



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«24» июля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АТТЕНЮАТОРЫ СТУПЕНЧАТЫЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МОДУЛЬНЫЕ
Keysight M9168C

Методика поверки

РТ-МП-4662-441-2023

г. Москва
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на аттенюаторы ступенчатые программируемые модульные Keysight M9168C (далее – аттенюаторы) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых аттенюаторов ступенчатых программируемых модульных Keysight M9168C к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ193 Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 - 10.2 применяется метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °Сот 18 до 28
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 70.

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с аттенюаторами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +18 °С до +28 °С с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ °С Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью $\pm 3,0$ %	Термогигрометр UNITESS THB 1B, рег. №70481-18
п.10.1 Определение КСВН и начального вносимого ослабления	Средство измерений КСВН и ослабления, диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, диапазон измерений КСВН от 1,05 до 10, диапазон измерений ослабления от 1 до 10 дБ, пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН ± 5 %, абсолютная погрешность измерений ослабления $\pm 0,1$ дБ	Анализатор электрических цепей векторный ZVA50, рег. № 48355-11
п. 10.3 Определение абсолютной погрешности установки ослабления	Средство измерений ослабления электромагнитных колебаний, соответствующее требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта № 3383 от 30.12.2019, диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, диапазон измерений ослабления от 0 до 101 дБ	Приемник измерительный FSMR50, рег. № 50678-12;
	Генератор сигналов от 10 МГц до 26,5 ГГц и уровнем выходной мощности не менее 0 дБ (1 мВт) во всем диапазоне частот;	Генератор СВЧ SMF100A, рег. № 39089-08
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по проверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики вспомогательного оборудования	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
8, 9, 10	Персональный компьютер	Операционная система Windows 7 и выше; интерфейс USB 2.0.	-
8, 9, 10	Крейт	PXIe	-

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на аттенюаторы.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие аттенюатора следующим требованиям:

- внешний вид аттенюатора должен соответствовать фотографиям, приведённым в руководстве по эксплуатации;

- наличие маркировки, подтверждающей тип и серийный номер;

- наружная поверхность аттенюатора не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на его работу и на работу органов его управления;

- разъемы аттенюатора должны быть чистыми, без механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) и заусениц на контактных и токонесущих поверхностях;

- комплектность аттенюатора должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации.

7.2 Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

7.3 При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

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

8.1.2 Для контроля условий проведения поверки использовать средство измерений температуры окружающей среды и средство измерений относительной влажности воздуха, указанные в таблице 3.

8.1.3 Результат измерений температуры, относительной влажности должен находиться в пределах, указанных в п. 3. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п. 3.

8.2 Подготовка к поверке

8.2.1 Подготовить аттенюатор к работе в шасси PXIe в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.2.2 Выдержать аттенюатор в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

8.2.3 Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.3 Опробование

8.3.1 Запустить управляющее программное обеспечение M9168x SFP, в открывшемся окне изменить значение ослабления аттенюатора, введя значение или нажав кнопку вверх/вниз, чтобы увеличить или уменьшить значение ослабления. При переключении значений ослабления должен раздаваться щелчок.

8.3.2 Результаты опробования считать удовлетворительными, если при включении не возникают сообщения об ошибках ПО, в программе M9168x SFP отображается интерфейс управления аттенюатором, аттенюатор реагирует на управление, при переключении ослабления раздается щелчок.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1. Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) аттенюатора проводить путем вывода на экран монитора персонального компьютера информации о версии программного обеспечения. Для отображения версии ПО в меню программного обеспечения нажать Help>About.

Результат проверки считать положительным, если номер версии программного обеспечения соответствует данным, приведенным в описании типа средства измерений.

9.2 При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение КСВН и начального вносимого ослабления

Определение КСВН и начального вносимого ослабления в диапазоне частот аттенюатора проводят методом прямых измерений с помощью анализатора электрических цепей векторного ZVA50.

К входам порта 1 и порта 2 анализатора цепей ZVA50 подключить измерительные кабели с выходными разъемами 3,5 «вилка». Провести полную двух-портовую калибровку анализатора цепей на концах кабелей в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц ПЧ 1 кГц и мощности 0 дБм.

Поверяемый аттенюатор подключить кабелем порта 1 ZVA50 к порту 1 аттенюатора, а кабелем порта 2 ZVA50 - к порту 2 аттенюатора. На ZVA50 установить режимы измерения S11 и S22, формат шкалы – VSWR (КСВН), на аттенюаторе установить ослабление 0 дБ.

С помощью маркеров измерить на анализаторе цепей значения КСВН портов 1 и 2 аттенюатора, на частотных поддиапазонах в соответствии с таблицей 4. Повторить измерения при значениях ослабления ступеней аттенюатора от 1 до 10 дБ с шагом 1 дБ, далее с шагом 10 дБ до 100 дБ, а также ступени 101 дБ.

Зафиксировать результаты измерений.

Установить на аттенюаторе ослабление 0 дБ, на ZVA50 установить режим измерения S21, формат шкалы LOG (дБ).

