

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

07

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплекты калибровочных мер ККМВ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 113-25-007

пгт. Менделеево
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	9
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	9
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ..	10
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	11
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	12
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	12
9	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	12
10	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	22
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	24

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Комплекты калибровочных мер ККМВ (далее – ККМВ), изготавливаемые Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

1.3 Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослеживаемость к ГЭТ 219-2024 «Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц» (далее – ГЭТ 219) в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05.08.2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

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

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на ККМВ и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.6 Настоящая методика поверки применяется для поверки ККМВ, используемых в качестве рабочего эталона (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения в волноводных трактах в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц, утвержденной Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
Диапазон рабочих частот, ГГц, для присоединительных размеров фланцев волноводов прямоугольного сечения, мм:	
90,0×45,0	от 2,14 до 3,20
72,0×34,0	от 2,59 до 3,94
58,0×25,0	от 3,20 до 4,80
48,0×24,0	от 3,94 до 5,64
40,0×20,0	от 4,80 до 6,85
35,0×15,0	от 5,64 до 8,15
28,5×12,6	от 6,85 до 9,93
23,0×10,0	от 8,15 до 12,05

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
17,0×8,0	от 11,55 до 16,66
16,0×8,0	от 12,05 до 17,44
11,0×5,5	от 17,44 до 25,95
7,2×3,4	от 25,95 до 37,50
5,2×2,6	от 37,50 до 53,57
3,6×1,8	от 53,57 до 78,33
2,4×1,2	от 78,33 до 118,1
1,6×0,8	от 118,1 до 178,4
86,360×43,180 (WR-340)	от 2,20 до 3,30
72,140×34,040 (WR-284)	от 2,60 до 3,95
58,170×29,080 (WR-229)	от 3,30 до 4,90
47,549×22,149 (WR-187)	от 3,95 до 5,85
40,386×20,193 (WR-159)	от 4,90 до 7,05
34,849×15,799 (WR-137)	от 5,85 до 8,20
28,499×12,624 (WR-112)	от 7,05 до 10,0
25,908×12,954 (WR-102)	от 7,00 до 11,00
22,860×10,160 (WR-90)	от 8,20 до 12,40
19,050×9,525 (WR-75)	от 10,00 до 15,00
15,799×7,899 (WR-62)	от 12,40 до 18,00
12,954×6,477 (WR-51)	от 15,00 до 22,00
10,668×4,318 (WR-42)	от 18,00 до 26,50
8,636×4,318 (WR-34)	от 22,00 до 33,00
7,112×3,556 (WR-28)	от 26,50 до 40,00
5,690×2,845 (WR-22)	от 33,00 до 50,00
4,775×2,388 (WR-19)	от 40,00 до 60,00
3,759×1,880 (WR-15)	от 50,00 до 75,00
3,0988×1,5494 (WR-12)	от 60,00 до 90,00
2,540×1,270 (WR-10)	от 75,00 до 110,00
2,032×1,016 (WR-8)	от 90,00 до 140,00
1,651×0,8255 (WR-6)	от 110,00 до 170,00
Номинальные значения модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных, не более	0,05
Пределы допускаемой погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных: НСФ-90, НСФ-WR-340	±0,0030
НСФ-72, НСФ-WR-284, НСФ-58, НСФ-WR-229, НСФ-48, НСФ-WR-187, НСФ-40, НСФ-WR-159, НСФ-35, НСФ-WR-137	±0,0035
НСФ-28,5, НСФ-WR-112, НСФ-WR-102, НСФ-23, НСФ-WR-90, НСФ-WR-75, НСФ-17, НСФ-16, НСФ-WR-62, НСФ-WR-51, НСФ-11, НСФ-WR-42	±0,0040

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
НСФ-WR-34, НСФ-7,2, НСФ-WR-28, НСФ-WR-22	$\pm 0,0045$
НСФ-5,2, НСФ-WR-19, НСФ-WR-15	$\pm 0,0050$
НСФ-3,6, НСФ-WR-12	$\pm 0,0055$
НСФ-WR-10	$\pm 0,0060$
НСФ-2,4, НСФ-WR-8, НСФ-WR-6, НСФ-1,6	$\pm 0,0065$
Диапазон допустимых значений модуля коэффициента отражения волновода нагрузок согласованных подвижных	от 0 до 0,02
Диапазон допустимых значений модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных	от 0 до 0,04
Пределы допустимых значений модуля коэффициента отражения мер короткого замыкания, не менее	0,97
Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий $\lambda/8$, мм:	
90- $\lambda/8$	от 18,366 до 18,386
72- $\lambda/8$	от 15,321 до 15,341
58- $\lambda/8$	от 12,617 до 12,637
48- $\lambda/8$	от 10,541 до 10,561
40- $\lambda/8$	от 8,567 до 8,587
35- $\lambda/8$	от 7,054 до 7,074
28,5- $\lambda/8$	от 5,837 до 5,857
23- $\lambda/8$	от 4,974 до 4,994
17- $\lambda/8$	от 3,459 до 3,479
16- $\lambda/8$	от 3,351 до 3,371
11- $\lambda/8$	от 2,262 до 2,282
7,2- $\lambda/8$	от 1,595 до 1,615
5,2- $\lambda/8$	от 1,078 до 1,088
3,6- $\lambda/8$	от 0,744 до 0,754
2,4- $\lambda/8$	от 0,503 до 0,513
1,6- $\lambda/8$	от 0,330 до 0,340
WR-340- $\lambda/8$	от 18,222 до 18,242
WR-284- $\lambda/8$	от 15,221 до 15,241
WR-229- $\lambda/8$	от 12,269 до 12,289
WR-187- $\lambda/8$	от 10,034 до 10,054
WR-159- $\lambda/8$	от 8,524 до 8,544
WR-137- $\lambda/8$	от 7,354 до 7,374
WR-112- $\lambda/8$	от 6,012 до 6,032
WR-102- $\lambda/8$	от 5,481 до 5,501
WR-90- $\lambda/8$	от 4,804 до 4,824
WR-75- $\lambda/8$	от 4,002 до 4,022
WR-62- $\lambda/8$	от 3,322 до 3,342

