

СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**



А.Н. Щипунов

07 _____ **2022 г.**

Государственная система обеспечения единства измерений

Аттенюаторы ступенчатые программируемые

Методика поверки

МП 651-22-054

2022 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на аттенюаторы ступенчатые программируемые (далее – аттенюаторы), изготавливаемые компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», с/o Hana Microelectronics Public Company Limited, Таиланд, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

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

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых аттенюаторов к Государственному первичному эталону единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц (ГЭТ 193-2011) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3383.

1.4 Поверка аттенюаторов 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 аттенюаторы и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны проводиться операции поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции проверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	да	да	7
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
3 Определение метрологических характеристик			9
3.1 Определение значений КСВН в диапазоне рабочих частот	да	да	9.1
3.2 Определение абсолютной погрешности установки ослабления аттенюаторов в диапазоне рабочих частот	да	да	9.2

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

2.2 Допускается проведение поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- напряжение питания, В 198 до 242.

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 «Аттенюаторы ступенчатые ручные 8490. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

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 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.1, 9.2	Анализатор цепей векторный, диапазон частот от 10 МГц до 50,0 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи в диапазоне от 0 до минус 70 дБ $\pm(0,02 - 0,43)$ дБ	Анализатор цепей векторный N5245B

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых аттенюаторов с требуемой точностью.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и поверены.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на аттенюаторы и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надёжно 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 При проведении внешнего осмотра проверяется:

- отсутствие внешних механических повреждений;
- исправность и чистота коаксиальных разъёмов.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения; коаксиальные разъёмы исправны и отсутствует их загрязнение.

Аттенюаторы, имеющие дефекты бракуются и направляются в ремонт.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в руководстве по эксплуатации аттенюаторов и применяемых средств поверки.

8.2 Опробование

Опробование аттенюатора заключается в проверке возможности подключения к входному и выходному коаксиальным разъёмам и возможности установки ослабления аттенюатора на все точки шкал.

Результаты поверки считать положительными, если аттенюаторы допускают возможность подключения к измерительному оборудованию и обеспечивают возможность установки ослабления на все оцифрованные отметки шкал.

Аттенюаторы, имеющие дефекты бракуются и направляются в ремонт.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение значений КСВН в диапазоне рабочих частот

Определение значений КСВН в диапазоне рабочих частот провести с помощью анализатора цепей векторного N5245B в соответствии с руководством по его эксплуатации. Анализатор N5245B подготовить к измерению КСВН в диапазоне частот от 0 до 50 ГГц. Входной разъём поверяемого аттенюатора подключить к входу измерительного порта 1 анализатора N5245B. Выходной разъём аттенюатора подключить к входу измерительного порта 2 анализатора N5245B. С помощью маркеров анализатора N5245B определить максимальное значение КСВН входа аттенюатора на частотах (в зависимости от модификации): 30 МГц, 4 ГГц, 8 ГГц, 12,4 ГГц, 18 ГГц, 26,5 ГГц, 34 ГГц, 40 ГГц и 50 ГГц при последовательных установках аттенюаторов на все возможные значения ослабления. Затем все измерения повторить для выхода аттенюатора (измерительного порта 2 анализатора N5247B).

Результаты поверки считать положительными если полученные значения КСВН в частотном диапазоне не превышают значений приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение для модификаций аттенюаторов			
	8494G	8495G	8496G	8494H
Диапазон частот, ГГц	от 0 до 4			от 0 до 18
Максимальное значение КСВН на частотах				
от 0 до 4 ГГц включ.	1,5	1,35	1,5	1,5
св. 4 до 6 ГГц включ.	-	-	-	1,5
св. 6 до 8 ГГц включ.	-	-	-	1,5
св. 8 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-	1,6
св. 12,4 до 18 ГГц включ.	-	-	-	1,9
св. 18 до 26,5 ГГц	-	-	-	-