С помощью маркеров измерить на анализаторе цепей максимальное значение вносимого ослабления аттенюатора при установленном уровне ослабления 0 дБ, на частотных поддиапазонах в соответствии с таблицей 4.

Зафиксировать результаты измерений.

10.2 Определение абсолютной погрешности установки ослабления

Определение абсолютной погрешности установки ослабления аттенюатора проводят методом прямых измерений при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ при подключении к входу рефлектометра нагрузки короткозамкнутой или холостого хода.

Подготовить к работе приемник измерительный FSMR50 (далее – приемник) и генератор сигналов СВЧ SMF100A (далее – генератор) в соответствии с руководствами по эксплуатации.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

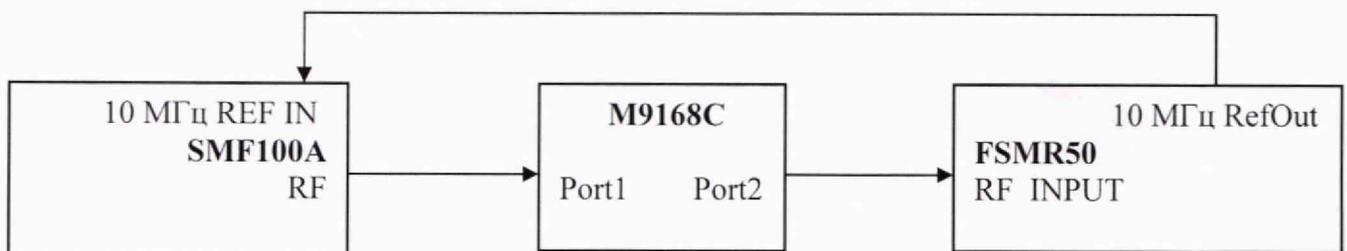


Рисунок 1

Генератор перевести в режим работы от внешнего источника опорного сигнала частотой 10 МГц, который подать с выхода 10 МГц приёмника измерительного R&S FSMR50. На генераторе установить немодулированный сигнал частотой 10 МГц и уровнем 0 дБ (1 мВт). На аттенюаторе установить ослабление «0 дБ». На приёмнике измерительном R&S FSMR50 установить частоту измерения и выбрать режим относительных измерений уровня сигнала (установить «0 дБ»).

Провести измерения ослабления аттенюатора A_x для ступеней ослабления от 1 до 10 дБ с шагом 1 дБ, далее с шагом 10 дБ до 100 дБ, а также ступень 101 дБ. Повторить измерения ослабления на частотах: 1; 4; 8; 12; 18; 22; 26,5 ГГц.

Зафиксировать результаты измерений A_x .

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Результаты поверки по пункту 10.1 считаются удовлетворительными, если измеренные значения КСВН и начального вносимого ослабления аттенюатора не превышают значений указанных в таблице 4.

Таблица 4

Наименование характеристики		Значение
Максимальное значение КСВН на частотах	от 0 до 6 ГГц включ.	1,35
	св. 6 до 18 ГГц включ	1,78
	св. 18 до 26,5 ГГц	2,61
Начальное вносимое ослабление (при установленном уровне ослабления 0 дБ) на частотах, дБ, не более	от 0 до 6 ГГц включ.	2,5
	св. 6 до 18 ГГц включ.	4,0
	св. 18 до 26,5 ГГц	5

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений A_x рассчитать по формуле абсолютную погрешность установки ослабления ΔA , дБ:

$$\Delta A = A_{уст} - A_x,$$

где $A_{уст}$ – номинальное значение ослабления установленного на аттенюаторе, дБ;
 A_x – измеренное значение ослабления, дБ.

Результаты поверки по пункту 10.2 считаются удовлетворительными, если измеренные значения абсолютной погрешности установки ослабления ΔA не выходят за пределы, указанные в таблице 5.

Таблица 5

Установленное значение ослабления, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления (относительно опорного значения 0 дБ) на частотах, дБ	
	от 0 до 18 ГГц включ.	св. 18 до 26,5 ГГц
от 1 до 2	±0,35	±0,40
от 3 до 6	±0,55	±0,70
от 7 до 10	±0,70	±0,80
от 11 до 20	±1,20	±1,40
от 21 до 40	±1,40	±1,60
от 41 до 60	±1,90	±2,50
от 61 до 80	±2,50	±2,70
от 81 до 101	±3,70	±4,00

11.3 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, является обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик аттенюаторов ступенчатых программируемых модульных Keysight M9168C требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.2 данной методики поверки.

11.4 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик аттенюаторов ступенчатых программируемых модульных Keysight M9168C требованиям, указанным в пунктах 11.1 - 11.2 принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Сведения о результатах проведенной поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

При оформлении свидетельства о поверке знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

12.3 Требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»

 С. Н. Гольшак

Начальник сектора
лаборатории № 441 ФБУ «Ростест-Москва»

 А. С. Каледин