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»)

СОГЛАСОВАНО
Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»

_____ А.Д. Меньшиков

М.п.

«30» июля 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ОСЦИЛЛОГРАФЫ ЦИФРОВЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ RTO6

Методика поверки

РТ-МП-493-441-2021

г. Москва
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на осциллографы цифровые запоминающие RTO6 (далее – осциллографы) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

Поверка осциллографов цифровых запоминающих RTO6 может осуществляться только аккредитованным, на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом, в соответствии с его областью аккредитации.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых осциллографов цифровых запоминающих RTO6 к государственным первичным эталоном единиц величин:

- к ГЭТ 1-2018 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Приказом Росстандарта от 31.07.2018 года № 1621 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты";
- к ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 30.12.2019 года № 3461 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц";
- ГЭТ 182-2010 «Государственный первичный специальный эталон единицы импульсного электрического напряжения с длительностью импульса от $4 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с» в соответствии с Приказом Росстандарта от 30.12.2019 года № 3463 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения";
- ГЭТ 89-2008 «Государственный первичный специальный эталон единицы электрического напряжения в диапазоне частот от 10 до $3 \cdot 10^{7}$ Гц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 29.05.2018 № 1053 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^{9}$ Гц".

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 – 10.11 применяется метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Идентификация программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	10.1	Да	Да
Определение относительной погрешности установки коэффициентов отклонения и абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения	10.2	Да	Да
Определение абсолютной погрешности установки постоянного смещения	10.3	Да	Да
Определение полосы пропускания	10.4	Да	Да
Определение минимального уровня внутренней синхронизации	10.5	Да	Нет
Генератор сигналов произвольной формы (опция В6)			
Определение абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала	10.6	Да	Да
Определение неравномерности АЧХ	10.7	Да	Да
Определение уровня гармонических искажений	10.8	Да	Нет
Генератор импульсных сигналов (опция В7)			
Определение абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов	10.9	Да	Да
Определение времени нарастания и спада импульсов	10.10	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку осциллографов цифровых запоминающих RTO6 для меньшего числа измеряемых величин:

- в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты любой из опций полос пропускания осциллографа (0,6; 1; 2; 3; 4 ГГц) в части операций по пункту 10.5;
- без определения метрологических характеристик опции В6 (операций по пунктам 10.7 – 10.9);
- без определения метрологических характеристик опции В7 (операций по пунктам 10.10 и 10.11).

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

– температура окружающей среды, °С .....от 15 до 25;

– относительная влажность воздуха, % .....от 30 до 80;

– атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) .....от 84 до 106 (от 630 до 795);

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки осциллографов цифровых запоминающих RTO6 допускаются специалисты:

- имеющие высшее образование или дополнительное профессиональное образование по специальности и (или) направлению подготовки, соответствующему области аккредитации («метрология» и (или) «радиоизмерения»);
- имеющие опыт работы по обеспечению единства измерений в области аккредитации, не менее трех лет;
- освоившие работу с осциллографами и применяемыми средствами поверки;
- изучившие настоящую методику.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки осциллографов цифровых запоминающих RTO6 применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

5.2 Вместо указанных в таблице средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны единиц величин и средства измерений, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, применяемые средства поверки утверждённого типа СИ в качестве эталонов единиц величин должны быть исправны и поверены с присвоением соответствующего разряда, по требованию государственных поверочных схем.

5.4 Применяемые эталоны единиц величин не утверждённого типа СИ должны быть аттестованы и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 года №734 (с изменениями на 21 октября 2019 года) с присвоением соответствующего разряда, по требованию государственных поверочных схем.

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
10.1	Стандарт частоты	Сигнал с частотой 10 МГц	Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта № 1621 от 31.07.2018	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG
10.1	Частотомер универсальный	Сигнал с частотой 10 МГц	Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта № 1621 от 31.07.2018	Частотомер универсальный CNT-90

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
8.2, 10.2 – 10.3	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	Рабочий эталон 1 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3463	Калибратор осциллографов 9500B
10.4	Ваттметр проходящей мощности СВЧ	Диапазон частот от 100 кГц до 6 ГГц; Динамический диапазон от 10^{-2} до 10^{2} мВт	Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461	Ваттметр проходящей мощности СВЧ NRP-Z98
10.4, 10.5	Генератор сигналов	Диапазон частот от 100 кГц до 6 ГГц Уровень выходного сигнала от -50 до +10 дБ (1 мВт)	±1 дБ	Генератор сигналов SMA100B с опцией B106
10.6	Вольтметр универсальный	Сигнал с частотой 1 кГц Уровень измеряемого постоянного напряжения: от 0,01 до 4 В	Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта от 29.05.2018 № 1053	Мультиметр цифровой Fluke 8846A
10.7	Измеритель мощности	Диапазон частот от 100 кГц до 6 ГГц Динамический диапазон от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^{2} мВт	Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T
10.8	Анализатор спектра	Диапазон частот от 10 кГц до 200 МГц Динамический диапазон от -130 до +20 дБ (1 мВт) гармонические искажения ≤ -75 дБ относительно несущей	±0,4 дБ	Анализатор фазового шума FSWP50 с опцией B1
10.9, 10.10	Осциллограф стробоскопии-ческий	Полоса пропускания 50 ГГц Время нарастания 8 пс U: до 2 В	Рабочий эталон 1 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3463	Осциллограф стробоскопи-ческий WaveExpert 100H с модулем SE-50
10.1 – 10.10	Термо-гигрометр	от - 10 °С до + 60 °С от 10 % до 95 %	±0,4 °С ±3 %	Прибор комбинирован-ный Testo 622