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
WR-51- $\lambda/8$	от 2,719 до 2,739
WR-42- $\lambda/8$	от 2,239 до 2,259
WR-34- $\lambda/8$	от 1,791 до 1,811
WR-28- $\lambda/8$	от 1,486 до 1,506
WR-22- $\lambda/8$	от 1,196 до 1,206
WR-19- $\lambda/8$	от 0,982 до 0,992
WR-15- $\lambda/8$	от 0,794 до 0,804
WR-12- $\lambda/8$	от 0,667 до 0,677
WR-10- $\lambda/8$	от 0,533 до 0,543
WR-8- $\lambda/8$	от 0,434 до 0,444
WR-6- $\lambda/8$	от 0,359 до 0,369
Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий $\lambda/4$, мм:	
90- $\lambda/4$	от 36,743 до 36,763
72- $\lambda/4$	от 30,652 до 30,672
58- $\lambda/4$	от 25,244 до 25,264
48- $\lambda/4$	от 21,093 до 21,113
40- $\lambda/4$	от 17,143 до 17,163
35- $\lambda/4$	от 14,118 до 14,138
28,5- $\lambda/4$	от 11,684 до 11,704
23- $\lambda/4$	от 9,958 до 9,978
17- $\lambda/4$	от 6,927 до 6,947
16- $\lambda/4$	от 6,711 до 6,731
11- $\lambda/4$	от 4,534 до 4,554
7,2- $\lambda/4$	от 3,199 до 3,219
5,2- $\lambda/4$	от 2,162 до 2,172
3,6- $\lambda/4$	от 1,492 до 1,502
2,4- $\lambda/4$	от 1,011 до 1,021
1,6- $\lambda/4$	от 0,665 до 0,675
WR-340- $\lambda/4$	от 36,453 до 36,473
WR-284- $\lambda/4$	от 30,453 до 30,473
WR-229- $\lambda/4$	от 24,547 до 24,567
WR-187- $\lambda/4$	от 20,078 до 20,098
WR-159- $\lambda/4$	от 17,057 до 17,077
WR-137- $\lambda/4$	от 14,717 до 14,737
WR-112- $\lambda/4$	от 12,034 до 12,054
WR-102- $\lambda/4$	от 10,972 до 10,992
WR-90- $\lambda/4$	от 9,618 до 9,638
WR-75- $\lambda/4$	от 8,013 до 8,033
WR-62- $\lambda/4$	от 6,654 до 6,674
WR-51- $\lambda/4$	от 5,448 до 5,468
WR-42- $\lambda/4$	от 4,488 до 4,508

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
WR-34- $\lambda/4$	от 3,593 до 3,613
WR-28- $\lambda/4$	от 2,983 до 3,003
WR-22- $\lambda/4$	от 2,397 до 2,407
WR-19- $\lambda/4$	от 1,968 до 1,978
WR-15- $\lambda/4$	от 1,594 до 1,604
WR-12- $\lambda/4$	от 1,340 до 1,350
WR-10- $\lambda/4$	от 1,072 до 1,082
WR-8- $\lambda/4$	от 0,873 до 0,883
WR-6- $\lambda/4$	от 0,723 до 0,733
Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий $3\lambda/8$, мм:	
90- $3\lambda/8$	от 55,119 до 55,139
72- $3\lambda/8$	от 45,983 до 46,003
58- $3\lambda/8$	от 37,872 до 37,892
48- $3\lambda/8$	от 31,644 до 31,664
40- $3\lambda/8$	от 25,720 до 25,740
35- $3\lambda/8$	от 21,182 до 21,202
28,5- $3\lambda/8$	от 17,530 до 17,550
23- $3\lambda/8$	от 14,942 до 14,962
17- $3\lambda/8$	от 10,396 до 10,416
16- $3\lambda/8$	от 10,072 до 10,092
11- $3\lambda/8$	от 6,806 до 6,826
7,2- $3\lambda/8$	от 4,804 до 4,824
5,2- $3\lambda/8$	от 3,245 до 3,255
3,6- $3\lambda/8$	от 2,241 до 2,251
2,4- $3\lambda/8$	от 1,518 до 1,528
1,6- $3\lambda/8$	от 0,999 до 1,009
WR-340- $3\lambda/8$	от 54,685 до 54,705
WR-284- $3\lambda/8$	от 45,684 до 45,704
WR-229- $3\lambda/8$	от 36,826 до 36,846
WR-187- $3\lambda/8$	от 30,122 до 30,142
WR-159- $3\lambda/8$	от 25,591 до 25,611
WR-137- $3\lambda/8$	от 22,081 до 22,101
WR-112- $3\lambda/8$	от 18,056 до 18,076
WR-102- $3\lambda/8$	от 16,463 до 16,483
WR-90- $3\lambda/8$	от 14,432 до 14,452
WR-75- $3\lambda/8$	от 12,025 до 12,045
WR-62- $3\lambda/8$	от 9,986 до 10,006
WR-51- $3\lambda/8$	от 8,177 до 8,197
WR-42- $3\lambda/8$	от 6,738 до 6,758
WR-34- $3\lambda/8$	от 5,394 до 5,414
WR-28- $3\lambda/8$	от 4,479 до 4,499
WR-22- $3\lambda/8$	от 3,598 до 3,608
WR-19- $3\lambda/8$	от 2,955 до 2,965

