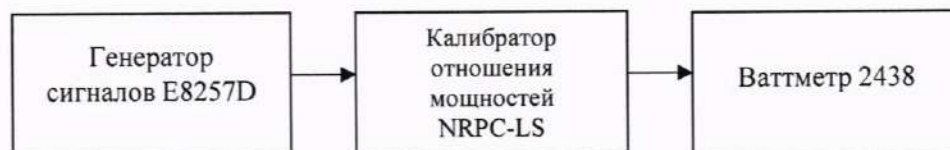


Рисунок 10

10.7.1.1 Для проведения измерений уровня мощности 20 дБ (отн. 1 мВт) при необходимости использовать вспомогательный усилитель.

10.7.1.2 Подготовить к работе калибратор отношения мощностей NRPC-LS (далее – калибратор NRPC-LS) и ваттметр 2438 в соответствии с их РЭ.

10.7.1.3 Провести установку нуля ваттметра 2438 и калибратора NRPC-LS.

10.7.1.4 Установить на генераторе сигналов E8257D частоту выходного сигнала 1 ГГц и такой уровень мощности, чтобы показания на ваттметре 2438 были близки к 0 дБ (отн. 1 мВт).

10.7.1.5 Провести установку нуля ваттметра 2438 и калибратора NRPC-LS.

10.7.1.6 Одновременно отсчитать показания ваттметра 2438 $P_{изм}^P$ и показания калибратора NRPC-LS $P_{эт}^P$ при $P=0$ дБ (отн. 1 мВт). Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

10.7.1.7 Повторить п.п. 10.7.1.3 – 10.7.1.6 для следующих значений измеренной мощности ваттметром 2438: 20 дБ (отн. 1 мВт), 10 дБ (отн. 1 мВт), минус 10 (отн. 1 мВт), минус 20 (отн. 1 мВт), минус 30 (отн. 1 мВт), минус 40 (отн. 1 мВт), минус 50 (отн. 1 мВт), минус 60 (отн. 1 мВт).

10.7.1.8 Определить относительную погрешность измерений мощности δ , в %, на частоте f и уровне P для всех преобразователей по формуле (13):

$$\delta = \delta_f + A_p, \quad (13)$$

где δ_f – значение, полученное в п. 10.6,

A_P – составляющая основной погрешности, рассчитываемая по формуле (14):

$$A_P = \left(10^{\frac{(P_{ИЗМ}^P - P_{ЭТ}^P) - (P_{ИЗМ}^{P=0} - P_{ЭТ}^{P=0})}{10}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (14)$$

10.7.2 Определение относительной погрешности измерений мощности для ваттметров 2438 с преобразователями 71718.

10.7.2.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 11. Источник сигнала выбирается согласно таблице 6.



Рисунок 11

10.7.2.2 Присоединить к боковому плечу направленного ответвителя ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP110T (далее – ваттметр NRP110T).

10.7.2.3 Установить на генераторе сигналов и ваттметрах NRP110T и 2438 нижнюю частоту из диапазона рабочих частот в соответствии с таблицей 7.

10.7.2.4 Подать такой уровень мощности сигнала, чтобы показания ваттметра 2438 были близки к 0 дБ (отн. 1 мВт).

10.7.2.5 Зафиксировать значение мощности, измеренное ваттметром NRP110T, $P_{ЭТ}^{-10\text{дБм}}$ и значение мощности, измеренное ваттметром 2438, $P_{ИЗМ}^{0\text{дБм}}$ в протоколе.

10.7.2.6 Подать такой уровень мощности сигнала, чтобы показания ваттметра 2438 были близки к 10 дБ (отн. 1 мВт).

10.7.2.7 Зафиксировать значение мощности, измеренное ваттметром NRP110T, $P_{ЭТ}^{0\text{дБм}}$ и значение мощности, измеренное ваттметром 2438, $P_{ИЗМ}^{10\text{дБм}}$ в протоколе.

10.7.2.8 Установить на вспомогательном аттенуаторе ослабление 10 дБ.

10.7.2.9 Подать такой уровень мощности сигнала, чтобы показания ваттметра 2438 были близки 0 дБ (отн. 1 мВт).

10.7.2.10 Зафиксировать значение мощности, измеренное ваттметром NRP110T, $P_{ЭТ}^{0\text{дБм}}$ и значение мощности, измеренное ваттметром 2438, $P_{ИЗМ}^{0\text{дБм}}$ в протоколе.

10.7.2.11 Подать такой уровень мощности сигнала, чтобы показания ваттметра 2438 были близки к минус 10 дБ (отн. 1 мВт).

10.7.2.12 Зафиксировать значение мощности, измеренное ваттметром NRP110T, $P_{ЭТ}^{-10\text{дБм}}$ и значение мощности, измеренное ваттметром 2438, $P_{ИЗМ}^{-10\text{дБм}}$ в протоколе.

10.7.2.13 Повторить измерения по п.п. 10.7.2.9 – 10.7.2.12 при значении ослабления на аттенуаторе 20 дБ.

