



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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

ФБУ «Ростест-Москва»



Е.В. Морин

«07» апреля 2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ОСЦИЛЛОГРАФЫ ЦИФРОВЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ
RTO2064

Методика поверки

РТ-МП-4222-441-2017

г. Москва
2017 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на осциллографы цифровые запоминающие RTO2064 (далее – осциллографы), изготовленные фирмой “Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG”, Германия, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками – 12 месяцев.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование Операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периоди- ческой поверке
Внешний осмотр	8.1	+	+
Опробование	8.2	+	+
Подтверждение идентификационных данных ПО	8.3	+	+
Определение погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	8.4	+	+
Определение диапазона и погрешности установки коэффициентов отклонения	8.5	+	+
Определение диапазона и погрешности установки смещения	8.6	+	+
Определение времени нарастания переходной характеристики	8.7	+	+
Определение минимального уровня синхронизации от входов каналов осциллографа	8.8	+	+
Определение параметров генератора сигналов произвольной формы	8.9	+	+

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки
		Пределы измерений	Пределы допускаемой погрешности	
1	2	3	4	5
8.4	Стандарт частоты	Частота выходных сигналов 5 МГц, 10 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубийевый FS725

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
8.4	Частотомер универсальный	Диапазон частот от 0,001 Гц до 40 ГГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год	Частотомер универсальный CNT-90
8.2, 8.5-8.8	Калибратор осциллографов	T: от 0,5 нс до 50 с Uпост: от 1 мВ до 200 В Uскз: от 25 мВ до 2 В (от 10 Гц до 6000 МГц) $\tau_{фр}$: не более 25 пс	$\pm 2,5 \cdot 10^{-7}$ $\pm 0,025$ % $\pm (1,5 \dots 4)$ %	Калибратор осциллографов Fluke 9500B
8.9	Вольтметр универсальный	от 20 Гц до 1 кГц от 10 мВ до 10 В	$\pm 0,25$ %	Вольтметр универсальный HM8112-3
8.9	Ваттметр СВЧ	от 0 Гц до 100 МГц от 100 нВт до 100 мВт	± 1 %	Преобразователь измерительный NRP-Z51
8.9	Анализатор спектра	от 10 Гц до 500 МГц от -120 до +20 дБ относительно 1 мВт	$R_{фш} < -130$ дБ относительно несущей в полосе пропускания 1 Гц на частоте 100 МГц и отстройке 1 кГц	Анализатор спектра R&S FSW8

3.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки осциллографа допускаются лица, имеющие высшее или среднее специальное образование, квалификационную группу по электробезопасности не ниже 4 с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электронным измерительно-испытательным оборудованием, и опыт практической работы.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в руководстве по эксплуатации на приборы, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7
- напряжение сети, В 220 ± 22
- частота сети, Гц $50 \pm 0,5$

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать приборы в условиях, указанных в п. 6.1, в течение 1 ч;
- выполнить операции, оговоренные в руководстве по эксплуатации на поверяемый осциллограф по его подготовке к поверке;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима в течение 30 мин.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра установить соответствие осциллографа 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;
- соединительные провода должны быть исправными;
- комплектность осциллографа должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

8.2 Опробование

Подготовить осциллограф к работе в соответствии с технической документацией фирмы-изготовителя. Проверить отсутствие сообщений о неисправности в процессе загрузки осциллографа. Проверить работоспособность ЖКИ, диапазон перемещения линии развертки по вертикали.

Запустить внутреннюю самокалибровку, нажав File – SelfAlignment – Start Alignment.

После окончания самокалибровки собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1

Установить на выходе калибратора последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой 1 В и частотой следования 1 кГц. На осциллографе нажать кнопку AUTOSET, входное сопротивление канала 50 Ом.

Уменьшая значение коэффициента развертки осциллографа, наблюдать увеличение ширины изображения импульсов на экране. Увеличивая значение коэффициента отклонения осциллографа, наблюдать уменьшение высоты изображения импульсов на экране.

Результаты опробования считать положительными, если самокалибровка осциллографа проходит без ошибок; на экране осциллографа наблюдается меандр амплитудой 1 В и частотой следования 1 кГц, органы управления исправно работают.

8.3 Подтверждение идентификационных данных ПО

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения осциллографа отображаются на дисплее прибора при нажатии кнопки SETUP.

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

8.4 Определение погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

Выход осциллографа AUX OUT подключить к входу частотомера, работающего в режиме внешней опорной частоты от стандарта частоты.

На осциллографе нажать:

- [PRESET]

- [HORIZONTAL : Time Base : Reference: AUX Out : '1 GHz Reference On']

Измерить по частотомеру номинальную выходную частоту 1 ГГц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если действительное значение частоты отличается от номинального не более чем, на 10 кГц (для опции В4 – на 200 Гц).

8.5 Определение диапазона и погрешности установки коэффициентов отклонения

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1, калибратор подключить к входу канала 1 осциллографа.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]

2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]

3. [ACQUISITION: Ch1: Decimation "High res": "Resolution" tab: Record length 1kSa]

4. [MEAS: Setup : Main Measurement "Mean" : State On : Source "CH1"]

5. [CH1 1 MΩ DC]

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 1 МОм, равное $4,5 \cdot K_O$ на всех значениях коэффициента отклонения осциллографа.

Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Рассчитать погрешность установки коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, используя следующее соотношение:

$$\delta K_{откл} = \left(\frac{V_{осц+} - V_{осц-}}{V_{K+} - V_{K-}} - 1 \right) \cdot 100,$$

где $V_{осц+}$, $V_{осц-}$ - показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения;

V_{K+} , V_{K-} - установленное на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом выключать уже проверенный канал.

Установить входное сопротивление осциллографа 50 Ом, связь по постоянному току (DC).

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 50 Ом, равное $4,5 \cdot K_O$ на всех значениях коэффициента отклонения осциллографа.

Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Рассчитать погрешность установки коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключать уже проверенный канал.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если погрешность установки коэффициентов отклонения находится в пределах, указанных в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, в зависимости от входного сопротивления R и коэффициента отклонения (КО), %	R = 50 Ом:	
	КО ≤ 0,005 В/дел	± 2,0
	КО > 0,005 В/дел	± 1,5
	R = 1 МОм	± 2,0

8.6 Определение диапазона и погрешности установки смещения

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1, калибратор подключить к входу канала 1 осциллографа.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]
3. [ACQUISITION: Ch1: Decimation "High res": "Resolution" tab: Record length 1kSa]
4. [MEAS: Setup : Main Measurement "Mean" : State On : Source "CH1"]
5. [CH1 1 MΩ DC]

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 1 МОм в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.2, а также соответствующее смещение на осциллографе $U_{см}$.

Таблица 8.2

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{K+}/V_{K-}(U_{см})$	Показания осциллографа, $V_{осц+}$	Показания осциллографа, $V_{осц-}$	Погрешность установки смещения $\Delta U_{см}$, мВ	Пределы погрешности, мВ
20 мВ/дел	± 1 В				± 8
200 мВ/дел	± 10 В				± 57,5
2 В/дел	± 100 В				± 552,5

Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Рассчитать погрешность установки смещения $\Delta U_{см}$, используя следующее соотношение:

$$\Delta U_{см} = V_{осц+} - V_{осц-}$$

где $V_{осц+}$, $V_{осц-}$ - показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения;

V_{K+} , V_{K-} - установленное на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом выключать уже проверенный канал.

Установить входное сопротивление 50 Ом, связь по постоянному току (DC).

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 50 Ом в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.3. Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Таблица 8.3

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{K+}/V_{K-}(U_{см})$	Показания осциллографа, $V_{осц+}$	Показания осциллографа, $V_{осц-}$	Погрешность установки смещения $\Delta U_{см}$, мВ	Пределы погрешности, мВ
1 мВ/дел	± 1 В				$\pm 6,1$
200 мВ/дел	± 3 В				± 33
1 В/дел	± 10 В				$\pm 137,5$

Рассчитать погрешность установки смещения $\Delta U_{см}$.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключать уже проверенный канал.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если диапазон установки смещения соответствует всем позициям, погрешность установки смещения находится в пределах, указанных в таблицах 8.2 и 8.3.

8.7 Определение времени нарастания переходной характеристики

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1, использовать формирователь 9550.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: 100 ps / div]
3. [MEAS: Setup : Main Measurement "Rise Time" : State On : Source Ch1]
4. [CH1: 50 Ω DC:Scale 100 mV/ div: ACQUISITION: "Average": Average Count 10]
5. [TRIGGER: Source: Ch1]

Включить на калибраторе режим проверки ПХ, импульс положительной полярности уровень 0,5 В, режим работы на нагрузку 50 Ом.

Регулируя уровень запуска, постоянное смещение, коэффициенты развертки и отклонения, добиться устойчивого отображения на экране осциллографа перепада напряжения положительной полярности. Записать измеренное значение в протокол как $\tau_{фр}$ [нс].

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключать уже проверенный канал.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если время нарастания переходной характеристики не превышает 76 пс.

8.8 Определение минимального уровня синхронизации от входов каналов осциллографа

Для проверки минимального уровня синхронизации от каналов осциллографа собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: Time scale 200 ps / div: Reference point 50%]
3. [CH1: 50 Ω DC: Scale 100 mV/div]

4. [TRIGGER: Source "CH1" : Level 0 V : Positive Slope]
5. [TRIGGER: NOISE REJECT: Hysteresis Mode "Manual": Absolut Hysteresis 0V]
6. [TRIGGER: MODE: "Normal"]

На калибраторе включить режим проверки АЧХ и установить частоту сигнала 6 ГГц. Уровень сигнала с выхода калибратора установить по осциллографу таким, чтобы размах сигнала занимал не менее 2 делений. Регулируя уровень запуска на осциллографе LEVEL добиться устойчивой синхронизации сигнала.

Уменьшая амплитуду сигнала на выходе калибратора и одновременно регулируя уровень запуска определить уровень сигнала (в делениях вертикальной шкалы), ниже которого запуск не выполняется. При необходимости визуальной идентификации наличия синхронизированного сигнала на экране использовать функцию масштабирования осциллографа.

Примечание - кнопка «TRIG`d» имеет зеленую подсветку в процессе непрерывной синхронизации и красную подсветку при остановке сбора данных.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключать уже проверенный канал.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если во всех каналах обеспечивается синхронизация по сигналу с размахом не более 0,1 дел.

8.9 Определение параметров генератора сигналов произвольной формы

Данная операция выполняется только при наличии опции В6.

Для определения диапазона и погрешности установки размаха синусоидального сигнала соединить выход встроенного в осциллограф генератора сигналов произвольной формы с входом вольтметра универсального НМ8112-3 через нагрузку 50 Ом.

На вольтметре НМ8112-3 установить режим измерения напряжения переменного тока.

На осциллографе RTO2064 установить режим генератора сигналов произвольной формы, канал 1, тип выходного сигнала – синусоидальный, частоту сигнала 1 кГц, размах напряжения 4 В на нагрузке 50 Ом.

Рассчитать погрешность установки напряжения по формуле:

$$\Delta U_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} - 2,83 \cdot U_{\text{вольт}}$$

где $U_{\text{ген}}$ – размах напряжения, установленный в генераторе осциллографа RTO,

$U_{\text{вольт}}$ – среднеквадратическое значение напряжения, измеренное вольтметром НМ8112-3.

Повторить измерения при размахе напряжения 10 мВ. Затем повторить измерения для канала 2.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если погрешность установки размаха напряжения не превышает $\pm(0,01 \cdot U_{\text{ген}} + 0,001 \text{ В})$.

Для определения неравномерности АЧХ к выходу генератора RTO-В6 подключить через переход преобразователь измерительный NRP-Z51.

На осциллографе RTO2064 установить режим генератора сигналов произвольной формы, канал 1, тип выходного сигнала – синусоидальный, частоту сигнала 1 кГц, размах напряжения 4 В на нагрузке 50 Ом.

На индикаторном блоке преобразователя установить частоту, на которой проводятся измерения. Считать показания преобразователя $P_{1\text{кГц}}$ в [дБ относительно 1 мВт]. Устанавливая частоты 100 кГц, 10 МГц, 30 МГц, 60 МГц, 80 МГц, 100 МГц, провести измерения мощности на выходе генератора P_f .

Рассчитать неравномерность АЧХ для каждой частоты:

$$\Delta P_{\text{ачх}} = P_f - P_{1\text{кГц}}$$

Повторить измерения для канала 2.

Осциллографы цифровые запоминающие RTO2064

Методика поверки РТ-МП-4222-441-2017

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает $\pm 0,1$ дБ для 100 кГц, $\pm 0,3$ дБ до 60 МГц и $\pm 0,5$ дБ до 100 МГц.

Для определения уровня фазового шума и гармонических искажений выход генератора RTO-B6 подключить к анализатору спектра FSW.

На осциллографе RTO2064 установить режим генератора сигналов произвольной формы, канал 1, тип выходного сигнала – синусоидальный, частоту сигнала 100 МГц, размах напряжения 1 В на нагрузке 50 Ом.

На анализаторе спектра с помощью маркера провести измерения уровня фазового шума и гармонических искажений выходного сигнала.

Повторить измерения для канала 2.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если уровень фазового шума и гармонических искажений не превышает значений, указанных в таблице 8.4.

Таблица 8.4

Наименование характеристики		Значение
Уровень гармонических искажений при размахе сигнала 1 В на частоте 100 МГц, дБ относительно несущей, не более		-30
Спектральная плотность фазового шума на частоте 100 МГц, дБ относительно несущей в полосе пропускания 1 Гц, не более	отстройка 1 кГц	-105
	отстройка 10 кГц	-110
	отстройка 100 кГц	-115

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

9.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

Знак поверки наносится на заднюю панель осциллографов цифровых запоминающих RTO2064 или на свидетельство о поверке в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 1815 от 02.07.2015.

9.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании, или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 1815 от 02.07.2015.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



С. Э. Баринов

Нач. сектора № 1 лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



Р. А. Осин