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

– общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

– «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 года № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средство измерений.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие осциллографов следующим требованиям:

- внешний вид средства измерений должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данное средство измерений;
- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер средства измерений;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данное средство измерений.
- наружная поверхность средства измерений не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу средства измерений и его органов управления;
- разъемы средства измерений должны быть чистыми;
- комплектность средства измерений должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Установленный факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке не является критерием неисправности средства измерения и носит информативный характер для производителя средства измерений и сервисных центров, осуществляющих ремонт.

Факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке фиксируется в протоколе поверки в соответствующем разделе.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки средства измерений на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Осциллографы цифровые запоминающие RTO6». Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать средство измерений во включенном состоянии не менее 30 минут.

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

8.2 Опробование

Подготовить осциллограф к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверить отсутствие сообщений о неисправности или ошибках в процессе загрузки осциллографа. Проверить работоспособность ЖКИ, диапазон перемещения линии развертки по вертикали.

Запустить процедуру внутренней калибровки, нажав клавиши: **Menu → Settings → Maintenance → Alignment + SelfTest.**

Результаты опробования считать удовлетворительными, если после включения и прохождения внутреннего теста не возникают сообщения об ошибках.

9 Идентификация программного обеспечения

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения осциллографа отображаются при нажатии клавиши **Menu → Settings → System → About**

Номер версии ПО должен соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

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

Относительную погрешность по частоте внутреннего опорного генератора на частоте 10 МГц определить путем измерения сигнала внутренней опорной частоты Fном равной 10 МГц на задней панели осциллографа. Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

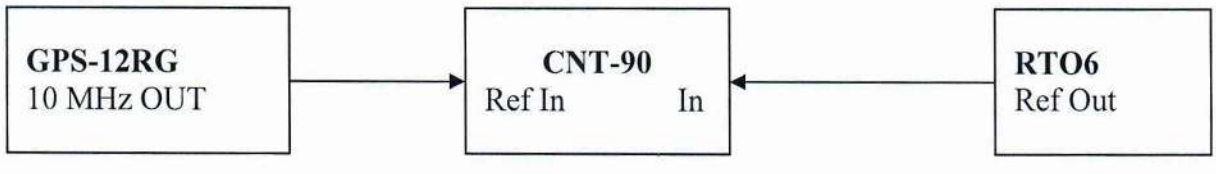

Рисунок 1

Измерить частоту опорного генератора у осциллографа, зафиксировать результаты измерений Fизм.

10.2 Определение относительной погрешности установки коэффициентов отклонения и абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения

Определение погрешности установки коэффициентов отклонения и абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения проводят методом прямых измерений с помощью калибратора осциллографов 9500B.

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



Рисунок 2

Выполнить следующие установки на осциллографе:

1. [PRESET]

2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]

3. Menu → Acquire → Mode → High Res

4. Menu → Meas → Activate Measurements → Mean; Source →C1

5. C1 → Coupling 1 MΩ

Последовательно установить на выходе калибратора осциллографов 9500B положительное и отрицательное напряжение постоянного тока U_{K+} и U_{K-} на нагрузке 1 МОм, для всех значений коэффициента отклонения осциллографа (далее – КО), равное 4·КО.

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

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом выключить уже поверенный 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·КО на всех значения коэффициента отклонения осциллографа.

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

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

10.3 Определение абсолютной погрешности установки постоянного смещения

Определение абсолютной погрешности установки постоянного смещения проводят методом прямых измерений с помощью калибратора осциллографов 9500B.

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

Выполнить следующие установки на осциллографе:

1. [PRESET]

2. [HORIZONTAL: 10 ms / div]

3. Menu → Acquire → Mode → High Res

4. Menu → Meas → Activate Measurements → Mean; Source →C1

5. C1 → Coupling 1 MΩ

Последовательно установить на выходе калибратора положительное и отрицательное напряжение постоянного тока на нагрузке 1 МОм в соответствии со вторым столбцом таблицы 4, а также соответствующее смещение на осциллографе $U_{СМ}$.