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Пределы допускаемой абсолютной (относительной, приведенной) погрешности/доверительные границы абсолютной (относительной, приведенной) погрешности
WR-15-3 λ /8	от 2,393 до 2,403
WR-12-3 λ /8	от 2,012 до 2,022
WR-10-3 λ /8	от 1,610 до 1,620
WR-8-3 λ /8	от 1,313 до 1,323
WR-6-3 λ /8	от 1,087 до 1,097
Пределы допускаемой абсолютной погрешности эффективных электрических длин ¹ отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$ в волноводных трактах, мм:	
90,0×45,0, WR-340	±0,030
72,0×34,0, WR-284	±0,028
58,0×25,0, WR-229	±0,025
48,0×24,0, WR-187	±0,022
40,0×20,0, WR-159	±0,019
35,0×15,0, WR-137	±0,017
28,5×12,6, WR-112	±0,015
WR-102	±0,014
23,0×10,0, WR-90	±0,013
WR-75	±0,011
17,0×8,0, 16,0×8,0, WR-62	±0,010
WR-51	±0,008
11,0×5,5, WR-42	±0,007
7,2×3,4, WR-34, WR-28	±0,006
5,2×2,6, WR-22	±0,005
3,6×1,8, WR-19, WR-15, WR-12	±0,004
2,4×1,2, 1,6×0,8, WR-10, WR-8, WR-6	±0,003

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки комплекта нагрузок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций 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
Определение диапазона рабочих частот	да	да	9.1

¹ Значения эффективных электрических длин отрезков линий указаны в паспорте

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение значений модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных	да	да	9.2
Определение погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных	да	да	9.3
Определение значений модуля коэффициента отражения волновода и модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных	да	да	9.4
Определение значений модуля коэффициента отражения мер короткого замыкания	да	да	9.5
Определение значений длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$	да	да	9.6
Определение абсолютной погрешности эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$	да	да	9.7
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

2.2 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца ККМВ.

2.3 П. 9.4 выполнять при наличии в комплекте нагрузок согласованных подвижных. Сведения о комплектности ККМВ приводятся в разделе 2 «Комплектность» документа МФРН.411648.005ПС «Комплекты калибровочных мер ККМВ. Паспорт».

2.4 Объем выполнения измерений по п. 9.6 и п. 9.7 зависит от комплектности поверяемого ККМВ.

2.5 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2 поверяемый ККМВ бракуется и направляется в ремонт.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха от плюс 15°C до плюс 25°C (от 288 К до 298 К);
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80%;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с

документом МФРН.411648.005 ПС «Комплект калибровочных мер волноводных трактов ККМВ. Паспорт» (далее – МФРН.411648.005 ПС).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7. Внешний осмотр	Средство для проверки плоскостности.	Линейка поверочная ЛД рег. № 76862-19
9.1 Определение диапазона рабочих частот	Средство измерений комплексного коэффициента отражения с диапазоном частот от 2,14 до 178,40 ГГц, диапазоном измерений модуля коэффициента отражения от 0 до 1, диапазоном измерений фазы коэффициента отражения от 0 до 360 °, соответствующее требованиям вторичного эталона в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05.08.2024. Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью не более 1°C. Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0% до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %. Средство измерений атмосферного давления от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84,0 до 106,7 кПа) с абсолютной погрешностью не более ±3 гПа.	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц (ГЭТ 219-2024). Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
9.2 Определение значений модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных		
9.3 Определение погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных		
9.4 Определение значений модуля коэффициента отражения волновода и модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных		
9.5 Определение значений модуля коэффициента отражения мер короткого замыкания		
9.6 Определение значений длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$	Средство измерений геометрических размеров с диапазоном измерений длин отрезков линий от 0,330 до 55,139 мм, пределами допускаемой погрешности измерений длин отрезков линий не более 2,5 мкм в диапазоне значений от 0,330 до 3,608 мм и 5 мкм в диапазоне значений от 3,608 до 55,139 мм	Машина координатная измерительная LEOS 200 (рег. № 60863-15) Микрометр, серии 293 (рег. № 71241-18)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.7 Определение абсолютной погрешности эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$	Средство измерений комплексного коэффициента отражения с диапазоном частот от 2,14 до 178,40 ГГц, диапазоном измерений модуля коэффициента отражения от 0 до 1, диапазоном измерений фазы коэффициента отражения от 0 до 360 °, соответствующее требованиям вторичного эталона в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05.08.2024. Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью не более 1°C Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0% до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 % Средство измерений атмосферного давления от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84,0 до 106,7 кПа) с абсолютной погрешностью не более ± 3 гПа	Государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц (ГЭТ 219-2024). Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. В случае поверки комплекта нагрузок в качестве рабочего средства измерений допускается использование средств измерений с метрологическими характеристиками, обеспечивающими выполнение требований к средствам измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на ККМВ и средства поверки.

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 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр ККМВ проводить визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документу МФРН.411648.005 ПС «Комплект калибровочных мер волноводных трактов ККМВ. Паспорт» (далее – МФРН.411648.005 ПС);

- чистоту волноводных фланцев нагрузок, отрезков линий и мер короткого замыкания;
- плоскостность волноводных фланцев нагрузок, отрезков линий и мер короткого замыкания с помощью линейки поверочной ЛД

- целостность штифтовых отверстий нагрузок и отрезков линий;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность нагрузок, отрезков линий и мер короткого замыкания.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует п. 2.1 документа МФРН.411648.005 ПС;
- маркировка соответствует разделу 5 документа МФРН.411648.005 ПС;
- пломбировка не нарушена;
- отсутствует видимый просвет при проверке плоскостности волноводных фланцев нагрузок, отрезков линий и мер короткого замыкания;

- волноводные фланцы нагрузок, отрезков линий и мер короткого замыкания чистые, не имеют видимых дефектов, а целостность их штифтовых отверстий не нарушена.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо провести подготовительные работы, оговоренные в МФРН.411648.005 ПС и эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

8.2 Проверить соблюдение условий проведения поверки на соответствие разделу 3 данной методики поверки.