10.7.2.14 Рассчитать значение относительной погрешности измерений мощности, в %, на частоте f на уровнях мощности $P=10$, минус 10, минус 20 согласно формулам:

- на уровне $P=10$ дБ (отн. 1 мВт) по формуле (15):

$$\delta_{10} = \delta_f + A_{10}; \quad (15)$$

где A_{10} – составляющая основной погрешности, рассчитываемая по формуле (16):

$$A_{10} = \left(10^{\frac{(P_{НЗМ}^{10\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{0\text{ дБм}}) - (P_{НЗМ}^{0\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{10\text{ дБм}})}{10}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (16)$$

- на уровне $P = -10$ дБ (отн. 1 мВт) по формуле (17):

$$\delta_{-10} = \delta_f + A_{-10}; \quad (17)$$

где A_{-10} – составляющая основной погрешности, рассчитываемая по формуле (18):

$$A_{-10} = \left(10^{\frac{(P_{НЗМ}^{-10\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{-10\text{ дБм}}) - (P_{НЗМ}^{0\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{0\text{ дБм}})}{10}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (18)$$

- на уровне $P = -20$ дБ (отн. 1 мВт) по формуле (19):

$$\delta_{-20} = \delta_f + A_{-10} + A_{-20}; \quad (19)$$

где A_{-20} – составляющая основной погрешности, рассчитываемая по формуле (20):

$$A_{-20} = \left(10^{\frac{(P_{НЗМ}^{-20\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{-10\text{ дБм}}) - (P_{НЗМ}^{-10\text{ дБм}} - P_{ЭТ}^{0\text{ дБм}})}{10}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (20)$$

где δ_f – значение получено в п. 10.6.

10.7.2.15 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений мощности и значения относительной погрешности измерений мощности не превышают значений, приведенных в таблице 11.

Таблица 11 – Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности

Наименование характеристики	Значение			
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности			
	71710D	71710E	71710F	71718
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,01 до 18,00	от 0,05 до 26,50	от 0,05 до 40,00	от 110 до 170
Диапазон измерений мощности, дБ (отн. 1 мВт)	от -60 до 20	от -60 до 20	от -60 до 20	от -20 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности, %, в диапазоне частот:				
- от 10 до 50 МГц включ.	±7,0	—	—	—
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±7,0	±8,0	±8,0	—
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	±12,0	±12,0	—
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	±16,0	—
- от 110 до 170 ГГц включ.	—	—	—	±25,0

Наименование характеристики	Значение					
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности					
	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,05 до 18,00	от 0,05 до 18,00	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 26,5	от 0,5 до 40	от 0,5 до 40
Диапазон измерений средней мощности, дБ (отн. 1 мВт)	от -10 до 20	от -30 до 20	от -10 до 20	от -30 до 20	от -10 до 20	от -30 до 20
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности, %, в диапазоне частот:						
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±9,0	±9,0	±9,0	±9,0	±9,0	±9,0
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	—	±10,0	±10,0	±10,0	±10,0
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	—	—	±12,0	±12,0

Продолжение таблицы 11

Наименование характеристики	Значение					
	Преобразователи измерительные поглощаемой мощности					
	81702D	81703D	81702E	81703E	81702F	81703F
Диапазон измерений мощности импульсно- модулированных колебаний, дБ (отн. 1 мВт)	от 0 до 10	от -10 до 10	от 0 до 10	от -10 до 10	от 0 до 10	от -10 до 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, %, в диапазоне частот:						
- от 50 МГц до 18 ГГц включ.	±10,0	±10,0	±10,0	±10,0	±10,0	±10,0
- св. 18 до 26,5 ГГц включ.	—	—	±11,0	±11,0	±11,0	±11,0
- св. 26,5 до 40 ГГц включ.	—	—	—	—	±13,0	±13,0

10.8 Определение относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний и диапазона измерений мощности импульсно-модулированных колебаний

10.8.1 Определение относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний в диапазоне мощности от 0 до 10 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81702D, 81702E, 81702F и от минус 10 до 10 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81703D, 81703E, 81703F проводить по схеме, приведенной на рисунке 8.

Измерения проводятся в режиме внутреннего триггера ваттметра 2438 на уровнях мощности:

- 10 дБ (отн. 1 мВт), 0 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81702D, 81702E, 81702F;
- 10 дБ (отн. 1 мВт), 0 дБ (отн. 1 мВт), минус 10 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81703D, 81703E, 81703F.

10.8.2 Выбрать режим внутреннего триггера через «Trigger»/«Settings»/«Trig Source»/«Chan A», установить «Measure»/«Feed»/«Meas»/«Peak Pwr», «Trigger»/ «Continue Trig» и простое отображение (п 4.5 РЭ) нажатием на кнопку «».

10.8.3 Установить на генераторе первую частоту из списка частот в соответствии с таблицей 7 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая ваттметром 2438, были близки к 1 мВт.

