



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»)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«25» февраля 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА FPC1500**

Методика поверки

РТ-МП-5741-441-2019

г. Москва  
2019 г.

## 1 Общие указания

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок анализаторов спектра FPC1500 (далее анализаторов).

Интервал между поверками – 12 месяцев.

Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с указаниями, изложенными в руководстве по эксплуатации на анализаторы.

## 2 Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Методы поверки (номер пункта)	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7.1	+	+
Идентификация программного обеспечения	7.2	+	+
Опробование	7.3	+	+
Определение метрологических характеристик			
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	7.4	+	+
Определение абсолютной погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала	7.5	+	+
Определение среднего уровня собственных шумов анализатора	7.6	+	+
Определение уровня фазовых шумов	7.7	+	+
Определение уровня гармонических искажений второго порядка	7.8	+	-
Определение уровня интермодуляционных искажений третьего порядка	7.9	+	-
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	7.10	+	+

2.2 Допускается проводить периодическую поверку анализатора спектра FPC1500 в ограниченном диапазоне частот и ограниченном числе измеряемых величин на основании письменного заявления владельца СИ с соответствующей записью в свидетельстве о поверке. Ограничение возможно:

- по диапазону частот до верхней граничной частоты штатной комплектации анализатора (до 1 ГГц) или опции расширения частотного диапазона В2 (до 2 ГГц)
- по числу измеряемых величин без поверки режима векторного анализатора цепей (при наличии в анализаторе опции К42).

2.3. В случае выявления несоответствия требованиям в ходе выполнения любой операции, указанной в таблице 1, поверяемый прибор бракуют, поверку прекращают, и на него оформляют извещение о непригодности.

### 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки анализаторов применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы допускаемой погрешности	
7.4 – 7.9	Генератор сигналов	от 9 кГц до 3 ГГц; (от -120 до 18) дБмВт <sup>1</sup> фазовый шум -122 дБн/Гц <sup>2</sup> на 1 ГГц, отстройка 10 кГц	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ $\pm 0,5$ дБ	Генератор сигналов SMB100A с опциями SMB-B106 и SMB-B1
7.5	Измеритель мощности	от 9 кГц до 3 ГГц; от $2 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^2$ мВт	$\pm 2,5$ %	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z98
7.10	Набор мер коэффициентов передачи и отражения	от 0 до 3 ГГц разъем тип N	$\pm 0,1$ дБ $\pm 1^\circ$	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270
				Комплект мер комплексных коэффициентов передачи и отражения 05СК200-150
Примечания: Здесь и далее: 1) дБмВт – дБ относительно 1 мВт; 2) дБн/Гц – дБ относительно уровня несущей, приведенное к полосе пропускания 1 Гц.				

3.2 Вместо указанных в таблице средств поверки допускается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, эталоны аттестованы.

### 4 Требования безопасности

При проведении поверки анализатора необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и правила охраны труда.

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, освоившие работу с анализатором и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику.

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

Работать с анализатором необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

## **5 Условия проведения поверки**

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха .....от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха .....не более 80 %.

## **6 Подготовка к поверке**

Порядок установки анализатора на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Анализаторы спектра FPC1500. Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать анализатор во включенном состоянии не менее 30 минут.

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

## **7 Проведение поверки**

### **7.1 Внешний осмотр**

При проведении внешнего осмотра установить соответствие анализатора следующим требованиям:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер;
- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора и его органов управления;
- разъемы должны быть чистыми;
- комплектность анализатора должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

### **7.2 Идентификация программного обеспечения**

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения анализатора отображаются на дисплее прибора при нажатии Setup-HW/SW Info.

Наименование и номер версии ПО должны соответствовать описанию ПО в технической документации на анализатор и в описании типа средства измерений.

### 7.3 Опробование

Подготовить анализатор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверить отсутствие сообщений о неисправности в процессе загрузки анализатора. Проверить значение неравномерности АЧХ на выходе следящего генератора после калибровки анализатора в диапазоне частот.

Для этого соединить ВЧ кабелем разъёмы RF Input и Gen. Output.

На анализаторе выполнить следующие установки:

- [ **MODE : Spectrum** ]
- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ : Start Frequency 2 MHz** ]
- [ **BW : Manual RBW : 100 kHz** ]
- [ **MEAS : Source: Tracking Generator: Normalize S21: Continue** ]
- [ **MKR->: Set to Peak** ]
- [ **MKR-> : Set to Minimum** ]

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если в процессе загрузки анализатора отсутствуют сообщения о неисправности, неравномерность линии развертки на экране анализатора не превышает  $\pm 1$  дБ относительно уровня 0 дБ.

### 7.4 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

Погрешность частоты опорного генератора определить при помощи генератора SMB100A.