8.3 Выдержать ККМВ в рабочих условиях эксплуатации не менее 2 часов.

8.4 Открыть футляр, снять защитные колпачки с соединителей мер, которые будут использоваться при поверке.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона рабочих частот

9.1.1 Определение диапазона рабочих частот проводится одновременно с п.п. 9.2 – 9.7.

9.1.2 Подтверждение диапазона рабочих частот обеспечивается положительными результатами измерений по методикам п.п. 9.2 – 9.7.

9.1.3 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот:

- измеренные значения модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных не превышают 0,05;

- значения погрешностей модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных не превышают установленных пределов;

- измеренные значения модуля коэффициента отражения волновода нагрузок согласованных подвижных находятся в диапазоне от 0 до 0,02;

- измеренные значения модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных находятся в диапазоне от 0 до 0,04;

- измеренные значения модуля коэффициента отражения мер короткого замыкания – не менее 0,97;

- измеренные значения длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$, $3\lambda/8$ находятся в заданных диапазонах;

– значения погрешностей эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$ не превышают установленных пределов.

9.2 Определение значений модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных

9.2.1 Определение значений модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных выполнить в следующей последовательности.

9.2.1.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.

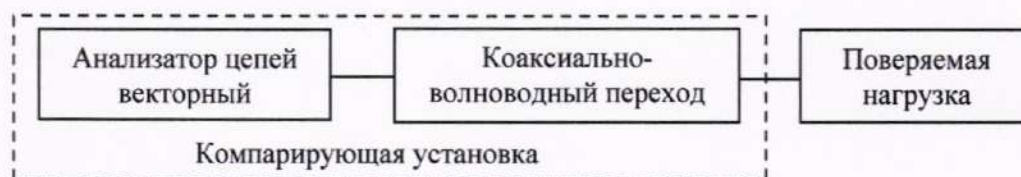


Рисунок 1. Схема измерений в диапазоне частот от 2,14 до 67,0 ГГц

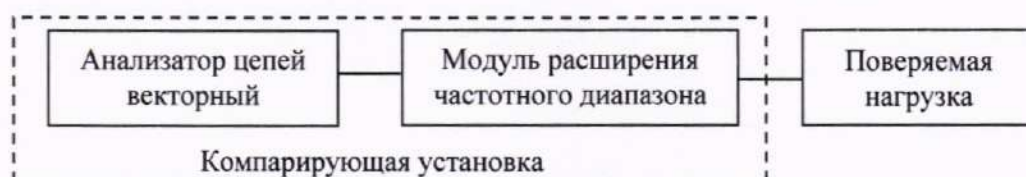


Рисунок 2. Схема измерений в диапазоне частот от 50,0 до 178,4 ГГц

В таблице 4 приведены диапазоны рабочих частот для модулей расширения частотного диапазона (далее – МРЧД), необходимых для проведения измерений.

Для измерений использовать волноводно-волноводные переходы соответствующего сечения волноводного тракта.

Для проведения измерений в частотном диапазоне менее 67 ГГц использовать коаксиально-волноводный переход без использования МРЧД.

Таблица 4 – Диапазоны рабочих частот МРЧД

Наименование МРЧД	Диапазон частот, ГГц
ZVA-Z75	от 50 до 75 включительно
ZVA-Z110	от 75 до 110 включительно
ZVA-Z170	от 110 до 170 включительно
ZC220	от 170 до 178,4 включительно

9.2.1.2 Подготовить государственный первичный эталон единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц (далее – ГЭТ 219) к измерениям модуля комплексного коэффициента отражения в соответствии с эксплуатационной документацией на него и провести настройку анализатора цепей векторного для работы в диапазоне рабочих частот проверяемой нагрузки.

9.2.1.3 Выполнить однопортовую калибровку компарирующей установки в соответствии с руководством по эксплуатации ГЭТ 219.

9.2.1.4 Выбрать формат отображения результатов измерений LinMag.

9.2.1.5 Присоединить к измерительному порту одну из проверяемых нагрузок.

9.2.1.6 Измерить модуль комплексного коэффициента отражения проверяемой нагрузки на частотах, приведенных в таблице 5.

9.2.1.7 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.2.1.8 Отсоединить поверяемую нагрузку.

9.2.1.9 Присоединить к измерительному порту нагрузку, перевернув её на 180 ° в плоскости перпендикулярной плоскости фланца относительно предыдущего положения.

9.2.1.10 Повторить операции пунктов 9.2.1.5 – 9.2.1.8.

9.2.1.11 Повторить операции пунктов 9.2.1.9 – 9.2.1.10 два раза.

9.2.1.12 Поочередно повторить операции пунктов 9.2.1.5 – 9.2.1.11 для всех нагрузок из состава ККМВ.

Таблица 5 – Значения частот для сечений волноводных трактов

Волноводные тракты	Значения частот, ГГц
90,0×45,0	2,14; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2
72,0×34,0	2,59; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 3,94
58,0×25,0	3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8
48,0×24,0	3,94; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 5,64
40,0×20,0	4,8; 5; 5,2; 5,4; 5,6; 5,8; 6; 6,2; 6,4; 6,6; 6,85
35,0×15,0	5,64; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,15
28,5×12,6	6,85; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 9,93
23,0×10,0	8,15; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12,05
17,0×8,0	11,55; 12; 13; 14; 15; 16; 16,66
16,0×8,0	12,05; 13; 14; 15; 16; 17; 17,44
11,0×5,5	17,44; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 25,95
7,2×3,4	25,95; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 37,5
5,2×2,6	37,5; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 53,57
3,6×1,8	53,57; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 68; 70; 72; 74; 76; 78; 78,33
2,4×1,2	78,33; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 118,1
1,6×0,8	118,1; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 178,4
WR-340 (86,360×43,180)	2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,3
WR-284 (72,140×34,040)	2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 3,95
WR-229 (58,170×29,080)	3,3; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 4,9
WR-187 (47,549×22,149)	3,95; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 5,6; 5,85
WR-159 (40,386×20,193)	4,9; 5; 5,2; 5,4; 5,6; 5,8; 6; 6,2; 6,4; 6,6; 6,8; 7,05
WR-137 (34,849×15,799)	5,85; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,2
WR-112 (28,499×12,624)	7,05; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10
WR-102 (25,908×12,954)	7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11
WR-90 (22,860×10,160)	8,2; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,4
WR-75 (19,050×9,525)	10; 10,5; 11; 11,5; 12; 12,5; 13; 13,5; 14; 14,5; 15
WR-62 (15,799×7,899)	12,4; 13; 14; 15; 16; 17; 18
WR-51 (12,954×6,477)	15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22
WR-42 (10,668×4,318)	18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 26,5
WR-34 (8,636×4,318)	22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33
WR-28 (7,112×3,556)	26,5; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40
WR-22 (5,690×2,845)	33; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50
WR-19 (4,775×2,388)	40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 54; 56; 58; 60

