

СОГЛАСОВАНО

**Генеральный директор
АО «АКТИ-Мастер»**



В.В. Федулов

«19» декабря 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Анализаторы спектра RSA5000

**Методика поверки
RSA5000/МП-2022**

**Москва
2022**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы спектра RSA5000 (далее – анализаторы), изготавливаемые компанией “RIGOL TECHNOLOGIES CO., LTD”, Китай в модификациях RSA5032, RSA5032-TG, RSA5032N, RSA5065, RSA5065-TG, RSA5065N, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), указанные в описании типа поверяемых средств измерений.

1.3 При поверке анализаторов обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственным эталонам:

- ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 31.07.2018 г. № 1621;

- ГЭТ 26-2010 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461.

1.3 Операции поверки выполняются методами прямых измерений величин.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены 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	
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.4, 8.5
Проверка программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение усредненного уровня собственных шумов	да	да	10.1
Определение погрешности частоты опорного генератора	да	да	10.2
Определение относительного уровня фазовых шумов	да	да	10.3
Определение погрешности измерения мощности на частоте 50 МГц и неравномерности амплитудно-частотной характеристики	да	да	10.4

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

В соответствии с ГОСТ 8.395-80 и с учетом условий применения анализатора, а также средств поверки, при проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха в помещении (23 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, имеющие документ о квалификации в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами в области аккредитации. Специалист, выполняющий поверку, должен быть аттестован по группе электробезопасности не ниже 4 (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок»).

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуются применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средства поверки	Номер пункта методики поверки	Требуемые метрологические и технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер ФИФ ОЕИ
Стандарт частоты	10.2	относительная погрешность воспроизведения частоты 10 МГц в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-8}$	Стандарт частоты рубидиевый FS 725; рег. № 31222-06
Частотомер	10.2	количество разрядов индикации частоты 0,5; 1; 10 МГц не менее 8; вход внешней синхронизации 10 МГц	Частотомер универсальный Tektronix FCA3000; рег. № 51532-12
Генератор высокочастотный	10.3 10.4	диапазон частот от 50 МГц до 5 ГГц; диапазон установки уровня мощности от -30 до +10 дБм	Генератор сигналов E8257D с опциями 520, 1E1; рег. № 53941-13
Ваттметр проходящей мощности	10.4	относительная погрешность измерения мощности СВЧ от -30 до +5 дБм на частотах от 50 МГц до 5 ГГц в пределах $\pm 0,1$ дБ	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z28; рег. № 43643-10
Вспомогательные средства поверки			
Измеритель температуры, влажности и атмосферного давления	3 8.2	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,5$ °C в диапазоне от 0 °C до 50 °C; пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 3 % в диапазоне от 40 % до 90 %; пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,2$ кПа в диапазоне от 86 кПа до 106 кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д; рег. № 46434-11
Кабели, адаптеры	раздел 10	тип BNC, N, SMA	-

5.2 Возможно применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

6.2 Необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в руководстве по эксплуатации анализаторов, а также меры безопасности, указанные в руководствах по эксплуатации средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра анализатора проверяются:

- правильность маркировки и комплектность;
- чистота и исправность разъемов;
- исправность органов управления, четкость фиксации их положений;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослабления крепления элементов конструкции (определяется на слух при наклонах анализатора).

7.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого анализатора, его следует направить заявителю поверки (пользователю) для ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед началом выполнения дальнейших операций поверки следует изучить руководство по эксплуатации анализатора, а также руководства по эксплуатации средств поверки.

8.2 Выполнить контроль условий поверки в соответствии с требованиями, указанными в разделе 3 настоящей методики поверки.

8.3 Перед началом выполнения дальнейших операций используемые средства поверки и поверяемый анализатор должны быть подключены к сети 230 В; 50 Гц и выдержаны во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

Минимальное время прогрева анализатора 30 минут.

8.4 Выполнить заводскую установку анализатора клавишей **Preset**.

Войти в меню **Mode**, установить анализатор в режим **GPSA**.

Войти в меню **Meas Setup**, установить **Avg Number 50**.

8.5 После прогрева анализатора в течение не менее 40 минут выполнить процедуру автоподстройки (Self-Calibration), для чего:

- убедиться в том, что к каналам анализатора ничего не подключено;
- войти в меню **System**, выбрать функцию **Alignment, Align Now**;
- дождаться завершения процесса автоподстройки, по его завершению не должно появиться сообщений об ошибках;
- выйти из меню автоподстройки.