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристики	Значение для модификаций аттенюаторов			
	8495H	8496H	8495K	8497K
Диапазон частот, ГГц	от 0 до 18		от 0 до 26,5	
Максимальное значение КСВН на частотах				
от 0 до 4 ГГц включ.	1,35	1,5	1,25	1,25
св. 4 до 6 ГГц включ.	1,35	1,5	1,25	1,25
св. 6 до 8 ГГц включ.	1,35	1,5	1,45	1,45
св. 8 до 12,4 ГГц включ.	1,5	1,6	1,45	1,45
св. 12,4 до 18 ГГц включ.	1,7	1,9	1,90	1,60
св. 18 до 26,5 ГГц	-	-	2,20	1,80

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристики	Значение для модификаций аттенюаторов					
	84904K	84906K	84907K	84904L	84906L	84907L
Диапазон частот , ГГц	от 0 до 40					
Максимальное значение КСВН на частотах	Опция 004	Опция 004	Опция 004	Опция 101	Опция 101	Опция 101
от 0 до 12,4 ГГц включ.	1,3	1,3	1,25	1,3	1,3	1,25
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	1,7	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5
св. 34 до 40 ГГц включ.	-	-	-	1,8	1,8	1,7
св. 40 до 50 ГГц	-	-	-	-	-	-
	Опция 104	Опция 104	Опция 104	Опция 006	Опция 006	Опция 006
от 0 до 12,4 ГГц включ.	1,3	1,3	1,25	1,5	1,5	1,4
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	1,7	1,7	1,5	1,9	1,9	1,7
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-	2,0	2,0	1,9
				Опция 100	Опция 100	Опция 100
от 0 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-	1,3	1,3	1,25
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	-	-	-	1,7	1,7	1,5
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-	1,8	1,8	1,7
				Опция 106	Опция 106	Опция 106
от 0 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-	1,5	1,5	1,4
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	-	-	-	1,9	1,9	1,7
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-	2,0	2,0	1,9

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификаций аттенюаторов		
	84904M	84905M	84908M
Диапазон частот , ГГц	от 0 до 50		
Максимальное значение КСВН на частотах			
от 0 до 12,4 ГГц включ.	1,3	1,25	1,3
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	1,7	1,5	1,7
св. 34 до 40 ГГц включ.	1,8	1,7	1,8
св. 40 до 50 ГГц	3,0	2,6	3,0
от 0 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	-	-	-
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-
от 0 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	-	-	-
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-
от 0 до 12,4 ГГц включ.	-	-	-
св. 12,4 до 34 ГГц включ.	-	-	-
св. 34 до 40 ГГц	-	-	-

9.2 Определение абсолютной погрешности установки ослабления аттенюаторов в диапазоне рабочих частот

Поверку провести с помощью анализатора цепей векторного N5247B.

Измерения ослабления проводить на частотах (в зависимости от модификации): 30 МГц, 4 ГГц, 8 ГГц, 12,4 ГГц, 18 ГГц, 26,5 ГГц, 34 ГГц, 40 ГГц и 50 ГГц.

При использовании анализатора N5247B для измерения ослабления необходимо провести следующие операции:

- входной разъём поверяемого аттенюатора подключить к входу измерительного порта 1 анализатора N5247B, выходной разъём поверяемого аттенюатора подключить к входу измерительного порта 2 анализатора N5247B;

- на поверяемом аттенюаторе установить номинальное ослабление 0 дБ;

- провести обнуление показаний канала измерения коэффициента передачи;

- последовательно устанавливая поверяемый аттенюатор на оцифрованные отметки шкалы, с помощью маркеров анализатора N5247B определить действительное ослабление аттенюаторов на частотах (в зависимости от модификации): 30 МГц, 4 ГГц, 8 ГГц, 12,4 ГГц, 18 ГГц, 26,5 ГГц, 34 ГГц, 40 ГГц и 50 ГГц.