Продолжение таблицы 5

Волноводные тракты	Значения частот, ГГц
WR-15 (3,759×1,880)	50; 52; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 68; 70; 72; 74; 75
WR-12 (3,0988×1,5494)	60; 65; 70; 75; 80; 85; 90
WR-10 (2,540×1,270)	75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110
WR-8 (2,032×1,016)	90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140
WR-6 (1,651×0,8255)	110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170

9.2.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных на всех частотах рабочего диапазона не превышают 0,05.

9.3 Определение погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных

9.3.1 Рассчитать погрешность модуля комплексного коэффициента отражения с использованием значений, полученных при выполнении пункта 9.2, для всех нагрузок согласованных фиксированных по формуле (1).

$$\Delta|S_{11}| = 0,25(|S_{11}|_1 + |S_{11}|_2 + |S_{11}|_3 + |S_{11}|_4) - |S_{11}|_п, \dots \dots \dots (1)$$

где $|S_{11}|_п$ – значение модуля комплексного коэффициента отражения нагрузки согласованной фиксированной из паспорта;

$|S_{11}|_1$, $|S_{11}|_2$, $|S_{11}|_3$ и $|S_{11}|_4$ – измеренные значения модуля комплексного коэффициента отражения нагрузки согласованной фиксированной, полученные при выполнении п. 9.2.

9.3.2 Результаты расчетов зафиксировать в протоколе.

9.3.3 Результаты поверки считать положительными, если погрешности модуля комплексного коэффициента отражения на всех частотах рабочего диапазона находится в пределах, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Пределы допускаемой погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных

Волноводные тракты	Пределы допускаемой относительной погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных
НСФ-90, НСФ-WR-340	±0,0030
НСФ-72, НСФ-WR-284, НСФ-58, НСФ-WR-229, НСФ-48, НСФ-WR-187, НСФ-40, НСФ-WR-159, НСФ-35, НСФ-WR-137	±0,0035
НСФ-28,5, НСФ-WR-112, НСФ-WR-102, НСФ-23, НСФ-WR-90, НСФ-WR-75, НСФ-17, НСФ-16, НСФ-WR-62, НСФ-WR-51, НСФ-11, НСФ-WR-42	±0,0040
НСФ-WR-34, НСФ-7,2, НСФ-WR-28, НСФ-WR-22	±0,0045
НСФ-5,2, НСФ-WR-19, НСФ-WR-15	±0,0050
НСФ-3,6, НСФ-WR-12	±0,0055
НСФ-WR-10	±0,0060
НСФ-2,4, НСФ-WR-8, НСФ-WR-6, НСФ-1,6	±0,0065

9.4 Определение значений модуля коэффициента отражения волновода и модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных

9.4.1 Определение значений модуля коэффициента отражения волновода и модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных выполнить в следующей последовательности.

9.4.1.1 Подготовить ГЭТ 219 к измерениям модуля комплексного коэффициента отражения в соответствии с эксплуатационной документацией на него и провести настройку анализатора цепей векторного для работы в диапазоне рабочих частот поверяемой нагрузки согласованной подвижной.

9.4.1.2 Выполнить однопортовую калибровку компарирующей установки в соответствии с руководством по эксплуатации ГЭТ 219.

9.4.1.3 Настроить формат отображения результатов измерений в полярной системе координат, нажав кнопку «Format» и выбрать вкладку «Polar». Выбрать формат отображения маркера «Real and Imag», выполнив следующую последовательность: нажать кнопку «Marker», далее вкладки «More» → «Marker Format» → «More» → «Real and Imag». Установить значение частоты маркера: нажать кнопку «Marker» → ввести значение частоты из таблицы 5 → «GHz».

9.4.1.4 Присоединить к измерительному порту одну из поверяемых нагрузок.

9.4.1.5 Вращая ручку механизма перемещения поглотителя меры, отсчитать три значения комплексного коэффициента отражения (действительную и мнимую части – x_i и y_i соответственно), равноудаленные на комплексной плоскости ($x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$), как показано на рисунке 3 для значений частот из таблицы 5.

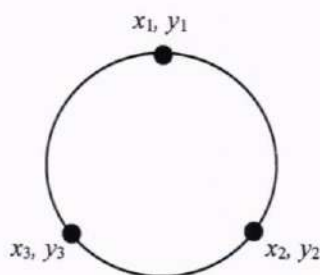


Рисунок 3 – Три значения коэффициента отражения равноудаленные на комплексной плоскости

9.4.1.6 Провести расчёт модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузки согласованной подвижной по формуле (2).

$$|S_{11}|_{ПЭ} = [(x_1 - (DE - BF)/G)^2 + (y_1 - (AF - CE)/G)^2]^{1/2}, \quad (2)$$

$$A = x_2 - x_1,$$

$$B = y_2 - y_1,$$

$$C = x_3 - x_1,$$

$$D = y_3 - y_1,$$

$$E = A(x_1 + x_2) + B(y_1 + y_2),$$

$$F = C(x_1 + x_3) + D(y_1 + y_3),$$

$$G = 2[A(y_3 - y_2) - B(x_3 - x_2)].$$

9.4.1.7 Провести расчёт модуля коэффициента отражения волновода нагрузки согласованной подвижной по формуле (3).

$$|S_{11}|_H = [((DE - BF)/G)^2 + ((AF - CE)/G)^2]^{1/2} \quad (3)$$

9.4.1.8 Результаты расчётов зафиксировать в протоколе.