При наличии ошибок и несоответствий анализатор поверке не подлежит, он должен быть направлен заявителю поверки для проведения ремонта.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Войти в меню **System**, выбрать раздел **About System, System Info**.

В окне должны отобразиться идентификационные данные анализатора и установленного программного обеспечения (Firmware).

Идентификационный номер версии программного обеспечения (Firmware), должен быть не ниже 00.01.01.

Выйти из меню **System Info**.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Определение метрологических характеристик анализатора выполнить по процедурам, изложенным в пунктах 10.1 – 10.4.

Полученные результаты должны удовлетворять критериям подтверждения соответствия метрологическим требованиям, которые приведены в каждой операции поверки.

Допускается фиксировать результаты измерений качественно без указания действительных измеренных значений, если заявителем поверки не предъявлен запрос по их представлению в протоколе поверки.

При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате анализатор следует направить заявителю поверки (пользователю) для проведения регулировки и/или ремонта.

10.1 Определение усредненного уровня собственных шумов

10.1.1 Убедиться в том, что к входу анализатора ничего не подключено.

10.1.2 Присоединить к входу “RF In” анализатора согласованную нагрузку тип N(m). Допустимо не подключать нагрузку, оставить вход анализатора свободным, если это не влияет на результаты измерений.

10.1.3 Сделать установки на анализаторе:

Preamplifier: Off

Trace Type: Average

Trace Detector: Sample

Input Attenuation 0 dB

Reference Level –80 dBm

Span 1 kHz, RBW 100 Hz, VBW 10 Hz

Sweep Points 1000

10.1.4 Устанавливать на анализаторе центральную частоту (Center Frequency), как указано в столбце 1 таблицы 10.1.

Помещать маркер на максимум шумовой дорожки, игнорируя отдельные выбросы, если они наблюдаются.

Фиксировать отсчеты маркера M (дБм).

Вычислять измеренные значения усредненного уровня собственных шумов Pш (дБм/Гц) как

$$P_{ш} = M - 20 \text{ дБ}$$

Записывать измеренные значения Pш в столбец 2 таблицы 10.1.

10.1.5 После измерения на последнем шаге включить предусилитель:

Preamplifier: On

10.1.6 Выполнить действия по пункту 10.1.4 с включенным предусилителем.

10.1.7 Отсоединить согласованную нагрузку от входа анализатора.

Таблица 10.1 – Усредненный уровень собственных шумов

Центральная частота (Center Frequency)	Измеренное значение уровня собственных шумов, дБм/Гц	Верхний предел допускаемых значений, дБм/Гц
1	2	3
без предварительного усилителя (Preamplifier Off)		
101 кГц		-135
1 МГц		-135
50 МГц		-142
2 ГГц		-140
3 ГГц		-138
следующие значения для модификации RSA5065 (5065-TG, 5065N)		
4 ГГц		-138
6,2 ГГц		-136
с предварительным усилителем (Preamplifier On)		
101 кГц		-152
1 МГц		-152
50 МГц		-162
2 ГГц		-160
3 ГГц		-158
следующие значения для модификации RSA5065 (5065-TG, 5065N)		
4 ГГц		-156
6,2 ГГц		-154

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные значения усредненного уровня собственных шумов не должны превышать верхний предел допускаемых значений, указанный в столбце 3 таблицы 10.1.

Пределы допускаемых значений усредненного уровня собственных шумов указаны по описанию типа поверяемого анализатора.

10.2 Определение погрешности частоты опорного генератора

10.2.1 Соединить кабелем BNC выход “10 MHz OUT” анализатора с входом частотомера Tektronix FCA3000.

10.2.2 Соединить кабелем BNC вход синхронизации “Ref In” частотомера с выходом “10 MHz” стандарта частоты FS 725.

10.2.3 Войти в меню **System**, выбрать раздел **About System, Option Info**. Проверить наличие опции ОСХО-С08.

10.2.4 Выполнить отчет на частотомере, записать его в столбец 2 таблицы 10.2.

10.2.5 Отсоединить кабели от анализатора и частотомера.

