

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ –

**Заместитель генерального
директора**

ФБУ «Ростест-Москва»

А.С. ЕВДОКИМОВ

2012 г.



**Осциллографы цифровые запоминающие
RTO1002, RTO1004, RTO1044**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП РТ 1741-2012**

Начальник лаборатории №441
ФБУ «Ростест-Москва»

В. М. Барабанщиков

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

Р. А. Осин

г. Москва
2012 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на осциллографы цифровые запоминающие RTO1002, RTO1004, RTO1044 (далее – осциллографы), изготавливаемые фирмой «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

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	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	+	+
2 Опробование	8.2	+	+
3 Определение погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	8.3	+	+
4 Определение диапазона и погрешности установки коэффициентов отклонения	8.4	+	+
5 Определение диапазона и погрешности установки постоянного смещения	8.5	+	+
6 Определение полосы пропускания	8.6	+	+
7 Определение минимального уровня синхронизации от входов каналов осциллографа и входа внешнего запуска	8.7	+	-

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Наименование и тип основных и вспомогательных средств поверки	Основные технические характеристики	
	пределы измерения	погрешность
Стандарт частоты рубидиевый GSP-12RR	5 МГц, 10 МГц	годовая нестабильность $\pm 5 \cdot 10^{-10}$
Частотомер ЧЗ-64	от 0,001 Гц до 1000 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-7}$
Калибратор осциллографов Fluke 9500B/3200 с формирователями 9530, 9550	Упост: от 1 мВ до 200 В $\tau_{\text{фр}}$: не более 25 пс	$\pm 0,025 \%$

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

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, °C 23 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15 ;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 100 ± 4 (750 ± 30);
- параметры питания от сети переменного тока:
 - напряжение, В $220 \pm 4,4$;
 - частота, 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 наверяемый 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.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 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 внешнего осмотра считать положительными, если комплектность осциллографа соответствует требованиям ТД, внешний вид осциллографа соответствует требованиям в п. 8.1.1.

8.2 Опробование

8.2.1 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.

8.2.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

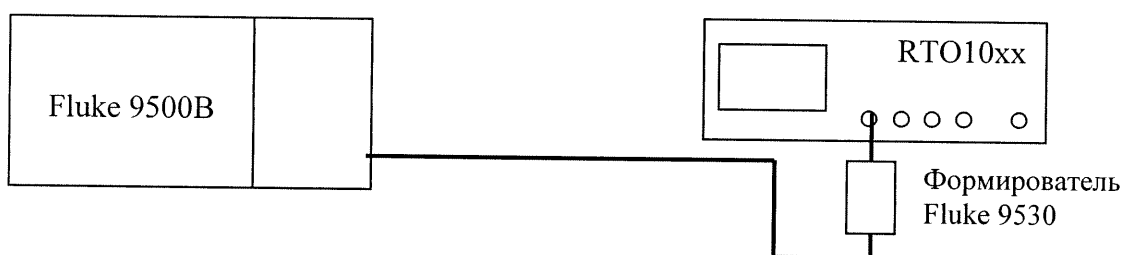


Рисунок 1 - Схема проверки работоспособности и определения погрешности коэффициентов отклонения и погрешности постоянного смещения

8.2.3 Установить на выходе калибратора последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой 1 В при работе на нагрузку 1 МОм и частотой следования 1 кГц.

8.2.4 На осциллографе нажать кнопку AUTOSCALE.

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

8.2.6 Результаты опробования считать положительными, если в процессе загрузки отсутствуют сообщения о неисправности, на экране осциллографа наблюдается меандр амплитудой 1 В и частотой следования 1 кГц, органы управления исправно работают.

8.3 Определение погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

8.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2.

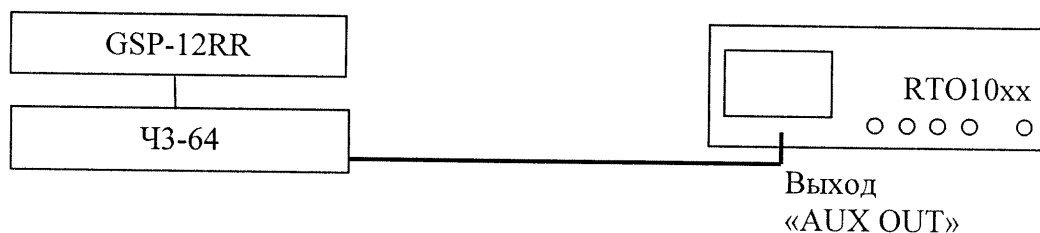


Рисунок 2 - Схема определения погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

8.3.2 Установить на выходе AUX OUT сигнал частотой $F_{уст} = 1$ ГГц, для этого в меню HORIZONTAL: Reference: AUX OUT отметить «1 GHz Reference ON».