Рассчитать погрешность ослабления по формуле (1):

$$\Delta_{\text{ос}} = A_{\text{изм}} - A_{\text{уст}} \quad (1)$$

где $A_{\text{изм}}$ – измеренное значение ослабления в [дБ],

$A_{\text{уст}}$ – установленное на аттенюаторе значение ослабления.

Для ослаблений от 80 до 110 дБ погрешность установки ослабления рассчитать по формулам (2) – (5):

$$\Delta_{\text{ос}80} = (A_{\text{изм}70} - A_{\text{изм}20} - A_{\text{изм}10} + A_{\text{изм}40}) - 80 \text{ дБ} \quad (2)$$

$$\Delta_{\text{ос}90} = \delta_{\text{ос}80} + (A_{\text{изм}10} - 10 \text{ дБ}) \quad (3)$$

$$\Delta_{\text{ос}100} = \delta_{\text{ос}80} + (A_{\text{изм}20} - 20 \text{ дБ}) \quad (4)$$

$$\Delta_{\text{ос}110} = \delta_{\text{ос}80} + (A_{\text{изм}10} + A_{\text{изм}20}) - 30 \text{ дБ} \quad (5)$$

Абсолютную погрешность установки ослабления аттенюаторов в диапазоне рабочих частот рассчитать по формулам (1) – (5).

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности установки ослабления находятся в пределах, приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Установленное значение ослабления для моделей аттенюаторов, дБ		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенюаторов на частотах, дБ			
		8494G	8494H		8495G
8494G, 8494H	8495G, 8495H, 8496G, 8496H	от 0 до 4 ГГц	от 0 до 12,4 ГГц включ.	св.12,4 до 18 ГГц	от 0 до 4 ГГц
1	10	±0,2	±0,3	±0,7	±0,2
2	20	±0,2	±0,3	±0,7	±0,4
3	30	±0,3	±0,4	±0,7	±0,5
4	40	±0,3	±0,4	±0,7	±0,7
5	50	±0,3	±0,5	±0,7	±0,8
6	60	±0,3	±0,5	±0,8	±1,0
7	70	±0,4	±0,6	±0,8	±1,2
8	80	±0,4	±0,6	±0,8	-
9	90	±0,4	±0,6	±0,8	-
10	100	±0,4	±0,6	±0,9	-
11	110	±0,5	±0,7	±0,9	-

Продолжение таблицы 4

Установленное значение ослабления для моделей аттенюаторов, дБ		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенюаторов на частотах, дБ				
		8495Н		8496G	8496Н	
8494G, 8494Н	8495G, 8495Н, 8496G, 8496Н	от 0 до 12,4 ГГц включ.	св.12,4 до 18 ГГц	от 0 до 4 ГГц	от 0 до 12,4 ГГц включ.	св. 12,4 до 18 ГГц
1	10	±0,5	±0,6	±0,2	±0,5	±0,6
2	20	±0,7	±0,8	±0,4	±0,7	±0,8
3	30	±0,9	±1,2	±0,5	±0,9	±1,2
4	40	±1,2	±1,6	±0,7	±1,2	±1,6
5	50	±1,5	±2,0	±0,8	±1,5	±2,0
6	60	±1,8	±2,4	±1,0	±1,8	±2,4
7	70	±2,1	±2,8	±1,2	±2,1	±2,8
8	80	-	-	±1,3	±2,4	±3,2
9	90	-	-	±1,5	±2,7	±3,6
	100	-	-	±1,6	±3,0	±4,0
	110	-	-	±1,8	±3,3	±4,4

Продолжение таблицы 4

Установленное значение ослабления, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций на частотах, дБ			
	8495К			
	от 0 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 12,4 ГГц включ.	св. 12,4 до 18 ГГц включ.	св. 18 до 26,5 ГГц
10	±0,3	±0,4	±0,5	±0,7
20	±0,5	±0,5	±0,6	±0,8
30	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0
40	±0,7	±0,9	±1,1	±1,5
50	±0,8	±1,0	±1,2	±1,6
60	±1,0	±1,3	±1,4	±1,9
70	±1,1	±1,5	±1,7	±2,3
80	-	-	-	-
90	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4