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

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом выключить уже поверенный 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 4, а также соответствующее смещение на осциллографе $U_{СМ}$. Показания осциллографа при измерении положительного и отрицательного напряжения зафиксировать как $U_{ОСЦ+}$ и $U_{ОСЦ-}$ соответственно.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом выключить уже поверенный канал.

10.4 Определение полосы пропускания

Определение полосы пропускания проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B с опцией B106 и ваттметра проходящей мощности СВЧ NRP-Z98 при установленном входном сопротивлении каналов осциллографов 50 Ом.

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

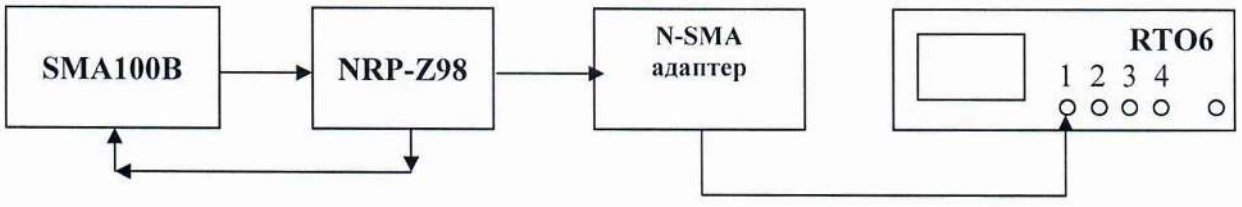

Рисунок 3

Выполнить следующие установки осциллографа:

1.[PRESET]

2. [HORIZONTAL : 100 µs / div]

3. Menu → Measure → Source C1 → Active Measurements → Amplitude

4. C1 → Coupling 50 Ω DC : Scale 100 mV / div]

5. Trigger Source C1

Установить на выходе генератора сигналов SMA100B частоту 100 кГц, уровень +6 дБ относительно 1 мВт, ввести в ваттметр значение частоты проведения измерений. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z98 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения размаха напряжения синусоидального сигнала по показаниям осциллографа U_{100}.

Установить на выходе генератора сигналов SMA100B верхнюю граничную частоту полосы пропускания поверяемого осциллографа. Отрегулировать выходной уровень генератора таким образом, чтобы показания ваттметра NRP-Z98 составляли ровно 1 мВт. Зафиксировать результат измерения размаха напряжения синусоидального сигнала, при необходимости изменяя коэффициент развертки, по показаниям осциллографа $U_{ПП}$.

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить уже поверенный канал.

10.5 Определение минимального уровня внутренней синхронизации

Определение минимального уровня внутренней синхронизации проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B с опцией B106.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3 исключив из неё ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [PRESET]
2. HORIZONTAL → Time scale 200 ps / div
3. C1: Coupling 50 Ω DC: Scale 100 mV/div
4. Menu → TRIGGER → Source C1, Level 0V; Conditioning → HysteresisMode → Manual; Size Mode → Relative; Relative Hysteresis 0 div.
5. TRIGGER Norm

На генераторе сигналов SMA100B установить частоту равной граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа. 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. Зафиксировать результаты измерений.

Примечание – в меню Trigger, расположенном в верхней части экрана, при наличии синхронизации отображается «TRIG`d» и при отсутствии - «Trig?».

Повторить процедуру для остальных каналов осциллографа, при этом, выключить уже поверенный канал.

ВНИМАНИЕ!!! Операции поверки по пунктам 10.6 – 10.8 выполняются только для тех осциллографов, у которых установлена опция B6 - генератор сигналов произвольной формы (далее - ГСПФ). Выходы каналов ГСПФ - Gen1 и Gen2 расположены на задней панели осциллографа.

10.6 Определение абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала проводят методом прямых измерений с помощью мультиметра цифрового Fluke 8846A.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.



Рисунок 4

Соединить выход Gen1 ГСПФ с входом мультиметра цифрового Fluke 8846A через внешнюю нагрузку 50 Ом.

На мультиметре цифровом Fluke 8846A установить режим измерения напряжения переменного тока.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [Gen] → Setup → Gen1 → Preset Gen1

2. [Gen] → Setup → Gen1 → Enable = On → Frequency = 1 kHz → Output → User Load = 50Ω → Amplitude = 4V

Зафиксировать результаты измерения размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$.

Повторить измерения при размахе напряжения синусоидального сигнала 0,01 В; 0,1 В; 1 В.

Повторить измерения для канала 2 ГСПФ осциллографа подключив мультиметр цифровой Fluke 8846A через внешнюю нагрузку 50 Ом к выходу Gen2.

10.7 Определение неравномерности АЧХ

Определение неравномерности АЧХ проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T. В качестве индикаторного блока для NRP18T используется генератор сигналов SMA100B.

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

Подключить к выходу Gen1 ГСПФ ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T.