9.4.1.9 Повторить операции пунктов 9.4.1.5 – 9.4.1.8 предварительно устанавливая следующее значение частоты маркера из таблицы 5.

9.4.1.10 Отсоединить поверяемую нагрузку.

9.4.1.11 Поочередно повторить операции пунктов 9.4.1.1 – 9.4.1.10 для всех нагрузок из состава ККМВ.

9.4.2 Результаты поверки считать положительными, если:

– рассчитанные значения модуля коэффициента отражения волновода нагрузок согласованных подвижных на всех частотах рабочего диапазона (таблица 5) находятся в диапазоне от 0 до 0,02,

– рассчитанные значения модуля коэффициента отражения поглощающего элемента нагрузок согласованных подвижных на всех частотах рабочего диапазона (таблица 5) находятся в диапазоне от 0 до 0,04.

9.5 Определение значений модуля коэффициента отражения мер короткого замыкания

9.5.1 Определение значений модуля комплексного коэффициента отражения мер короткого замыкания выполнить в следующей последовательности.

9.5.1.1 Подготовить ГЭТ 219 к измерениям модуля комплексного коэффициента отражения в соответствии с эксплуатационной документацией на него и провести настройку анализатора цепей векторного для работы в диапазоне рабочих частот поверяемого отрезка линии.

9.5.1.2 Выполнить однопортовую калибровку компарирующей установки в соответствии с руководством по эксплуатации ГЭТ 219.

9.5.1.3 Присоединить к измерительному порту одну из поверяемых мер короткого замыкания.

9.5.1.4 Измерить модуль комплексного коэффициента отражения поверяемой меры короткого замыкания на частотах, приведенных в таблице 5.

9.5.1.5 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.5.1.6 Отсоединить испытуемую меру короткого замыкания.

9.5.1.7 Поочередно повторить операции пунктов 9.5.1.1 – 9.5.1.6 для всех мер короткого замыкания из состава ККМВ.

9.5.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения модуля комплексного коэффициента отражения мер короткого замыкания на всех частотах рабочего диапазона (таблица 5) – не менее 0,97.

9.6 Определение значений длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$

9.6.1 Определение длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$ выполнить в следующей последовательности.

9.6.1.1 Подготовить микрометр (серии 293) к измерениям длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$, $3\lambda/8$ в волноводных трактах $5,2 \times 2,6$, $3,6 \times 1,8$, $2,4 \times 1,2$, $1,6 \times 0,8$, WR-22, WR-19, WR-15, WR-12, WR-10, WR-8, WR-6 в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

9.6.1.2 Установить один из отрезков линий в положение, необходимое для проведения измерений.

9.6.1.3 Провести измерение длины отрезка линии в равноудалённых друг от друга четырёх

точках на плоскости фланца линии как показано на рисунке 4 в соответствии с эксплуатационной документацией на микрометр.

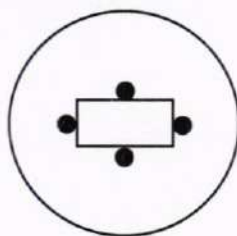


Рисунок 4 – Геометрическое место точек на плоскости фланца отрезка линии для измерений их длин

9.6.1.4 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

9.6.1.5 Повторить операции пунктов 9.6.1.2 – 9.6.1.4 для других отрезков линий в волноводных трактах, указанных в п. 9.6.1.1.

9.6.1.6 Повторить операции пунктов 9.6.1.1 – 9.6.1.5 для остальных отрезков линий из состава ККМВ с использованием машины координатной измерительной LEOS 200 в соответствии с эксплуатационной документацией на неё.

9.6.2 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$, $3\lambda/8$ из состава ККМВ находятся в диапазонах, приведённых в таблице 7.

Таблица 7 – Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$

Обозначение отрезков линий	Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий, мм
90- $\lambda/8$	от 18,366 до 18,386
72- $\lambda/8$	от 15,321 до 15,341
58- $\lambda/8$	от 12,617 до 12,637
48- $\lambda/8$	от 10,541 до 10,561
40- $\lambda/8$	от 8,567 до 8,587
35- $\lambda/8$	от 7,054 до 7,074
28,5- $\lambda/8$	от 5,837 до 5,857
23- $\lambda/8$	от 4,974 до 4,994
17- $\lambda/8$	от 3,459 до 3,479
16- $\lambda/8$	от 3,351 до 3,371
11- $\lambda/8$	от 2,262 до 2,282
7,2- $\lambda/8$	от 1,595 до 1,615
5,2- $\lambda/8$	от 1,078 до 1,088
3,6- $\lambda/8$	от 0,744 до 0,754
2,4- $\lambda/8$	от 0,503 до 0,513
1,6- $\lambda/8$	от 0,330 до 0,340
WR-340- $\lambda/8$	от 18,222 до 18,242
WR-284- $\lambda/8$	от 15,221 до 15,241
WR-229- $\lambda/8$	от 12,269 до 12,289
WR-187- $\lambda/8$	от 10,034 до 10,054
WR-159- $\lambda/8$	от 8,524 до 8,544