8.3.3 Записать показания частотомера $F_{изм}$ в протокол.

8.3.4 Рассчитать относительную погрешность по частоте внутреннего опорного генератора по формуле (1):

$$\delta F = (F_{уст} - F_{изм})/F_{уст}, \quad (1)$$

где $F_{уст}$ - установленная частота;

$F_{изм}$ - показания частотомера.

8.3.5 Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность по частоте внутреннего опорного генератора находится в пределах $\pm 10 \cdot 10^{-6}$ для осциллографа без установленной опции RTO-B4 и в пределах $\pm 0,2 \cdot 10^{-6}$ для осциллографа с установленной опцией RTO-B4.

8.4 Определение диапазона и погрешности установки коэффициентов отклонения

8.4.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

8.4.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- провести сброс настроек, нажав кнопку PRESET;
- в меню Acquisition выбрать Decimation Mode «High res» и ввести объем памяти на канал 1000 отсчетов (Record length 1 kSa);
- установить входное сопротивление 1 МОм, связь по постоянному току (DC).

8.4.3 Включить на осциллографе функцию автоматического измерения среднего значения напряжения (mean).

8.4.4 Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока при нагрузке на 1 МОм в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.1.

8.4.5 Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать в таблицу 8.1 как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Таблица 8.1

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{к+}/V_{к-}$	Показания осциллографа, $V_{осц+}$	Показания осциллографа, $V_{осц-}$	Погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}, \%$	Пределы погрешности, %
1 мВ/дел	$\pm 4,5$ мВ				$\pm 2,0$
3 мВ/дел	$\pm 13,5$ мВ				$\pm 2,0$
3,2 мВ/дел	$\pm 14,5$ мВ				$\pm 2,0$
10 мВ/дел	± 45 мВ				$\pm 1,5$
11 мВ/дел	± 50 мВ				$\pm 1,5$
10 мВ/дел	± 135 мВ				$\pm 1,5$
32 мВ/дел	± 145 мВ				$\pm 1,5$
70 мВ/дел	± 320 мВ				$\pm 1,5$
100 мВ/дел	± 450 мВ				$\pm 1,5$
110 мВ/дел	± 500 мВ				$\pm 1,5$
300 мВ/дел	$\pm 1,35$ В				$\pm 1,5$
320 мВ/дел	$\pm 1,45$ В				$\pm 1,5$
1 В/дел	$\pm 4,5$ В				$\pm 1,5$
1,1 В/дел	± 5 В				$\pm 1,5$
3 В/дел	$\pm 13,5$ В				$\pm 1,5$
3,2 В/дел	$\pm 14,5$ В				$\pm 1,5$
10 В/дел	± 40 В				$\pm 1,5$

8.4.6 Рассчитать погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, используя следующее соотношение (2):

$$\delta K_{откл} = \left(\frac{V_{осц+} - V_{осц-}}{V_{K+} - V_{K-}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (2)$$

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.

8.4.7 Повторить п.п. 8.4.4 - 8.4.6 для остальных каналов осциллографа, при этом выключить проверенный канал.

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

8.4.9 Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока при нагрузке на 50 Ом в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.2.

8.4.10 Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения записать в таблицу 8.2 как $V_{осц+}$ и $V_{осц-}$ соответственно.

Таблица 8.2

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, V_{K+}/V_{K-}	Показания осциллографа, $V_{осц+}$	Показания осциллографа, $V_{осц-}$	Погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, %	Пределы погрешности, %
1 мВ/дел	± 4,5 мВ				± 2,0
3 мВ/дел	± 13,5 мВ				± 2,0
3,2 мВ/дел	± 14,5 мВ				± 2,0
10 мВ/дел	± 45 мВ				± 1,5
11 мВ/дел	± 50 мВ				± 1,5
10 мВ/дел	± 135 мВ				± 1,5
32 мВ/дел	± 145 мВ				± 1,5
70 мВ/дел	± 320 мВ				± 1,5
100 мВ/дел	± 450 мВ				± 1,5
110 мВ/дел	± 500 мВ				± 1,5
175 мВ/дел	± 790 мВ				± 1,5
180 мВ/дел	± 810 мВ				± 1,5
300 мВ/дел	± 1,35 В				± 1,5
320 мВ/дел	± 1,45 В				± 1,5
560 мВ/дел	± 2,5 В				± 1,5
570 мВ/дел	± 2,6 В				± 1,5
1 В/дел	± 4,5 В				± 1,5

8.4.11 Рассчитать погрешность коэффициента отклонения $\delta K_{откл}$, по формуле (2).