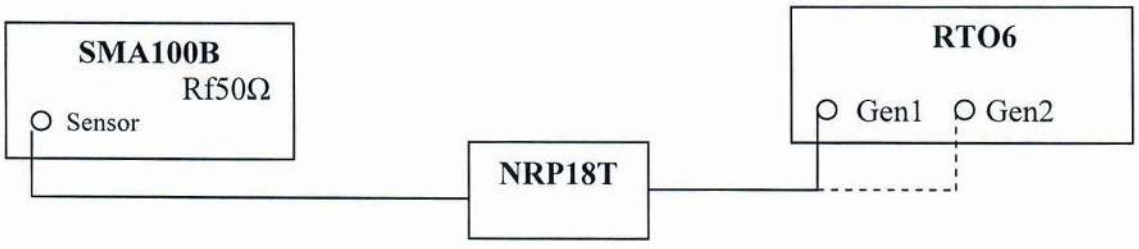

Рисунок 5

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [Gen] → Setup → Gen1 → Preset Gen1

2. [Gen] → Setup → Gen1 → Enable = On → Frequency = 1 kHz → Output → User Load = 50Ω → Amplitude = 1V

На генераторе сигналов SMA100B установить частоту, на которой проводятся измерения. Зафиксировать показания ваттметра $P_{1кГц}$ в [дБ относительно 1 мВт] в соответствующем окне индикации генератора сигналов SMA100B.

Последовательно устанавливая частоты ГСПФ равным: 100 кГц; 10 МГц; 30 МГц; 60 МГц; 80 МГц; 100 МГц, провести измерения мощности на выходе Gen1 и зафиксировать показания ваттметра P_f.

Повторить измерения для канала 2 ГСПФ осциллографа подключив ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T к выходу Gen2.

10.8 Определение уровня гармонических искажений

Определение уровня гармонических искажений проводят методом прямых измерений с помощью анализатора спектра и сигналов FSW8.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4 заменив мультиметр цифровой Fluke 8846A на анализатор спектра и сигналов FSW8 и исключив внешнюю нагрузку 50 Ом.

Подключить к выходу Gen1 измерительный вход анализатора спектра и сигналов FSW8.

Выполнить следующие установки осциллографа:

1. [Gen] → Setup → Gen1 → Preset Gen1

2. [Gen] → Setup → Gen1 → Enable = On → Frequency = 100 kHz → Output → User Load = 50Ω → Amplitude = 1V

На FSW8 установить режим измерения гармонических искажений и провести измерения уровня гармонических искажений ГСПФ на частоте 100 кГц. Зафиксировать результаты измерений.

Повторить аналогично измерения уровня гармонических искажений, устанавливая на ГСПФ и на FSW8 следующие частоты: 15 МГц; 35 МГц; 100 МГц. Зафиксировать результаты измерений.

Повторить измерения для канала 2 ГСПФ осциллографа подключив вход анализатора спектра и сигналов FSW8 к выходу Gen2.

ВНИМАНИЕ!!! Операции поверки по пунктам 10.9 и 10.10 выполняются только для тех осциллографов, у которых установлена опция В7 - генератор импульсных сигналов (далее - ГИС). Выходы каналов ГСПФ - Ref, Out расположены на задней панели осциллографа.

10.9 Определение абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов

Определение абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов 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 импульсных сигналов (далее - ГИС) поверяемого осциллографа, вход Trigger осциллографа WaveExpert 100H к выходу Ref ГИС поверяемого осциллографа.

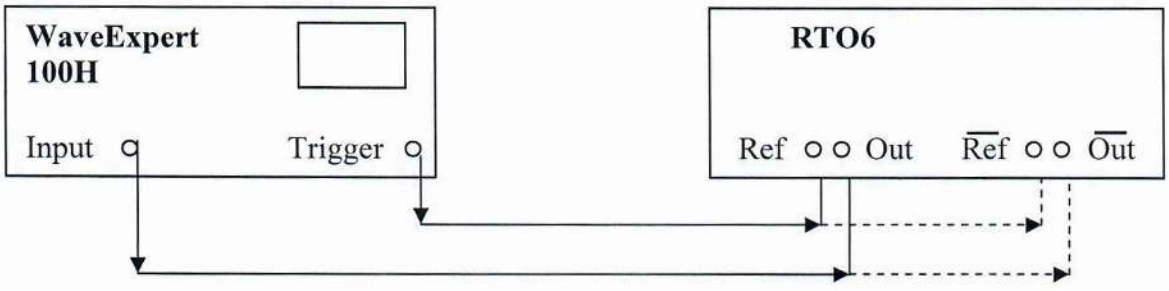

Рисунок 5.

Выполнить следующие установки на поверяемом осциллографе:

1. [PRESET]
2. Menu → Apps → Generators → PSC → Enable On
3. Output level = 200 mV
4. Repetition Rate = 1 MHz

Измерить амплитуду импульсов в режиме автоматических измерений осциллографа WaveExpert 100H. Зафиксировать результаты измерений U_{WE}.