Продолжение таблицы 7

Обозначение отрезков линий	Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий, мм
WR-137- $\lambda/8$	от 7,354 до 7,374
WR-112- $\lambda/8$	от 6,012 до 6,032
WR-102- $\lambda/8$	от 5,481 до 5,501
WR-90- $\lambda/8$	от 4,804 до 4,824
WR-75- $\lambda/8$	от 4,002 до 4,022
WR-62- $\lambda/8$	от 3,322 до 3,342
WR-51- $\lambda/8$	от 2,719 до 2,739
WR-42- $\lambda/8$	от 2,239 до 2,259
WR-34- $\lambda/8$	от 1,791 до 1,811
WR-28- $\lambda/8$	от 1,486 до 1,506
WR-22- $\lambda/8$	от 1,196 до 1,206
WR-19- $\lambda/8$	от 0,982 до 0,992
WR-15- $\lambda/8$	от 0,794 до 0,804
WR-12- $\lambda/8$	от 0,667 до 0,677
WR-10- $\lambda/8$	от 0,533 до 0,543
WR-8- $\lambda/8$	от 0,434 до 0,444
WR-6- $\lambda/8$	от 0,359 до 0,369
90- $\lambda/4$	от 36,743 до 36,763
72- $\lambda/4$	от 30,652 до 30,672
58- $\lambda/4$	от 25,244 до 25,264
48- $\lambda/4$	от 21,093 до 21,113
40- $\lambda/4$	от 17,143 до 17,163
35- $\lambda/4$	от 14,118 до 14,138
28,5- $\lambda/4$	от 11,684 до 11,704
23- $\lambda/4$	от 9,958 до 9,978
17- $\lambda/4$	от 6,927 до 6,947
16- $\lambda/4$	от 6,711 до 6,731
11- $\lambda/4$	от 4,534 до 4,554
7,2- $\lambda/4$	от 3,199 до 3,219
5,2- $\lambda/4$	от 2,162 до 2,172
3,6- $\lambda/4$	от 1,492 до 1,502
2,4- $\lambda/4$	от 1,011 до 1,021
1,6- $\lambda/4$	от 0,665 до 0,675
WR-340- $\lambda/4$	от 36,453 до 36,473
WR-284- $\lambda/4$	от 30,453 до 30,473

Продолжение таблицы 7

Обозначение отрезков линий	Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий, мм
WR-229- $\lambda/4$	от 24,547 до 24,567
WR-187- $\lambda/4$	от 20,078 до 20,098
WR-159- $\lambda/4$	от 17,057 до 17,077
WR-137- $\lambda/4$	от 14,717 до 14,737
WR-112- $\lambda/4$	от 12,034 до 12,054
WR-102- $\lambda/4$	от 10,972 до 10,992
WR-90- $\lambda/4$	от 9,618 до 9,638
WR-75- $\lambda/4$	от 8,013 до 8,033
WR-62- $\lambda/4$	от 6,654 до 6,674
WR-51- $\lambda/4$	от 5,448 до 5,468
WR-42- $\lambda/4$	от 4,488 до 4,508
WR-34- $\lambda/4$	от 3,593 до 3,613
WR-28- $\lambda/4$	от 2,983 до 3,003
WR-22- $\lambda/4$	от 2,397 до 2,407
WR-19- $\lambda/4$	от 1,968 до 1,978
WR-15- $\lambda/4$	от 1,594 до 1,604
WR-12- $\lambda/4$	от 1,34 до 1,35
WR-10- $\lambda/4$	от 1,072 до 1,082
WR-8- $\lambda/4$	от 0,873 до 0,883
WR-6- $\lambda/4$	от 0,723 до 0,733
90- $3\lambda/8$	от 55,119 до 55,139
72- $3\lambda/8$	от 45,983 до 46,003
58- $3\lambda/8$	от 37,872 до 37,892
48- $3\lambda/8$	от 31,644 до 31,664
40- $3\lambda/8$	от 25,720 до 25,740
35- $3\lambda/8$	от 21,182 до 21,202
28,5- $3\lambda/8$	от 17,530 до 17,550
23- $3\lambda/8$	от 14,942 до 14,962
17- $3\lambda/8$	от 10,396 до 10,416
16- $3\lambda/8$	от 10,072 до 10,092
11- $3\lambda/8$	от 6,806 до 6,826
7,2- $3\lambda/8$	от 4,804 до 4,824
5,2- $3\lambda/8$	от 3,245 до 3,255

Продолжение таблицы 7

Обозначение отрезков линий	Диапазоны допустимых значений длин отрезков линий, мм
3,6-3 λ /8	от 2,241 до 2,251
2,4-3 λ /8	от 1,518 до 1,528
1,6-3 λ /8	от 0,999 до 1,009
WR-340-3 λ /8	от 54,685 до 54,705
WR-284-3 λ /8	от 45,684 до 45,704
WR-229-3 λ /8	от 36,826 до 36,846
WR-187-3 λ /8	от 30,122 до 30,142
WR-159-3 λ /8	от 25,591 до 25,611
WR-137-3 λ /8	от 22,081 до 22,101
WR-112-3 λ /8	от 18,056 до 18,076
WR-102-3 λ /8	от 16,463 до 16,483
WR-90-3 λ /8	от 14,432 до 14,452
WR-75-3 λ /8	от 12,025 до 12,045
WR-62-3 λ /8	от 9,986 до 10,006
WR-51-3 λ /8	от 8,177 до 8,197
WR-42-3 λ /8	от 6,738 до 6,758
WR-34-3 λ /8	от 5,394 до 5,414
WR-28-3 λ /8	от 4,479 до 4,499
WR-22-3 λ /8	от 3,598 до 3,608
WR-19-3 λ /8	от 2,955 до 2,965
WR-15-3 λ /8	от 2,393 до 2,403
WR-12-3 λ /8	от 2,012 до 2,022
WR-10-3 λ /8	от 1,610 до 1,620
WR-8-3 λ /8	от 1,313 до 1,323
WR-6-3 λ /8	от 1,087 до 1,097

9.7 Определение абсолютной погрешности эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$

9.7.1 Определение эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$ выполнить в следующей последовательности.