На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень 1 мВт.

На анализаторе выполнить следующие установки:

- [ **MODE : Spectrum** ]
- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ : 1 GHz** ]
- [ **SPAN : 100 kHz** ]
- [ **BW : Manual RBW : 3 kHz** ]
- [ **AMPT : 10 dBm** ]
- [ **MARKER▶ : Set to Peak** ]
- [ **MARKER : Marker Mode: Frequency Count** ]

Относительную погрешность частоты вычислить по формуле 1:

$$\delta f = (F_{\text{физм}} - 1 \text{ ГГц}) / 1 \text{ ГГц} \quad (1)$$

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешность частоты опорного генератора не превышает  $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ .

### 7.5 Определение абсолютной погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности измерений уровня провести с помощью генератора SMB100A и ваттметра NRP-Z98.

Выполнить соединение приборов по схеме рис. 1.

Перевести анализатор в режим работы от внешней опорной частоты.

На генераторе установить частоту 100 МГц, уровень 6 дБмВт.

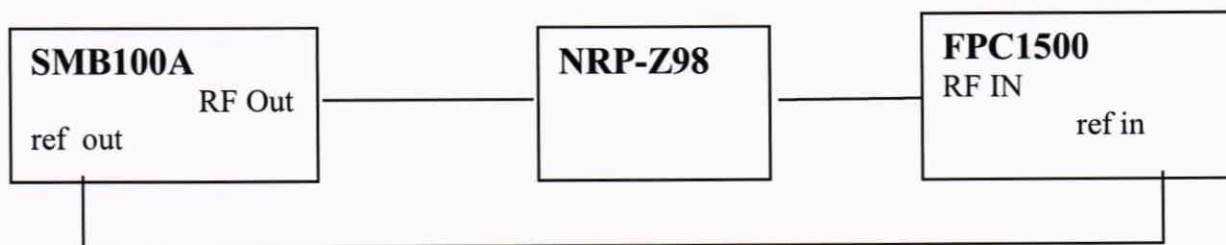


Рисунок 1

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [ MODE : Spectrum ]
- [ PRESET ]
- [ FREQ : 100 MHz ]
- [ AMPT : 0 dBm ]
- [ AMPT : Attenuator: Manual Att : 20 dB ]
- [ SPAN : 10 kHz ]
- [ BW : Manual RBW : 1 kHz ]
- [ TRACE : Detector : RMS ]
- [ SWEEP : Swep Time Manual : 5s ]
- [ MKR ► : Set to Peak ]

Зафиксировать результат измерений уровня по показанию маркера анализатора спектра L и значение уровня мощности, измеренное ваттметром  $L_p$ . Вычислить погрешность измерений по формуле 2:

$$\Delta_{100\text{МГц}} = L - L_p \quad (2)$$

Повторить измерения для частот 9 кГц, 1 МГц, 10 МГц, 50 МГц, 500 МГц, 700 МГц, 1 ГГц, при наличии опций В2 и В3 также провести измерения для частот 1,3 ГГц, 1,5 ГГц, 1,8 ГГц, 2 ГГц, 2,5 ГГц, 3 ГГц. Для частоты 9 кГц установить SPAN = 100 Гц и RBW = 10 Гц.

Повторить измерения для частоты 1 ГГц при установке уровня сигнала на генераторе: минус 4 дБмВт, минус 14 дБмВт, минус 24 дБмВт, минус 34 дБмВт.

Повторить измерения для частоты 1 ГГц и уровня сигнала на генераторе минус 14 дБмВт при опорном уровне анализатора спектра минус 10 дБмВт и положениях ВЧ аттенюатора: 0 дБ, 10 дБ, 30 дБ и 40 дБ.

Результаты проверки по данной операции считать удовлетворительными, если значение погрешности измерений уровня входного синусоидального сигнала не превышает  $\pm 2,3$  дБ до 10 МГц включительно и  $\pm 1,3$  дБ свыше 10 МГц.

#### 7.6 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов анализатора осуществить измерением их уровня на дисплее в отсутствии входной мощности. Для этого к входу анализатора подключить согласованную нагрузку 50 Ом и выполнить установки на анализаторе:

- [ MODE : Spectrum ]
- [ PRESET ]
- [ SPAN : Zero Span ]
- [ BW : Manual RBW : 1 kHz ]
- [ BW : Manual VBW : 10 Hz ]
- [ SWEEP : Manual SWP Time : 600ms ]
- [ TRACE : Trace Mode: Average 10 ]
- [ TRACE : Detector : Sample ]

- [ AMPT : Attenuator: Manual Att: 0 dB ]
- [ AMPT : -40 dBm ]
- [ FREQ : {f<sub>изм</sub>} ]
- [ MKR► : Set To Peak ]

Частоту {f<sub>изм</sub>} установить из ряда 1 МГц, 11 МГц, 499 МГц, 999 МГц, при наличии опций В2 и В3 – также установить частоты 1,499 ГГц, 1,999 ГГц, 2,499 ГГц, 2,999 ГГц. При необходимости, проверить в режиме полосы обзора 100 кГц наличие на частоте измерения собственных дискретных спектральных составляющих анализатора, и в случае наличия произвести отстройку от них.