8.4.12 Повторить п.п. 8.4.9 - 8.4.11 для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить проверенный канал.

8.4.13 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки коэффициентов отклонения соответствует всем позициям таблиц 8.1, 8.2 погрешность коэффициентов отклонения находится в пределах, указанных в таблицах 8.1, 8.2.

8.5 Определение диапазона и погрешности установки постоянного смещения

8.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

8.5.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- провести сброс настроек, нажав кнопку PRESET;
- установить коэффициент развертки 10 мс/дел;
- в меню Acquisition выбрать Decimation Mode «High res» и ввести объем памяти на канал 1000 отсчетов (Record length 1 kSa);
- установить входное сопротивление 1 МОм, связь по постоянному току (DC).

8.5.3 Включить на осциллографе функцию автоматического измерения среднего значения напряжения (mean).

8.5.4 Последовательно установить на выходе калибратора напряжение постоянного тока V_K при нагрузке на 1 МОм в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.3. На осциллографе установить то же значение постоянного смещения $V_{CM} = V_K$.

8.5.5 Показания осциллографа записать в таблицу 8.3 как $V_{ОСЦ}$.

Таблица 8.3

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора и установленное постоянное смещение, $V_K = V_{CM}$	Показания осциллографа, $V_{ОСЦ}$	Погрешность установки постоянного смещения ΔV_{CM} , мВ	Пределы погрешности, мВ
3 мВ/дел	0			$\pm 2,8$
	1 В			$\pm 6,3$
	- 1 В			
10 мВ/дел	0			$\pm 3,5$
	1 В			± 7
	- 1 В			
30 мВ/дел	0			$\pm 5,5$
	0,5 В			$\pm 7,25$
	- 0,5 В			
100 мВ/дел	0			$\pm 12,5$
	0,5 В			$\pm 14,25$
	- 0,5 В			
300 мВ/дел	0			$\pm 32,5$
	5 В			± 50
	- 5 В			
1 В/дел	0			$\pm 102,5$
	5 В			± 120
	- 5 В			
3 В/дел	0			$\pm 302,5$
	40 В			$\pm 442,5$
	- 40 В			
10 В/дел	0			$\pm 1002,5$
	40 В			$\pm 1142,5$
	- 40 В			

8.5.6 Рассчитать абсолютную погрешность установки постоянного смещения ΔV_{CM} , используя следующее соотношение (3):

$$\Delta V_{CM} = V_K - V_{ОСЦ}, \quad (3)$$

где V_K - установленное на выходе калибратора напряжение постоянного тока;

$V_{ОСЦ}$ - показания осциллографа.

8.5.7 Повторить п.п. 8.5.4 - 8.5.6 для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить проверенный канал.

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

8.5.9 Последовательно установить на выходе калибратора напряжение постоянного тока V_K при нагрузке на 50 Ом в соответствии со вторым столбцом таблицы 8.4. На осциллографе установить то же значение постоянного смещения $V_{CM} = V_K$.

8.5.10 Показания осциллографа записать в таблицу 8.4 как $V_{ОСЦ}$.

Таблица 8.4

Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора и установленное постоянное смещение, $V_K = V_{CM}$	Показания осциллографа, $V_{ОСЦ}$	Погрешность установки постоянного смещения ΔV_{CM} , мВ	Пределы погрешности, мВ
3 мВ/дел	0			± 2,8
	1 В			± 6,3
	- 1 В			
10 мВ/дел	0			± 3,5
	1 В			± 7,0
	- 1 В			
30 мВ/дел	0			± 5,5
	1 В			± 9,0
	- 1 В			
100 мВ/дел	0			± 12,5
	1 В			± 16
	- 1 В			
150 мВ/дел	0			± 17,5
	3 В			± 28
	- 3 В			
300 мВ/дел	0			± 32,5
	3 В			± 43
	- 3 В			
500 мВ/дел	0			± 52,5
	5 В			± 70
	- 5 В			
1 В/дел	0			± 102,5
	5 В			± 120
	- 5 В			

8.5.11 Рассчитать абсолютную погрешность установки постоянного смещения ΔV_{CM} , по формуле (3).