9.7.1.1 Подготовить ГЭТ 219 к измерениям модуля комплексного коэффициента отражения в соответствии с эксплуатационной документацией на него и провести настройку анализатора цепей векторного для работы в диапазоне рабочих частот проверяемого отрезка линии.

9.7.1.2 Выполнить однопортовую калибровку компарирующей установки в соответствии с руководством по эксплуатации ГЭТ 219.

9.7.1.3 Настроить векторный анализатор цепей из состава для измерений эффективной электрической длины отрезка линии для этого нажмите кнопку «Electrical length».

9.7.1.4 Присоединить к измерительному порту один из отрезков линий.

9.7.1.5 Присоединить к отрезку линии меру короткого замыкания.

9.7.1.6 Измерить эффективную электрическую длину поверяемого отрезка линии.
 9.7.1.7 Результаты измерений зафиксировать в протоколе.
 9.7.1.8 Отсоединить отрезок линии и меру короткого замыкания от измерительного порта.
 9.7.1.9 Повторить операции пунктов 9.7.1.1 – 9.7.1.8 для других отрезков линий из состава ККМВ.

9.7.2 Рассчитать абсолютную погрешность эффективной электрической длины каждого отрезка линии по формуле (4).

$$\Delta l = l_{\text{и}} - l_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $l_{\text{и}}$ – измеренное значение эффективной электрической длины, полученные при выполнении пункта 9.7.1;

$l_{\text{п}}$ – значение эффективной электрической длины линии из паспорта.

9.7.3 Результаты расчётов зафиксировать в протоколе.

9.7.4 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность эффективной электрической длины каждого отрезка линии из состава ККМВ находится в пределах, приведённых в таблице 8.

Таблица 8 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$.

Волноводные тракты	Пределы допускаемой абсолютной погрешности эффективных электрических длин отрезков линий, мм
90,0×45,0, WR-340	±0,030
72,0×34,0, WR-284	±0,028
58,0×25,0, WR-229	±0,025
48,0×24,0, WR-187	±0,022
40,0×20,0, WR-159	±0,019
35,0×15,0, WR-137	±0,017
28,5×12,6, WR-112	±0,015
WR-102	±0,014
23,0×10,0, WR-90	±0,013
WR-75	±0,011
17,0×8,0, 16,0×8,0, WR-62	±0,010
WR-51	±0,008
11,0×5,5, WR-42	±0,007
7,2×3,4, WR-34, WR-28	±0,006
5,2×2,6, WR-22	±0,005
3,6×1,8, WR-19, WR-15, WR-12	±0,004
2,4×1,2, 1,6×0,8, WR-10, WR-8, WR-6	±0,003

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверить результаты поверки на соответствие обязательным требованиям предъявляемым к средствам измерений, применяемым в качестве рабочего эталона (разряды для рабочих эталонов в государственной поверочной схеме не указаны) единиц комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в соответствии с Приказом Росстандарта №1796 от 05 августа 2024 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

10.2 Результат считать положительным, если в ходе поверки получены положительные результаты по п. 9.3 и п. 9.7, которые удовлетворяют требованиям:

– доверительные границы погрешности модуля комплексного коэффициента отражения нагрузок согласованных фиксированных при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах, указанных в таблице 9 для значений модуля комплексного коэффициента отражения от 0 до 0,1,

– доверительные границы погрешности эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$ при доверительной вероятности 0,95 находятся в пределах, рассчитанных по формуле (5).

$$\Delta l_{\text{дов}} = 0,25 \cdot c \cdot (1 - (c/(2a \cdot f))^2)^{-1/2} \cdot \arcsin(\Delta |S_{11}|)/(\pi \cdot f), \quad (5)$$

где c – скорость света в вакууме ($c = 299792458$ м/с),

a – присоединительный размер широкой стенки волновода,

f – частота электромагнитных колебаний,

$\Delta |S_{11}|$ – доверительные границы погрешности модуля комплексного коэффициента отражения при доверительной вероятности 0,95, указанные в таблице 9 для значений модуля комплексного коэффициента отражения от 0,9 до 1,0.

Таблица 9 – Доверительные границы погрешности рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне измерений модуля комплексного коэффициента отражения для волноводных трактов

Диапазон значений модуля ККО	Доверительные границы погрешности рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне измерений модуля комплексного коэффициента отражения для волноводных трактов									
	90×45; 72×34; WR-340; WR-284	58×25; 48×24; 40×20; WR-229; WR-187; WR-159	35×15; 28,5×12,6; WR-137; WR-112	23×10; WR-102; WR-90	17×8; 16×8; 11×5,5; WR-75; WR-62; WR-51; WR-42	7,2×3,4; WR-34; WR-28	5,2×2,6; WR-22	3,6×1,8; WR-19; WR-15;	2,4×1,2; WR-12; WR-10	1,6×0,8; WR-8; WR-6
от 0 до 0,1	0,006	0,007	0,008	0,008	0,009	0,010	0,011	0,014	0,017	0,020
от 0,9 до 1,0	0,018	0,021	0,023	0,025	0,027	0,030	0,033	0,041	0,051	0,060

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Комплект калибровочных мер волноводных трактов признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

11.2 По результатам первичной поверки внести в паспорт результаты измерений модулей комплексных коэффициентов отражения нагрузок согласованных фиксированных и эффективных электрических длин отрезков линий $\lambda/8$, $\lambda/4$ и $3\lambda/8$.

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

11.4 При положительных результатах поверки по заявлению владельца ККМВ или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт ККМВ вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.5 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот, на котором выполнена поверка.

11.6 Комплект калибровочных мер волноводных трактов, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заместитель начальника отдела 11
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Старший научный сотрудник лаборатории 113
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский
А.С. Бондаренко
А.С. Боровков