Таблица 10.2 – Частота опорного генератора

Номинальное значение частоты F, МГц	Измеренное значение частоты Физм, МГц	Нижний предел допускаемых значений Fmin, МГц	Верхний предел допускаемых значений Fmax, МГц
1	2	3	4
10			

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренное значение частоты должно находиться в пределах допускаемых значений $F_{\min}$ и $F_{\max}$, вычисленных и записанных в столбцах 3 и 4 таблицы 10.2. Пределы допускаемых значений частоты следует рассчитать на основе параметров погрешности частоты опорного генератора, указанных в описании типа поверяемого анализатора, следующим образом:

$$F_{\min} = (F - \Delta_F)$$

$$F_{\max} = (F + \Delta_F)$$

$$F = 10 \text{ МГц}$$

$$\Delta_F = (1,5 \cdot 10^{-6} + N \cdot 1 \cdot 10^{-6}) \cdot F \text{ для стандартного исполнения}$$

$$\Delta_F = (1,05 \cdot 10^{-7} + N \cdot 3 \cdot 10^{-8}) \cdot F \text{ для опции ОСХО-С08}$$

N – округленное в большую сторону целое количество лет после выпуска анализатора из производства или последней заводской подстройки частоты опорного генератора.

10.3 Определение относительного уровня фазовых шумов

10.3.1 Соединить кабелем BNC выход синхронизации “Ref Out” генератора сигналов E8257D с входом синхронизации “10 MHz In” анализатора.

Соединить кабелем N выход “RF Out” генератора с входом “RF In” анализатора.

10.3.2 Установить на генераторе частоту 500 МГц, уровень 0 дБм.

Активировать выход генератора.

10.3.3 Сделать установки на анализаторе:

Preamplifier: Off

Trace Type: Average

Trace Detector: Average (RMS).

Center frequency 500 MHz

Span 40 kHz, RBW 1 kHz, VBW 30 Hz

Input Attenuation 10 dB

Reference Level 0 dBm

10.3.4 Нажать клавишу **Peak** для фиксации пика сигнала.

10.3.5 Ввести на маркере режим относительных измерений **Delta**.

10.3.6 Установить маркер вправо на отстройку частоты +10 кГц, для чего в меню маркера ввести **Marker Freq**, 10 kHz.

10.3.7 Выбрать в меню маркера функцию **Marker Func, Band Function, Noise**.

10.3.8 Записать отсчет маркера в столбец 3 таблицы 10.3.

Таблица 10.3 – Относительный уровень фазовых шумов

Центральная частота, МГц	Отстройка от центральной частоты, кГц	Измеренное значение фазовых шумов, дБ/Гц	Верхний предел допускаемых значений дБ/Гц
1	2	3	4
500	10		-106

10.3.9 Выключить на маркере режим **Delta**, перейдя в режим **Position**, выключить в меню маркера функцию **Marker Func, Band Function, OFF**.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренное значение фазовых шумов не должно превышать верхний предел допускаемых значений, указанный в столбце 3 таблицы 10.3.

Предел допускаемых значений фазовых шумов указан по описанию типа поверяемого анализатора.

10.4 Определение погрешности измерения мощности на частоте 50 МГц и неравномерности амплитудно-частотной характеристики

10.4.1 Подготовить к работе ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z28, выполнить его установку нуля, ввести количество усреднений 32.

10.4.2 Соединить кабелем BNC выход синхронизации "Ref Out" генератора сигналов E8257D с входом синхронизации "10 MHz In" анализатора.

10.4.3 Присоединить к выходному разъему "RF Out" генератора сигналов E8257D входной разъем кабеля ваттметра проходящей мощности СВЧ NRP-Z28, используя при необходимости адаптер.

Присоединить выходной разъем ваттметра непосредственно к входу "RF In" анализатора.

10.4.4 Установить на генераторе частоту 50 МГц, уровень -4 дБм.
Активировать выход генератора.

10.4.5 Ввести на ваттметре частоту 50 МГц.

10.4.6 Подстроить уровень на генераторе таким образом, чтобы отсчет на ваттметре был равен $(-10 \pm 0,02)$ дБм.

10.4.7 Сделать установки на анализаторе:

Preamplifier: Off

Trace Type: Average

Trace Detector: Pos Peak

Center frequency 50 MHz

Span 20 kHz, RBW 1 kHz, VBW 100 Hz

Input Attenuation 10 dB

Reference Level 0 dBm

Sweep Time: Auto, Accuracy

10.4.8 Нажать на анализаторе клавишу **Peak** для фиксации пика сигнала.

Записать отсчет маркера P0 в столбец 3 таблицы 10.4.1.

10.4.9 Устанавливать на генераторе значения частоты, указанные в столбце 1 таблицы 10.4.2 для номинального уровня -10 дБм.

Вводить соответствующие значения частоты на ваттметре.

Подстраивать уровень на генераторе так, чтобы отсчет ваттметра на каждой частоте был равен $(-10,00 \pm 0,02)$ дБ.