Повторить измерения для амплитуды импульсов $U_{ГИС}$ = 0,05 В. Зафиксировать результаты измерений U_{WE}.

Повторить измерения для выхода ГИС обратной полярности.

10.10 Определение времени нарастания и спада импульсов

Определение времени нарастания и спада импульсов 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 на поверяемом осциллографе:

1. [PRESET]
2. Menu → Apps → Generators → PSC → Enable On
3. Output level = 200 mV
4. Repetition Rate = 1 MHz

Измерить время нарастания и спада импульсов ГИС осциллографом WaveExpert 100H в режиме автоматических измерений. Зафиксировать результаты измерений $\tau_{изм}$, пс.

Повторить измерения для выхода ГИС обратной полярности.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений $F_{ИЗМ}$, рассчитать по формуле (1) относительную погрешность по частоте внутреннего опорного генератора δF:

$$\delta F = \frac{F_{ИЗМ} - F_{НОМ}}{F_{НОМ}}, \quad (1)$$

где $F_{ИЗМ}$ – измеренное значение частоты, Гц;
$F_{НОМ}$ – установленное значение частоты, Гц.

Рассчитанные значения относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора δF не должны превышать $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений положительного и отрицательного напряжения $U_{ОСЦ+}$ и $U_{ОСЦ-}$, рассчитать по формуле (2) относительную погрешность коэффициента отклонения $\delta_{КО}$,%:

$$\delta_{КО} = \left(\frac{U_{ОСЦ+} - U_{ОСЦ-}}{U_{К+} - U_{К-}} - 1\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $U_{ОСЦ+}$ - показания осциллографа при измерении положительного напряжения;
$U_{ОСЦ-}$ - показания осциллографа при измерении отрицательного напряжения;
$U_{К+}$ - установленное на выходе калибратора положительное напряжение постоянного тока;
$U_{К-}$ - установленное на выходе калибратора отрицательное напряжение постоянного тока.

Рассчитанные значения относительной погрешности коэффициента отклонения $\delta_{КО}$,% не должны превышать пределов указанных в таблице 3 для каждого канала осциллографа.

Таблица 3 – Пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения

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

Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений положительного и отрицательного напряжения $U_{ОСЦ+}$ и $U_{ОСЦ-}$, рассчитать по формуле (3) абсолютную погрешность измерений постоянного напряжения для положительного напряжения $\Delta U_{ОСЦ+}$, В:

$$\Delta U_{ОСЦ+} = U_{ОСЦ+} - U_{К+}, \quad (3)$$

Рассчитать по формуле (4) абсолютную погрешность измерений постоянного напряжения для положительного напряжения $\Delta U_{ОСЦ-}$, В:

$$\Delta U_{ОСЦ-} = U_{ОСЦ-} - U_{К-}, \quad (4)$$

Рассчитанные значения абсолютной погрешность измерений постоянного напряжения для положительного и отрицательного напряжения $\Delta U_{ОСЦ+}$ и $\Delta U_{ОСЦ-}$, В не должны превышать значений рассчитанных по формуле (5) для всех коэффициентов отклонения:

$$\Delta U_{ОСЦ} = \frac{\delta КО}{100\%} \cdot U_{ОСЦ} + 0{,}1 \cdot КО + 0{,}0025\,, \quad (5)$$

где δКО – указанные в таблице 3 пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения, в зависимости от установленного входного сопротивления канала и коэффициента отклонения;

$U_{ОСЦ}$ - показания осциллографа при измерении положительного или отрицательного напряжения;

КО - установленный коэффициент отклонения на поверяемом осциллографе

11.3 Для полученных в пункте 10.3 результатов измерений положительного и отрицательного напряжения, рассчитать по формуле (6) абсолютную погрешность установки постоянного смещения для положительного смещения $\Delta U_{СМ+}$, В:

$$\Delta U_{СМ+} = U_{ОСЦ+} - U_{К+}, \quad (6)$$

Рассчитать по формуле (7) абсолютную погрешность установки постоянного смещения для отрицательного смещения $\Delta U_{СМ-}$, В:

$$\Delta U_{СМ-} = U_{ОСЦ-} - U_{К-}, \quad (7)$$

Рассчитанные значения абсолютной погрешности установки постоянного смещения $\Delta U_{СМ+}$, В и $\Delta U_{СМ-}$, В не должны превышать пределов указанных в таблице 4 для каждого канала осциллографа.