Считать показания маркера для всех частот, нормализовать значение шума к полосе 1 Гц, для чего из показаний маркера вычесть 30 дБ.

Затем повторить измерения, включив предусилитель (при наличии опции В22), для чего на анализаторе установить:

- [ AMPT: PREAMPLIFIER ]

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если действительные значения уровня шума не превышают допустимых значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики		Значение
Значения среднего уровня собственных шумов в полосе 1 Гц, при ослаблении встроенного аттенюатора 0 дБ, в зависимости от состояния предусилителя, в диапазоне частот, дБ относительно 1 мВт, не более:	Предусилитель выключен	
	от 1 МГц до 10 МГц включ.	-127
	св. 10 МГц до 2 ГГц включ.	-142
	св. 2 ГГц до 3 ГГц включ.	-138
	Предусилитель включен	
	от 1 МГц до 10 МГц включ.	-147
	св. 10 МГц до 2 ГГц включ.	-158
	св. 2 ГГц до 3 ГГц включ.	-155

### 7.7 Определение уровня фазовых шумов

Для определения уровня фазовых шумов выполнить соединение приборов по схеме, представленной на рис. 1.

На генераторе установить частоту 500 МГц, уровень 0 дБмВт.

На анализаторе установить:

- [ MODE : Spectrum ]
- [ PRESET ]
- [ FREQ : 500 MHz ]
- [ AMPT : 0 dBm ]
- [ AMPT: Attenuator: Manual Att: 10dB ]
- [ SPAN : 100 kHz ]
- [ BW: Manual RBW : 1 kHz ]
- [ BW: Manual VBW : 10 kHz ]
- [ TRACE : Detector : RMS ]
- [ TRACE : Trace Mode: Average 10 ]
- [ MKR► : Set To Peak ]

Считать значение фазового шума по показаниям дельта-маркера D2, привести его к полосе 1 Гц, уменьшив на 30 дБ, при отстройке маркера от несущей и соответствующей полосе обзора из ряда: 30 кГц/100 кГц, 100 кГц/300 кГц и 1 МГц/3 МГц.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если действительные значения уровня фазовых шумов в полосе 1 Гц относительно уровня

несущей не превышают:

- минус 88 дБ для отстройки 30 кГц,
- минус 98 дБ для отстройки 100 кГц,
- минус 120 дБ для отстройки 1 МГц.

#### 7.8 Определение уровня гармонических искажений второго порядка

Для определения уровня гармонических искажений второго порядка соединить выход генератора с входом анализатора спектра через фильтр нижних частот. Схема измерения представлена на рис. 2.



Рисунок 2

Установить на генераторе частоту из таблицы 4 и уровень сигнала минус 20 дБмВт.

Подключить фильтр соответствующего диапазона.

На анализаторе установить:

- [ **MODE : Spectrum** ]
- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ : из таблицы 4** ]
- [ **AMPT : -20 dBm** ]
- [ **AMPT: Attenuator: Manual Att : 0 dB** ]
- [ **SPAN : 50 kHz** ]
- [ **BW: Manual RBW : 1 kHz** ]
- [ **BW: Manual VBW : 100 Hz** ]
- [ **MKR▶ : Set To Peak** ]

Включить на анализаторе второй маркер, установить на анализаторе частоту второй/третьей гармоники в соответствии с таблицей 4 и измерить вторым маркером уровень гармоники. Рассчитать гармонические искажения как разницу между значениями второго и первого маркеров.

Записать показания в таблицу 4.

Таблица 4

Параметры генератора		Параметры гармоники		
Тип фильтра	Частота, МГц	Частота, МГц	Измеренное значение, дБ относительно уровня несущей	Допустимое значение, дБ относительно уровня несущей, не более
(32 - 53) МГц	45	90/135		-40
(86 - 152) МГц	105	210/315		
(390 - 600) МГц	495	990/1485		

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если полученные значения уровня гармонических искажений второго порядка не превышают предельных допускаемых значений, указанных в последнем столбце таблицы 4.