8.5.12 Повторить п.п. 8.5.9 - 8.5.11 для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить проверенный канал.

8.5.13 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки постоянного смещения соответствует всем позициям таблиц 8.3, 8.4 погрешность установки постоянного смещения находится в пределах, указанных в таблицах 8.3, 8.4.

8.6 Определение полосы пропускания

8.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1, заменив формирователь 9530 на 9550.

8.6.2 Выполнить следующие установки осциллографа:

- провести сброс настроек, нажав кнопку PRESET;
- установить коэффициент развертки 25 пс/дел;
- установить коэффициент отклонения 50 мВ/дел;
- в меню Acquisition выбрать режим усреднений (Average: «Average Count 10»), количество усреднений 10.

- установить входное сопротивление 50 Ом, связь по постоянному току (DC);

- установить источник запуска «канал 1», запуск по фронту положительной полярности.

8.6.3 Включить на калибраторе режим калибратора ПХ, время нарастания 25 пс.

8.6.4 Регулируя уровень запуска, постоянное смещение, коэффициенты развертки и отклонения, добиться устойчивого отображения на экране осциллографа перепада напряжения положительной полярности. Изображение перепада напряжение должно занимать не менее 4 дел по вертикали.

8.6.5 Включить на осциллографе функцию автоматического измерения длительности фронта и записать измеренное значение в протокол как $\tau_{фр.изм.}$ [нс].

8.6.6 Рассчитать время нарастания переходной характеристики по формуле (4):

$$\tau_{ПХ} = \sqrt{\tau_{фр.изм.}^2 - \tau_{им}^2}, \quad (4)$$

где $\tau_{фр.изм.}$ - измеренная длительность фронта;

$\tau_{им} = 25$ пс – длительность фронта испытательного импульса.

8.6.7 Рассчитать верхнюю граничную частоту полосы пропускания по формуле (5):

$$f_{в.гр.} [ГГц] = \frac{0,35}{\tau_{ПХ} [нс]} \text{ для RTO1002, RTO1004,}$$
$$f_{в.гр.} [ГГц] = \frac{0,4}{\tau_{ПХ} [нс]} \text{ для RTO1044} \quad (5)$$

где $\tau_{ПХ}$ - измеренное значение времени нарастания переходной характеристики.

8.6.8 Повторить п.п. 8.6.2 - 8.6.7 для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить проверенный канал.

8.6.9 Результаты поверки считать положительными, если значение верхней граничной частоты полосы пропускания во всех каналах осциллографа не менее 0,6 ГГц для моделей RTO1002, RTO1004 и не менее 4 ГГц для RTO1044.

Примечание - определение полосы пропускания допускается проводить с использованием генератора(-ов) гармонических сигналов, при этом результаты поверки считать положительными, если отношение АЧХ осциллографа на верхней граничной частоте полосы пропускания к АЧХ на опорной частоте 50 МГц находится в пределах ± 3 дБ.

8.7 Определение минимального уровня синхронизации от входов каналов осциллографа и входа внешнего запуска

8.7.1 Для проверки минимального уровня синхронизации от каналов осциллографа собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

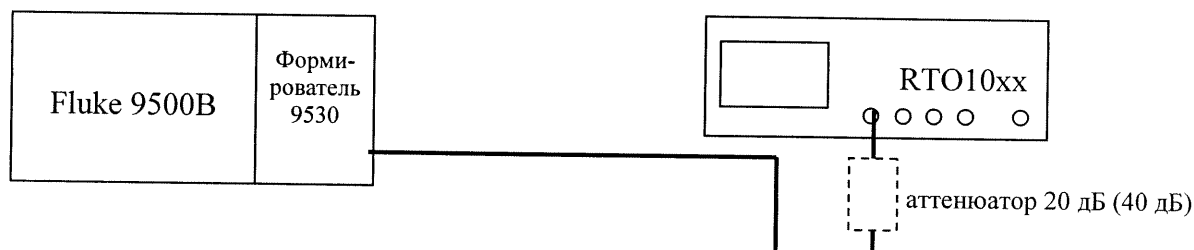


Рисунок 3 - Схема определения минимального уровня синхронизации от входов каналов осциллографа

8.7.2 Установить входное сопротивление 50 Ом, связь по постоянному току (DC). Установить ждущий режим синхронизации (Mode, Normal).