Фиксировать отсчеты маркера на задаваемых частотах как Pf.

Вычислять значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) как $(Pf - P0)$. Записывать полученные значения неравномерности АЧХ в столбец 3 таблицы 10.4.2 для режима без предварительного усилителя.

10.4.10. Включить предварительный усилитель и установить новый опорный уровень на анализаторе:

Preamplifier: On

Reference Level -20 dBm

10.4.11 Установить на генераторе частоту 50 МГц, уровень –24 дБм.

10.4.12 Подстроить уровень на генераторе таким образом, чтобы отсчет на ваттметре был равен $(-30 \pm 0,03)$ дБм.

10.4.13 Нажать на анализаторе клавишу **Peak** для фиксации пика сигнала.
Зафиксировать отсчет маркера как P01.

10.4.14 Устанавливать на генераторе значения частоты, указанные в столбце 1 таблицы 10.4.1 для номинального уровня –30 дБм.

Вводить соответствующие значения частоты на ваттметре.

Подстраивать уровень на генераторе так, чтобы отсчет ваттметра на каждой частоте был равен $(-30,00 \pm 0,02)$ дБ.

Фиксировать отсчеты маркера на задаваемых частотах как Pfl.

Вычислять значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) как $(Pfl - P01)$. Записывать полученные значения неравномерности АЧХ в столбец 3 таблицы 10.4.2 для режима с предварительным усилителем.

10.4.15 Отключить выход генератора.

Таблица 10.4.1 – Погрешность измерения мощности на частоте 50 МГц

Частота, МГц	Установленный уровень мощности, дБм	Измеренный уровень мощности, дБм	Нижний предел допускаемых значений, дБм	Верхний предел допускаемых значений, дБм
1	2	3	4	5
50	-10,00		-10,30	-9,70

Таблица 10.4.2 – Неравномерность амплитудно-частотной характеристики

Частота	Установленный уровень мощности, дБм	Измеренное значение неравномерности АЧХ, дБ	Нижний предел допускаемых значений, дБ	Верхний предел допускаемых значений, дБ
1	2	3	4	5
без предварительного усилителя (Preamplifier Off)				
50 МГц	-10,00	опорное значение (P0)	–	–
500 МГц	-10,00		-0,50	+0,50
2 ГГц	-10,00		-0,50	+0,50
3 ГГц	-10,00		-0,50	+0,50
следующие значения для модификации RSA5065 (5065-TG, 5065N)				
4 ГГц	-10,00		-0,70	+0,70
5 ГГц	-10,00		-0,70	+0,70
6 ГГц	-10,00		-0,70	+0,70
6,499995 ГГц	-10,00		-0,70	+0,70
с предварительным усилителем (Preamplifier On)				
50 МГц	-30,00	опорное значение (P01)	–	–
500 МГц	-30,00		-0,70	+0,70
2 ГГц	-30,00		-0,70	+0,70
3 ГГц	-30,00		-0,70	+0,70
следующие значения для модификации RSA5065 (5065-TG, 5065N)				
4 ГГц	-30,00		-0,90	+0,90
5 ГГц	-30,00		-0,90	+0,90
6 ГГц	-30,00		-0,90	+0,90
6,499995 ГГц	-30,00		-0,90	+0,90

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ:

1) Измеренное значение уровня мощности на частоте 50 МГц должно находиться в пределах допускаемых значений, указанных в столбцах 4 и 5 таблицы 10.4.1. Пределы допускаемых значений рассчитаны в соответствии с относительной погрешностью измерения мощности на частоте 50 МГц, равной $\pm 0,3$ дБ, указанной в описании типа поверяемого средства измерений.

2) Измеренные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики должны находиться в пределах допускаемых значений, указанных в столбцах 4 и 5 таблицы 10.4.2. Пределы допускаемых значений указаны в соответствии с описанием типа поверяемого средства измерений.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки представляются в соответствии с действующими правовыми нормативными документами и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах по запросу пользователя (заявителя) оформляется свидетельство о поверке.

11.3 При положительных результатах поверки на поверяемое средство измерений пользователь наносит знак поверки в соответствии с описанием типа средства измерений.

11.4 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, по запросу пользователя (заявителя) выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин непригодности.

11.5 По запросу пользователя (заявителя) оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки допускается привести качественные результаты измерений с выводами о соответствии поверенного средства измерений метрологическим требованиям без указания измеренных числовых значений величин, если пользователь (заявитель) не предъявил требование по указанию измеренных действительных значений.