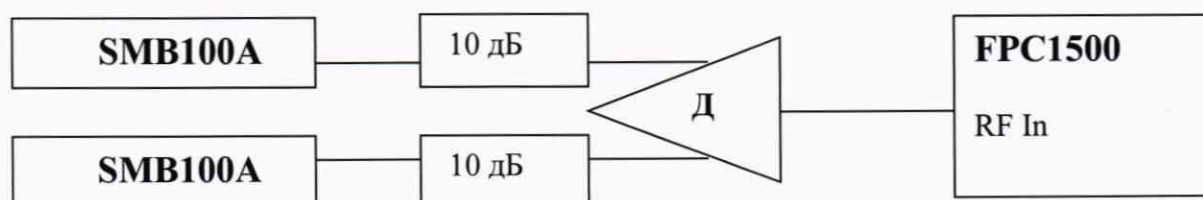


### 7.9 Определение уровня интермодуляционных искажений третьего порядка

Определение уровня интермодуляционных искажений третьего порядка провести по схеме рис. 3 путем измерения относительного уровня помех на частотах:  $(2 \times f_1 - f_2)$  и  $(2 \times f_2 - f_1)$  при подаче на анализатор двух сигналов примерно одинаковой мощности с частотами  $f_1$  и  $f_2$ .

На анализаторе установить:

- [ MODE : Spectrum ]
- [ PRESET ]
- [ FREQ : из таблицы 5 ]
- [ AMPT : -20 dBm ]
- [ AMPT: Attenuator: Manual Att : 0dB ]
- [ SPAN : 500 kHz ]
- [ BW : Manual RBW : 3 kHz ]
- [ MKR► : Set To Peak ]



Где: Д – резистивный делитель мощности СВЧ

Рисунок 3

Установить на генераторах уровень сигнала минус 10 дБ относительно 1 мВт и частоты  $f_1 = f_{\text{изм}} - 50$  кГц – на одном и  $f_2 = f_{\text{изм}} + 50$  кГц – на другом.

Выключить мощность одного из генераторов. Органами регулировки второго генератора установить уровень на входе анализатора минус 20 дБ относительно 1 мВт.

Выключить этот генератор, включить другой и его уровень установить аналогичным образом.

Включить мощность обоих генераторов.

Включить на анализаторе режим дельта-маркера, установить дельта-маркер на 100 кГц левее меньшей частоты и на 100 кГц правее большей частоты. Занести большее по модулю значение маркера в таблицу 5. Это значение соответствует уровню интермодуляционных искажений 3-го порядка.

Повторить измерения на частотах, указанных в таблице 5 в диапазоне частот поверяемого анализатора спектра.

Таблица 5

Центральная частота анализатора $f_{\text{изм}}$ , МГц	Интермодуляционные искажения 3-го порядка	
	Измеренные значения, дБ относительно уровня несущей	Допустимые значения, дБ относительно уровня несущей, не более
300 800 1900 (опция В2) 2900 (опция В3)		-48

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если действительные значения интермодуляционных искажений не превышают допустимые значения, приведенные в последнем столбце таблицы 5.

7.10 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения (только при наличии опции K42 - векторный анализ цепей)

Погрешность измерений комплексных коэффициентов отражения и передачи определить с помощью рассогласованной воздушной линии из комплекта 05СК200-150.

На анализаторе провести полную однопортовую калибровку по порту 2 с помощью калибровочного модуля ZN-Z103. После подключения модуля к анализатору по USB интерфейсу он определится автоматически.

Для калибровки нажать:

- [ MODE : Vector Network Analyzer ]
- [PRESET]
- [Reflection S11]
- [Calibrate : Full 1-Port : Continue]

Подключить к порту анализатора рассогласованную воздушную линию 25 Ом, нагруженную на согласованную нагрузку из набора ZV-Z270. С помощью маркера считать показания S11 по модулю и фазе на частотах аттестации линии.

Абсолютную погрешность вычислить по формуле 3:

$$\Delta X = (X_{\text{изм}} - X_{\text{меры}}), \quad (3)$$

где:  $X_{\text{изм}}$  – показания анализатора,  $X_{\text{меры}}$  - действительные значения модуля и фазы обратных потерь линии.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если погрешность измерений коэффициента отражения по модулю/фазе в зависимости от величины модуля коэффициента отражения не превышает:  $\pm 0,4$  дБ/ $\pm 3^\circ$  для диапазона от минус 15 до 0 дБ,  $\pm 1,1$  дБ/ $\pm 8^\circ$  для диапазона от минус 25 до минус 15 дБ,  $\pm 3,1$  дБ/ $\pm 26^\circ$  для диапазона от минус 35 до минус 25 дБ.

## 8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

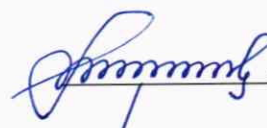

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке согласно действующим правовым нормативным документам.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности с указанием причин.

Начальник лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»

Начальник сектора № 1 лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»

 А. С. Фефилов  
 А. И. Иванов