8.7.3 Установить на выходе калибратора режим проверки АЧХ, сигнал частотой:

- 0,6 ГГц для моделей RTO1002, RTO1004;

- 3 ГГц для RTO1044

с амплитудой в соответствии с таблицей 8.5.

8.7.4 Установить коэффициент отклонения в соответствии с таблицей 8.5.

8.7.5 Регулируя уровень запуска добиться устойчивой синхронизации сигнала.

8.7.6 Уменьшая амплитуду сигнала на выходе калибратора и одновременно регулируя уровень запуска определить уровень сигнала (в делениях вертикальной шкалы), ниже которого запуск не выполняется.

Примечание - кнопка «RUN CONT» имеет зеленую подсветку в процессе непрерывной синхронизации и красную подсветку при остановке сбора данных.

Таблица 8.5.

Установленный коэффициент отклонения	Начальная амплитуда сигнала на выходе калибратора	Включенный в схему аттенюатор	Уровень синхронизации, при котором обеспечивается запуск, дел	Допускаемый минимальный уровень синхронизации, дел
1 В/дел	100 мВ	нет		0,1
500 мВ/дел	500 мВ	20 дБ		0,1
200 мВ/дел	200 мВ	20 дБ		0,1
100 мВ/дел	100 мВ	20 дБ		0,1
50 мВ/дел	50 мВ	20 дБ		0,1
20 мВ/дел	20 мВ	20 дБ		0,1
10 мВ/дел	10 мВ	20 дБ		0,1
5 мВ/дел	50 мВ	40 дБ		0,1
2 мВ/дел	20 мВ	40 дБ		0,1
1 мВ/дел	10 мВ	40 дБ		0,1

8.7.8 Повторить п.п. 8.7.3 - 8.7.6 для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить проверенный канал.

8.7.9 Для проверки минимального уровня синхронизации от входа внешнего запуска собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

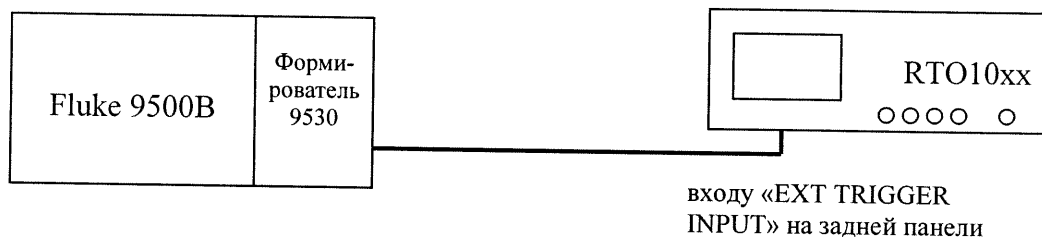


Рисунок 4 - Схема определения минимального уровня синхронизации от входа внешнего запуска

8.7.10 Установить входное сопротивление 50 Ом, связь по постоянному току (DC). Установить ждущий режим синхронизации (Mode, Normal), источник синхронизации – вход внешнего запуска (Source, Ext).

8.7.11 Установить на выходе калибратора режим проверки АЧХ, сигнал частотой:

- 0,6 ГГц для моделей RTO1002, RTO1004;

- 3 ГГц для RTO1044

с амплитудой 300 мВ.

8.7.12 Регулируя уровень запуска добиться устойчивой синхронизации. В любом канале должна отображаться изменяющаяся шумовая линия развертки.

8.7.13 Уменьшая амплитуду сигнала на выходе калибратора и одновременно регулируя уровень запуска определить уровень сигнала (в мВ по показаниям калибратора), ниже которого запуск не выполняется.

8.7.14 Результаты поверки считать положительными, если во всех каналах обеспечивается синхронизация по сигналу с амплитудой не более допускаемого значения, указанного в таблице 8.5, при синхронизации от входа внешнего запуска - по сигналу с амплитудой не более 300 мВ.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

9.2 При положительных результатах поверки на прибор выдается "Свидетельство о поверке" установленного образца.

9.3 При отрицательных результатах поверки на прибор выдается "Извещение о непригодности" установленного образца с указанием причин непригодности.