10.8.4 Выключить генератор. Установить нулевые показания эталонного ваттметра и ваттметра 2438.

10.8.5 Включить мощность. Одновременно отсчитать показания мощности эталонного ваттметра $P_{ЭТ}$ и ваттметра 2438 $P_{ИЗМ}$. Зафиксировать в протоколе результаты измерений.

10.8.6 Выполнить измерения на каждой частоте из списка частот в соответствии с таблицей 7.

10.8.7 Рассчитать значение относительной погрешности измерений мощности на опорном уровне мощности 1 мВт, в %, по формуле (21):

$$\delta_f = ((P_{ИЗМ}/P_{ЭТ}) - 1) \cdot 100 \quad (21)$$

где $P_{ИЗМ}$ – значение мощности, измеренное ваттметром 2438;

$P_{ЭТ}$ – значение мощности, измеренное эталонным ваттметром.

10.8.8 Установить на генераторе первую частоту из списка частот в соответствии с таблицей 7 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая ваттметром 2438, была близка к 10 мВт. Повторить измерения по п.п. 10.8.4-10.8.7.

10.8.9 Для преобразователей 81703D, 81703E, 81703F установить на генераторе первую

частоту из списка частот в соответствии с таблицей 7 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая ваттметром 2438, были близки к 0,1 мВт. Повторить измерения по п.п. 10.8.4-10.8.7.

10.8.10 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний в диапазоне мощности от 0 до 10 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81702D, 81702E, 81702F и от минус 10 до 10 дБ (отн. 1 мВт) для преобразователей 81703D, 81703E, 81703F не превышают допустимых значений:

±10,0 % на частотах от 50 МГц до 18 ГГц включ.

±11,0 % на частотах св. 18 до 26,5 ГГц включ.

±13,0 % на частотах св. 26,5 до 40 ГГц включ.

10.9 Определение времени нарастания переходной характеристики

10.9.1 Определение времени нарастания переходной характеристики проводить для ваттметра 2438 с преобразователями измерительными 81702D, 81702E, 81702F, 81703D, 81703E, 81703F.

10.9.2 Собрать схему измерений приведенную на рисунке 12.

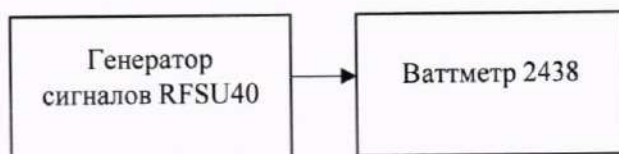


Рисунок 12

10.9.3. Подготовить к работе ваттметр 2438 с преобразователями 81702D/81702E/81702F/81703D/81703E/81703F.

10.9.4 Установить на ваттметре 2438 режим отображения результатов измерений «Disp Type» - «Trace», частоту 10 ГГц, выбрать режим внутреннего триггера через «Trigger»/«Settings»/«Trig Source»/«Chan A».

10.9.5 Установить параметры триггера «Trig Mode» - «Norm», режим триггера запуска триггера «A TrigType» - «Continue trig», уровень срабатывания триггера «Trig Level» на 3 дБ (отн. 1 мВт) ниже измеряемого сигнала, установить нарастающий фронт сигнала через «Trig Slope» - «+», шкалу X на 50 нс/дел.

10.9.6 Установить на генераторе сигналов RFSU40 (далее – RFSU40) частоту несущей 10 ГГц, значение выходной мощности 10 дБ (отн. 1 мВт), период импульса 10 мкс и ширину импульса 5 мкс.

10.9.7 Подать на вход преобразователя сигнал с импульсной модуляцией.

10.9.8 Зафиксировать в протоколе значение измеренного времени нарастания импульса, указанного в графе «Rise» t_{S1} .

10.9.9 Повторить измерения по п. п. 10.9.4-10.9.8:

– на частотах 50 МГц и 18 ГГц для преобразователей 81702D, 81703D;

– на частотах 500 МГц и 26 ГГц для преобразователей 81702E, 81703E.

– на частотах 500 МГц и 40 ГГц для преобразователей 81702F, 81703F.

10.9.10 Повторить измерения по п. п. 10.9.4-10.9.9 при уровнях мощности 0 дБ (отн. 1 мВт) и минус 5 дБ (отн. 1 мВт) и зафиксировать в протоколе значение измеренного времени нарастания импульса t_{S2} и t_{S3} соответственно.

10.9.11 Результаты поверки считать положительными, если время нарастания t_{S1} , t_{S2} , t_{S3} не превышает значения 100 нс.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Ваттметр 2438 признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца, или лица, предъявившего его на поверку, на ваттметр 2438 наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

11.4 Ваттметр 2438 с отрицательными результатами поверки в обращение не допускается и на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник центра 14 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Научный сотрудник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер лаборатории 111 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

И.П. Чирков

А.И. Матвеев

М.В. Жогун