Установленное значение ослабления, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенюаторов на частотах, дБ			
	8497К			
	от 0 до 6 ГГц включ.	св. 6 до 12,4 ГГц включ.	св. 12,4 до 18 ГГц включ.	св. 18 до 26,5 ГГц
10	±0,3	±0,4	±0,5	±0,7
20	±0,5	±0,5	±0,6	±0,8
30	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0
40	±0,7	±0,9	±1,1	±1,5
50	±0,8	±1,0	±1,2	±1,6
60	±1,0	±1,3	±1,4	±1,9
70	±1,1	±1,5	±1,7	±2,3
80	±1,1	±1,6	±1,8	±2,5
90	±1,2	±1,7	±2,1	±2,8

Продолжение таблицы 4

Установленное значение ослабления для моделей аттенуаторов, дБ		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенуаторов на частотах, дБ				
84908М	84904К, 84904Л, 84904М	84908М		84904К, 84904Л		
		от 0 до 40 ГГц включ.	св. 40 до 50 ГГц	от 0 до 18 ГГц включ.	св. 18 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 40 ГГц
5	1	±0,5	±0,7	±0,35	±0,40	±0,60
10	2	±0,5	±0,7	±0,45	±0,50	±0,60
15	3	±0,6	±0,8	±0,55	±0,70	±0,80
20	4	±0,6	±0,8	±0,55	±0,70	±0,80
25	5	±0,7	±1,0	±0,55	±0,70	±0,80
30	6	±0,7	±1,0	±0,55	±0,70	±0,90
35	7	±1,0	±1,3	±0,60	±0,80	±1,10
40	8	±1,0	±1,3	±0,60	±0,80	±1,10
45	9	±1,2	±1,5	±0,65	±0,85	±1,20
50	10	±1,2	±1,5	±0,70	±0,90	±1,30
55	11	±1,6	±1,8	±0,80	±1,10	±1,50
60	-	±1,6	±1,8	-	-	-
65	-	±1,8	±2,0	-	-	-

Продолжение таблицы 4

Установленное значение ослабления для моделей аттенуаторов, дБ		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенуаторов на частотах, дБ			
84908М	84904К, 84904Л, 84904М	84904М			
		от 0 до 18 ГГц включ.	св. 18 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 40 ГГц включ.	св. 40 до 50 ГГц
5	1	±0,35	±0,40	±0,60	±0,60
10	2	±0,45	±0,50	±0,60	±0,70
15	3	±0,55	±0,70	±0,80	±0,80
20	4	±0,55	±0,70	±0,80	±0,80
25	5	±0,55	±0,70	±0,80	±0,80
30	6	±0,55	±0,70	±0,90	±0,90
35	7	±0,60	±0,80	±1,10	±1,10
40	8	±0,60	±0,80	±1,10	±1,10
45	9	±0,65	±0,85	±1,20	±1,20
50	10	±0,70	±0,90	±1,30	±1,30
55	11	±0,80	±1,10	±1,50	±1,50
60	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4

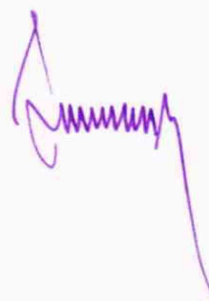
Установленное значение ослабления, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) для модификаций аттенюаторов на частотах, дБ		
	84907К, 84907Л, 84906К, 84906Л	84905М	
		от 0 до 40 ГГц включ.	св. 40 до 50 ГГц
10	±0,5	±0,5	±0,7
20	±0,6	±0,6	±0,8
30	±0,7	±0,7	±1,0
40	±1,0	±1,0	±1,3
50	±1,2	±1,2	±1,5
60	±1,6	±1,6	±1,8
70	±1,8	-	-
80	±2,7	-	-
90	±2,9	-	-

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки аттенюаторов подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца аттенюаторов или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт аттенюаторов вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

10.2 Результаты поверки оформить по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский