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

М.п.

«15» октября 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ОСЦИЛЛОГРАФЫ ЦИФРОВЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ RTP134, RTP164

Методика поверки

РТ-МП- 6414-441-2019

г. Москва
2019 г.

1 Общие указания

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок осциллографов цифровых запоминающих RTP134, RTP164 (далее осциллографы).

Интервал между поверками – 1 год.

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

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 по частоте внутреннего опорного генератора	7.4	+	+
Определение погрешности установки коэффициентов отклонения	7.5	+	+
Определение дополнительной относительной погрешности установки коэффициента отклонения осциллографа совместно с пробниками	7.6	+	+
Определение полосы пропускания	7.7	+	+
Определение полосы пропускания совместно с пробниками	7.8	+	+
Определение погрешности установки амплитуды импульса генератора перепада	7.9	+	+
Определение времени нарастания и спада импульса генератора перепада	7.10	+	+
Определение минимального уровня внутренней синхронизации	7.11	+	+

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку осциллографов цифровых запоминающих RTP134, RTP164 для меньшего числа измеряемых величин с соответствующей записью в свидетельстве о поверке:

- в части определения полосы пропускания (операция 7.7) в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты модели RTP134 осциллографа (13 ГГц);
- в части определения полосы пропускания совместно с пробниками (операция 7.8) в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты модели RTP134 осциллографа с пробником RT-ZM13 (8,5 ГГц);
- без определения метрологических характеристик опций B7 (операции 7.9, 7.10).

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

3 Средства поверки

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

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.

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	
1	2	3	4	5
7.4	Стандарт частоты	сигнал частотой 10 МГц	$\delta F \leq \pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG
7.4	Частотомер универсальный	сигнал частотой 10 МГц	$\delta F \leq \pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год	Частотомер универсальный CNT-90
7.7, 7.8	Ваттметр проходящей мощности СВЧ	от 10 МГц до 16 ГГц; от 10^{-2} до 10^{2} мВт	±2,5 %	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z28
7.3, 7.5, 7.6, 7.11	Калибратор осциллографов	Диапазон частот от 10 Гц до 3200 МГц Т: от 0,5 нс до 50 с Uпост: от 1 мВ до 200 В Uскз: от 25 мВ до 2 В	$\delta T \leq \pm 2{,}5 \cdot 10^{-7}$ δUпост ≤±0,025 % δUскз ≤ ±4 %	Калибратор осциллографов 9500B

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
7.7, 7.8	Генератор сигналов	от 100 кГц до 16 ГГц $P_{вых}$ от -50 до +10 дБ (1 мВт)	±1 дБ	Генератор сигналов СВЧ R&S SMF100A
7.9, 7.10	Осциллограф стробоскопический	Полоса пропускания 50 ГГц Время нарастания 8 пс U: до 2 В	±1 %	Осциллограф стробоскопический WaveExpert 100H с модулем SE-50

4 Требования безопасности

При проведении поверки осциллографа 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 осциллографом и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику.

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

Работать с осциллографом 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: «Осциллографы цифровые запоминающие RTP134, RTP164». Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать осциллограф 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 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.

Результаты выполнения операции считаются удовлетворительными, если выполняются вышеуказанные требования.

7.2 Идентификация программного обеспечения

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

Наименование и номер версии ПО должны соответствовать описанию ПО в технической документации на осциллограф.

7.3 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 выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1, калибратор подключить к входу канала 1 осциллографа.

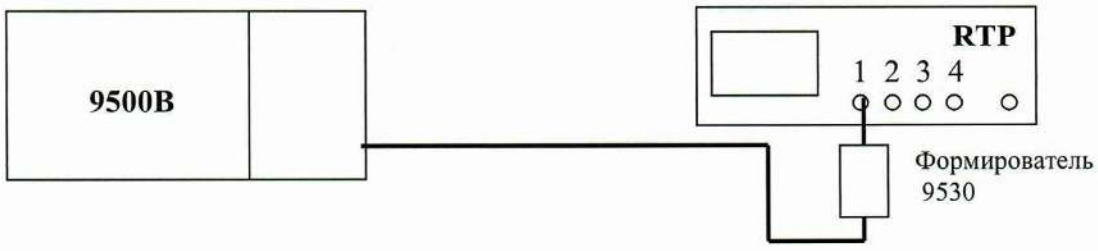

Рисунок 1

Установить на выходе калибратора последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой 1 В и частотой следования 1 кГц. На осциллографе нажать кнопку AUTOSET.

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

7.4 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90 и стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

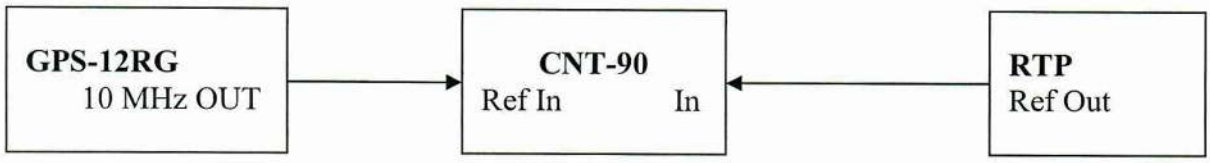

Рисунок 2

Измерить частоту опорного генератора осциллографа.

Относительную погрешность частоты вычислить по формуле 1:

$$\delta f = (F_{изм} - F_{ном})/ F_{ном}, \qquad (1)$$

где $F_{ном}$ – установленное значение частоты, Гц (10 МГц);

$F_{изм}$ – измеренное значение частоты, Гц.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если действительное значение относительной погрешности частоты опорного генератора не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

7.5 Определение погрешности установки коэффициентов отклонения

Определение погрешности установки коэффициентов отклонения проводят методом прямых измерений с помощью калибратора осциллографов 9500B

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, калибратор подключить к входу канала 1 осциллографа.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]
3. [Ch1: Acquisition: Mode "High res":"Resolution"]
4. [MEAS: Add/Remove Meas "Mean" : State On : Source "CH1"]

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 50 Ом, равное 4,5·КО на всех значениях коэффициента отклонения осциллографа, указанных в таблице 3.

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

Рассчитать погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, по формуле 2:

$$\delta K_{откл} = \left(\frac{V_{ОСЦ+} - V_{ОСЦ-}}{V_{К+} - V_{К-}} - 1 \right) \cdot 100, \qquad (2)$$

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

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

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

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если погрешность коэффициентов отклонения находится в пределах, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{К+}$/ $V_{К-}$,	Показания осциллографа, мВ		Погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, %	Пределы допускаемой погрешности $K_{откл}$, %
		$V_{ОСЦ+}$	$V_{ОСЦ-}$		
2 мВ/дел	±9 мВ				±2,0
4 мВ/дел	±18 мВ				±2,0
5 мВ/дел	±22,5 мВ				±1,5
10 мВ/дел	±45 мВ				±1,5
20 мВ/дел	±90 мВ				±1,5
40 мВ/дел	±180 мВ				±1,5
100 мВ/дел	±450 мВ				±1,5
200 мВ/дел	±0,9 В				±1,5
400 мВ/дел	±1,8 В				±1,5
1 В/дел	±4,5 В				±1,5

7.6 Определение погрешности установки коэффициентов отклонения совместно с пробниками (при наличии пробника RT-ZM130 или RT-ZM160)

Определение погрешности установки коэффициентов отклонения совместно с пробниками проводят методом прямых измерений с помощью калибратора осциллографов 9500B

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1. Выход калибратора 9500B подключить к входу канала 1 осциллографа через модуль SMA RT-ZMA40 и пробник RT-ZM13 или RT-ZM16. К входу положительной полярности (+) модуля SMA RT-ZMA40 подключить пробник. К входу отрицательной полярности (-) модуля RT-ZMA40 подключить согласованную СВЧ нагрузку 50 Ом из комплекта калибровочного набора ZV-Z235.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]
3. [Ch1: Acquisition: Mode "High res":"Resolution"]
4. [Ch1: Probe Setup: Probe Mode P: Probe Deembedding RT-ZMA40]
5. [Ch1: Digital Filter Setup: Use DSP filter: Cut off 100 kHz]
6. [MEAS: Add/Remove Meas "Mean" : State On : Source "CH1"]

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 50 Ом, равное 4,5·КО на всех значениях коэффициента отклонения осциллографа, указанных в таблице 4.

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

Рассчитать погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$ по формуле 2.

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

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если погрешность коэффициентов отклонения находится в пределах, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{К+}$/ $V_{К-}$,	Показания осциллографа, мВ		Погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, %	Пределы допускаемой погрешности $K_{откл}$, %
		$V_{ОСЦ+}$	$V_{ОСЦ-}$		
5 мВ/дел	±22,5 мВ				±2,0
10 мВ/дел	±45 мВ				±2,0
20 мВ/дел	±90 мВ				±2,0
40 мВ/дел	±180 мВ				±2,0
100 мВ/дел	±450 мВ				±2,0
200 мВ/дел	±0,9 В				±2,0
400 мВ/дел	±1,8 В				±2,0
500 мВ/дел	±2,25 В				±2,0

7.7 Определение полосы пропускания

Определение полосы пропускания проводят путём определения неравномерности АЧХ осциллографа с помощью ваттметра проходящей мощности СВЧ и генератора сигналов СВЧ R&S SMF100A, который используется в качестве источника синусоидального сигнала.

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3.

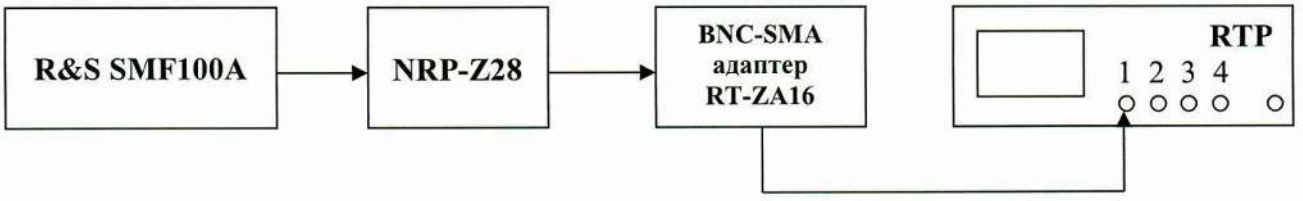

Рисунок 3

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [VERTICAL: 100 mV / div]
3. [HORIZONTAL: 100 ns / div]
4. [Ch1: Acquisition: Mode "High res":"Resolution"]
5. [MEAS: Meas Group: Add/Remove Meas "Amplitude" : State On : Source "CH1"]

Установить на выходе генератора частоту 10 МГц, уровень 6 дБ относительно 1 мВт, ввести в ваттметр значение частоты проведения измерений. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z28 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения напряжения по показаниям осциллографа U_o.

Установить на выходе генератора верхнюю граничную частоту полосы пропускания поверяемого осциллографа в соответствии с таблицей 5. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z28 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения напряжения по показаниям осциллографа $U_н$.

Таблица 5

Тип осциллографа	Полоса пропускания, ГГц
RTP134	13 ГГц
RTP164, RTP134 с опцией B1316	16 ГГц

Рассчитать значение неравномерности АЧХ ΔU, по формуле 3:

$$\Delta U = 20 \log (U_н / U_o), \text{ дБ.} \quad (3)$$

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

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если неравномерность АЧХ не превышает ±3 дБ.

7.8 Определение полосы пропускания совместно с пробниками (при наличии пробника RT-ZM13 или RT-ZM16)

Определение полосы пропускания совместно с пробниками проводят путём определения неравномерности АЧХ осциллографа с помощью ваттметра проходящей мощности СВЧ NRP-Z28 и генератора сигналов СВЧ R&S SMF100A, который используется в качестве источника синусоидального сигнала.

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4, подключив NRP-Z28 к входу канала 1 осциллографа через модуль SMA RT-ZMA40 и пробник RT-ZM13 или RT-ZM16. К входу положительной полярности (+) модуля SMA RT-ZMA40 подключить пробник. К входу отрицательной полярности (-) модуля RT-ZMA40 подключить согласованную СВЧ нагрузку 50 Ом из комплекта калибровочного набора ZV-Z235.

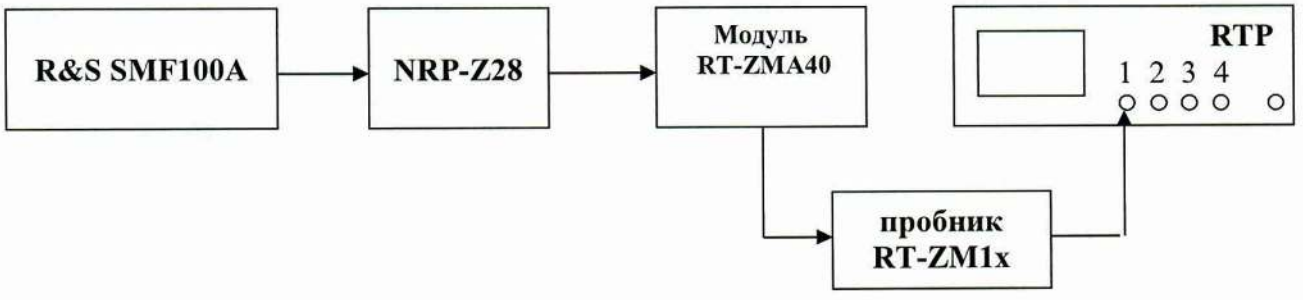

Рисунок 4.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [VERTICAL: 100 mV / div]
3. [HORIZONTAL: 100 ns / div]
4. [Ch1: Acquisition: Waveform arithmetic "Average"]
5. [Ch1: Probe Setup: Probe Mode P: Probe Deembedding RT-ZMA40]
6. [MEAS: Meas Group: Add/Remove Meas "RMS" : State On : Source "CH1"]

Установить на выходе генератора частоту 10 МГц, уровень 6 дБ относительно 1 мВт, ввести в ваттметр значение частоты проведения измерений. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z28 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения напряжения по показаниям осциллографа U_o.

Установить на выходе генератора верхнюю граничную частоту полосы пропускания поверяемого осциллографа в соответствии с таблицей 5. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z28 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения напряжения по показаниям осциллографа $U_н$.

Таблица 5

Тип осциллографа	Полоса пропускания, ГГц
RTP134 с пробником RT-ZM13	8,5 ГГц
RTP164 с пробником RT-ZM16	10,5 ГГц

Рассчитать значение неравномерности АЧХ ΔU по формуле 3.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если неравномерность АЧХ не превышает ±3 дБ.

7.9 Определение погрешности установки амплитуды импульсов генератора перепада (при наличии опции В7)

Определение погрешности установки амплитуды импульсов генератора перепада проводят методом прямых измерений с помощью осциллографа стробоскопического WaveExpert 100H с модулем SE-50.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 5, вход осциллографа WaveExpert 100H подключить к выходу Out генератора перепада поверяемого осциллографа, вход Trigger осциллографа WaveExpert 100H к выходу Ref генератора перепада поверяемого осциллографа.

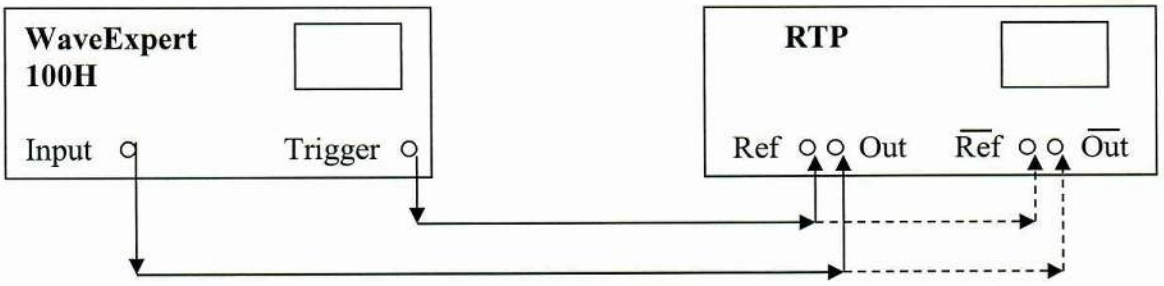

Рисунок 5.

Выполнить следующие установки поверяемого осциллографа:

1. [PRESET]
2. [Pulse Src: Repetition rate 1 MHz : Duty cycle 50 %]

Установить амплитуду импульсов генератора перепада U = 200 мВ:

Pulse Src: Output level -200 mV

Измерить амплитуду импульсов в режиме автоматических измерений осциллографа WaveExpert 100H.

Повторить измерения для амплитуды импульсов U = 50 мВ и выходов генератора перепада обратной полярности.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если погрешность установки амплитуды импульсов генератора перепада не превышает ±(0,02·U +15) мВ.

7.10 Определение времени нарастания и спада импульсов генератора перепада (при наличии опции В7)

Определение времени нарастания и спада импульсов генератора перепада проводят методом прямых измерений с помощью осциллографа стробоскопического WaveExpert 100H с модулем SE-50.

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 5.

Выполнить следующие установки поверяемого осциллографа:

[Pulse Src: Output level -200 mV : Repetition rate 10 MHz]

Измерить время нарастания и спада импульсов генератора перепада $\tau_{изм}$ в режиме автоматических измерений осциллографа WaveExpert 100H. Время нарастания и спада поверяемого осциллографа определить по формуле 4:

$$\tau = \sqrt{(\tau_{изм}^2 - \tau_{WE}^2)}\ , \qquad (4)$$

где τ_{WE} собственное время нарастания осциллографа WaveExpert 100H (8 пс).

Повторить измерения для выходов генератора перепада обратной полярности.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если полученные значения времени нарастания и спада импульсов генератора перепада не превышают 26 пс.

7.11 Определение минимального уровня внутренней синхронизации осциллографа

Определение минимального уровня внутренней синхронизации осциллографа проводят методом прямых измерений с помощью калибратора осциллографов 9500B.

Выполнить соединение средств измерений СИ в соответствии со схемой, приведённой на с рисунком 1, калибратор подключить к входу канала 1 осциллографа.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. [HORIZONTAL: Time scale 200 ps / div: Reference point 50%]

3. [CH1: Scale 100 mV/div]

4. [TRIGGER: Source "CH1" : Level 0 V : Positive Slope]

5. [TRIGGER: NOISE REJECT: Hysteresis Mode “Manual”: Absolute Hysteresis 0V]

6. [TRIGGER: MODE: “Normal”]

На калибраторе включить режим проверки АЧХ и установить частоту сигнала 3 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 данной операции считаются удовлетворительными, если во всех каналах обеспечивается синхронизация по сигналу с размахом не более 0,1 дел.

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» А. С. Фефилов

Начальник сектора № 1 лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва» А. И. Иванов