Таблица 4 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного смещения

Установленный КО	Напряжение на выходе калибратора, $U_{К+}$ и $U_{К-}$	Показания осциллографа, $U_{ОСЦ+}$	Показания осциллографа, $U_{ОСЦ-}$	Рассчитанные значения, В		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного смещения, В
				$\Delta U_{СМ+}$	$\Delta U_{СМ-}$	
входное сопротивление каналов осциллографа 1 МОм						
20 мВ/дел	± 1 В					± 0,008
200 мВ/дел	± 10 В					± 0,0575
2 В/дел	± 100 В					± 0,5525
входное сопротивление каналов осциллографа 50 Ом						
1 мВ/дел	± 1 В					± 0,0061
200 мВ/дел	± 3 В					± 0,033
1 В/дел	± 10 В					± 0,1375

11.4 Для полученных в пункте 10.4 результатов измерений размаха напряжения синусоидального сигнала U_{100} и $U_{ПП}$, рассчитать по формуле (8) значение неравномерности АЧХ $\Delta_{АЧХ}$, дБ:

$$\Delta_{АЧХ} = 20 \log \cdot \left(\frac{U_{ПП}}{U_{100}}\right), \quad (8)$$

где $U_{ПП}$ - показаниям осциллографа на частоте равной полосе пропускания поверяемого осциллографа

U_{100} - показания осциллографа на частоте равной 100 кГц

Рассчитанные значения неравномерности АЧХ $\Delta_{АЧХ}$, дБ не должны превышать ±3 дБ.

11.5 Полученные действительные значения минимального уровня внутренней синхронизации в пункте 10.5 должны быть не более 0,1 дел. для каждого канала осциллографа.

11.6 Для полученных в пункте 10.6 результатов измерений размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$, рассчитать по формуле (9) абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала $\Delta U_{ГСПФ}$, В:

$$\Delta U_{ГСПФ} = U_{ГСПФ} - 2{,}83 \cdot U_{М}, \quad (9)$$

где $U_{М}$ - среднеквадратическое значение напряжения, измеренное мультиметром цифровым Fluke 8846A

Рассчитанные значения абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала $\Delta U_{ГСПФ}$, В не должны превышать значений:

±0,041 В для размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$ равного 4 В;

±0,011 В для размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$ равного 1 В;

±0,002 В для размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$ равного 0,1 В;

±0,0011 В для размаха напряжения синусоидального сигнала $U_{ГСПФ}$ равного 0,01 В;

11.7 Для полученных в пункте 10.7 результатов измерений $P_{1кГц}$ и P_f в [дБ относительно 1 мВт], рассчитать по формуле (10) неравномерность АЧХ $\Delta_{АЧХ}$, дБ:

$$\Delta_{АЧХ} = P_f - P_{1кГц}, \quad (10)$$

где $P_{1кГц}$ - показания ваттметра на частоте 1 кГц

P_f - показания ваттметра на устанавливаемых на ГСПФ частотах

Рассчитанные значения неравномерности АЧХ Δачх, дБ не должны превышать значений указанных в таблице 6

Таблица 6 – Допустимые значения неравномерности АЧХ

Диапазон частот	Неравномерность АЧХ относительно частоты 1 кГц, дБ, не более
до 100 кГц включ.	±0,1
св. 100 кГц до 60 МГц включ.	±0,3
св. 60 МГц до 100 МГц	±0,5

11.8 Полученные в пункте 10.8 значения уровня гармонических искажений должны быть не более значений указанных в таблице 7

Таблица 7 – Допустимые значения уровня гармонических искажений

Диапазон частот	Уровень гармонических искажений при размахе сигнала 1 В, дБ относительно несущей, не более
до 100 кГц включ.	-70
св. 100 кГц до 15 МГц включ.	-55
св. 15 МГц до 35 МГц включ.	-40
св. 35 МГц до 100 МГц	-30

11.9 Для полученных в пункте 10.9 результатов измерений амплитуды импульсов $U_{ГИС}$, рассчитать по формуле (11) абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала $\Delta U_{ГИС}$, В:

$$\Delta U_{ГИС} = U_{ГИС} - U_{WE}, \quad (11)$$

где U_{WE} – значение амплитуды импульсов, измеренное осциллографом стробоскопическим WaveExpert 100H с модулем SE-50

Рассчитанные значения абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов $\Delta U_{ГИС}$, В, не должны превышать значений:

±0,019 В для амплитуды импульсов ГИС равной 0,2 В

±0,016 В для амплитуды импульсов ГИС равной 0,05 В

11.10 Для полученных в пункте 10.10 результатов измерений времени нарастания и спада импульсов $\tau_{изм}$, пс, рассчитать по формуле (12) действительные значения времени нарастания и спада τ, пс, импульсов ГИС RTO6:

$$\tau = \sqrt{\tau_{изм}^2 - \tau_{WE}^2}\ , \qquad (12)$$

где $\tau_{изм}$ – результаты измерений времени нарастания и спада импульсов осциллографом WaveExpert 100H в режиме автоматических измерений

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

Рассчитанные значения времени нарастания и спада импульсов τ, пс не должны превышать 25 пс.

11.11 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик осциллографов цифровых запоминающих RTO6 требованиям, указанным в пунктах раздела 11 настоящей методики;
- обеспечение прослеживаемости поверяемых осциллографов цифровых запоминающих RTO6 к государственным первичным эталоном единиц величин в соответствии с:
- Приказом Росстандарта № 1621 от 31.07.2018 Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты;
- Приказом Росстандарта от 30.12.2019 года № 3461 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц”;
- Приказом Росстандарта от 30.12.2019 года № 3463 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения”;
- Приказом Росстандарта от 29.05.2018 № 1053 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^{9}$ Гц”.

11.12 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия осциллографов цифровых запоминающих RTO6 требованиям к рабочему эталону 2 разряда единицы импульсного электрического напряжения по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 года № 3463 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения” являются:

соответствие осциллографов цифровых запоминающих RTO6 п. 11.11 данной методики поверки;

применение при поверке по пунктам 10.2 и 10.9 (для опции B7) рабочих эталонов 1 разряда единицы импульсного электрического напряжения по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 года № 3463

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Форма протокола поверки в части определения метрологических характеристик приведена в приложении А. Данная форма протокола поверки, позволяет наглядно отображать полученные результаты измерений в поверяемых точках и диапазонах частот, которые указаны в соответствующих пунктах настоящей методики поверки, а так же сравнивать полученные действительные и допустимые значения нормируемых погрешностей.

12.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших их в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва» _____ С. Н. Голышак

Главный специалист по метрологии
лаборатории № 441 ФБУ «Ростест-Москва» _____ А. С. Каледин

Приложение А
к РТ-МП-493-441-2021

Форма протокола поверки осциллографов цифровых запоминающих RTO6 в части определения метрологических характеристик

Таблица А.1 – Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора.

Частота внутреннего опорного генератора	Действительные значения относительной погрешности частоты опорного генератора	Допустимые значения относительной погрешности частоты опорного генератора, не более	Вывод о соответствии
10 МГц		$\pm 1 \cdot 10^{-7}$	

Таблица А.2 – Определение относительной погрешности установки коэффициентов отклонения $\delta_{КО}$

КО	Допустимые значения $\delta_{КО}$, %	Действительные значения относительной погрешности установки коэффициентов отклонения, %				Вывод о соответствии
		Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
входное сопротивление каналов 1 МОм						
1 мВ/дел	±2,0					
2 мВ/дел						
4 мВ/дел						
5 мВ/дел						
10 мВ/дел						
20 мВ/дел						
40 мВ/дел						
50 мВ/дел						
0,1 В/дел						
0,2 В/дел						
0,4 В/дел						
0,5 В/дел						
1 В/дел						
2 В/дел						
4 В/дел						
5 В/дел						
10 В/дел						

Продолжение таблицы А.2

КО	Допустимые значения $\delta_{КО}$, %	Действительные значения относительной погрешности установки коэффициентов отклонения, %				Вывод о соответствии
		Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
входное сопротивление каналов 50 Ом						
1 мВ/дел	±2,0					
2 мВ/дел						
4 мВ/дел						
5 мВ/дел						
10 мВ/дел	±1,5					
20 мВ/дел						
40 мВ/дел						
50 мВ/дел						
0,1 В/дел						
0,2 В/дел						
0,4 В/дел						
0,5 В/дел						
1 В/дел						

Таблица А.3 – Определение абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения $\Delta U_{ОСЦ}$

КО	Допустимые значения $\Delta U_{ОСЦ}$, мВ	Действительные значения абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения, мВ				Вывод о соответствии
		Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
входное сопротивление каналов 1 МОм						
1 мВ/дел	± 2,68					
2 мВ/дел	± 2,86					
4 мВ/дел	± 3,22					
5 мВ/дел	± 3,4					
10 мВ/дел	± 4,3					
20 мВ/дел	± 6,1					
40 мВ/дел	± 9,7					
50 мВ/дел	± 11,5					
0,1 В/дел	± 20,5					
0,2 В/дел	± 38,5					
0,4 В/дел	± 74,5					
0,5 В/дел	± 92,5					
1 В/дел	± 182,5					
2 В/дел	± 362,5					
4 В/дел	± 722,5					
5 В/дел	± 902,5					
10 В/дел	± 1902,5					

Продолжение таблицы А.3

КО	Допустимые значения $\Delta U_{ОСЦ}$, мВ	Действительные значения абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения, мВ				Вывод о соответствии
		Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
входное сопротивление каналов 50 Ом						
1 мВ/дел	± 2,68					
2 мВ/дел	± 2,86					
4 мВ/дел	± 3,22					
5 мВ/дел	± 3,4					
10 мВ/дел	± 4,1					
20 мВ/дел	± 5,7					
40 мВ/дел	± 8,9					
50 мВ/дел	± 10,5					
0,1 В/дел	± 18,5					
0,2 В/дел	± 34,5					
0,4 В/дел	± 66,5					
0,5 В/дел	± 82,5					
1 В/дел	± 162,5					

Таблица А.4 – Определение абсолютной погрешности установки постоянного смещения

Канал	Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, $V_{К+}/V_{К-}$ ($U_{см}$)	Показания осциллографа, В		Погрешность установки смещения, В		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного смещения, В	Вывод о соответствии
			$V_{ОСЦ+}$	$V_{ОСЦ-}$	$\Delta U_{см+}$	$\Delta U_{см-}$		
входное сопротивление 1 МОм								
1	20 мВ/дел	±1 В					±0,008	
	200 мВ/дел	±10 В					±0,0575	
	2 В/дел	±100 В					±0,5525	
2	20 мВ/дел	±1 В					±0,008	
	200 мВ/дел	±10 В					±0,0575	
	2 В/дел	±100 В					±0,5525	
3	20 мВ/дел	±1 В					±0,008	
	200 мВ/дел	±10 В					±0,0575	
	2 В/дел	±100 В					±0,5525	
4	20 мВ/дел	±1 В					±0,008	
	200 мВ/дел	±10 В					±0,0575	
	2 В/дел	±100 В					±0,5525	

Продолжение таблицы А.4

Канал	Установленный коэффициент отклонения	Напряжение на выходе калибратора, V_{K+}/ V_{K-} ($U_{см}$)	Показания осциллографа, В		Погрешность установки смещения, В		Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного смещения, В	Вывод о соответствии
			$V_{ОСЦ+}$	$V_{ОСЦ-}$	$\Delta U_{см+}$	$\Delta U_{см-}$		
входное сопротивление 50 Ом								
1	1 мВ/дел	±1 В					±0,0061	
	200 мВ/дел	±3 В					±0,033	
	1 В/дел	±10 В					±0,1375	
2	1 мВ/дел	±1 В					±0,0061	
	200 мВ/дел	±3 В					±0,033	
	1 В/дел	±10 В					±0,1375	
3	1 мВ/дел	±1 В					±0,0061	
	200 мВ/дел	±3 В					±0,033	
	1 В/дел	±10 В					±0,1375	
4	1 мВ/дел	±1 В					±0,0061	
	200 мВ/дел	±3 В					±0,033	
	1 В/дел	±10 В					±0,1375	

Таблица А.5 – Определение полосы пропускания

Канал	Действительные значения НАЧХ, дБ	Допустимые значения НАЧХ, дБ	Вывод о соответствии
1		±3	
2			
3			
4			

Таблица А.6 – Определение минимального уровня внутренней синхронизации.

Канал	Действительные значения минимального уровня внутренней синхронизации, дел	Допустимые значения минимального уровня синхронизации, дел, не более	Вывод о соответствии
1		0,1	
2			
3			
4			

Таблица А.7 – Определение абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала для опции В6 (опция генератора сигналов произвольной формы)

Установленный размах напряжения синусоидального сигнала	Действительные значения абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала, мВ		Допустимые значения абсолютной погрешности установки размаха напряжения синусоидального сигнала, мВ, не более	Вывод о соответствии
	1 канал	2 канал		
10 мВ			±1,1	
100 мВ			±2	
1 В			±11	
4 В			±41	

Таблица А.8 – Определение неравномерности АЧХ для опции В6 (опция генератора сигналов произвольной формы)

Частота	Действительные значения неравномерности АЧХ, дБ		Допустимые значения неравномерности АЧХ, дБ, не более	Вывод о соответствии
	1 канал	2 канал		
100 кГц			±0,1	
10 МГц			±0,3	
30 МГц			±0,3	
60 МГц			±0,3	
80 МГц			±0,5	
100 МГц			±0,5	

Таблица А.9 – Определение уровня гармонических искажений.

Частота	Действительные значения уровня гармонических искажений, дБн		Допустимые значения уровня гармонических искажений, дБн, не более	Вывод о соответствии
	1 канал	2 канал		
100 кГц			-70	
15 МГц			-55	
35 МГц			-40	
100 МГц			-30	

Таблица А.10 – Определение абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов $\Delta U_{ГИС}$ для опции В7 (опция генератора импульсных сигналов)

Установленные значения U, мВ	Действительные значения абсолютной погрешности установки амплитуды импульсов, мВ		Допустимые значения $\Delta U_{ГИС}$, мВ	Вывод о соответствии
	выход нормальной полярности	выход обратной полярности		
50			±16	
200			±19	

Таблица А.10 – Определение времени нарастания и спада импульсов для опции В7 (опция генератора импульсных сигналов)

Тип фронта	Действительные значения времени нарастания и спада импульсов, пс		Допустимые значения времени нарастания и спада, пс, не более	Вывод о соответствии
	выход нормальной полярности	выход обратной полярности		
нарастание			25	
спад			25	