

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«27» апреля 2026 г.

«ГСИ. ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ
ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ АКИП-3435.
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»

МП-ПР-16-2026

Москва
2026

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов произвольной формы АКИП-3435 (далее – генераторы) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых генераторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 1-2022. «ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360;

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Допускается проведение периодической поверки отдельных измерительных каналов генераторов.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п. п. 9.1 – 9.10 применяется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение относительной погрешности установки частоты	Да	Да	9.1
6 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы	Да	Да	9.2
7 Определение абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения	Да	Да	9.3
8 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала синусоидальной формы	Да	Да	9.4
9 Определение уровня гармоник второго порядка в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей	Да	Да	9.5
10 Определение суммарных гармонических искажений в диапазоне частот от 10 Гц до 20 кГц	Да	Да	9.6
11 Определение спектральной плотности фазовых шумов	Да	Да	9.7
12 Определение длительности фронта и среза сигналов прямоугольной формы	Да	Да	9.8
13 Определение погрешности установки длительности импульсного сигнала	Да	Да	9.9
14 Определение погрешности установки временных интервалов в сегментированном режиме	Да	Да	9.10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
15 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 10

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность от 30 % до 90 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke мод. 1620A DewK (рег. № 58174-14)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1	Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (рег. № 70172-18)
	Эталоны единицы измерений времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360	Частотомер универсальный CNT-90XL (рег. № 70888-18)
9.2	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-18A (рег. № 64926-16)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.2	Средство измерений напряжения переменного тока. Пределы измерений напряжения переменного тока от 0,1 до 750 В. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm(1 \cdot 10^{-2} \cdot U + 1 \cdot 10^{-3} \cdot U_{пр})$	Мультиметр цифровой 34465A (рег. № 63371-16)
9.3	Средство измерений напряжения постоянного тока. Пределы измерений напряжения постоянного тока от 0,1 до 1000 В. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm(3 \cdot 10^{-5} \cdot U + 6 \cdot 10^{-6} \cdot U_{пр})$	Мультиметр цифровой 34465A (рег. № 63371-16)
9.4	Средства измерений мощности электромагнитных колебаний. Частотный диапазон от 8 кГц до 18 ГГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^2$ мВт $\pm 2,5$ %.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18A (рег. № 64926-16)
9.5	Диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц, гармонические искажения не более -70 дБн.	Анализатор сигналов N9030A (рег. № 51073-12).
9.6	Частотный диапазон от 10 Гц до 200 кГц, диапазон измеряемых коэффициентов гармоник от 0,001 до 100 %	Измеритель нелинейных искажений C6-12 (рег. № 10737-86)
9.7	Измеритель фазовых шумов. Диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, средний уровень собственных фазовых шумов в диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц при отстройке от несущей на 20 кГц не более -119 дБн/Гц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня в диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц не более ± 3 дБ.	Измеритель фазовых шумов FSWP26 (рег. № 63528-16)
9.8	Полоса пропускания 1 ГГц. время нарастания переходной характеристики 450 пс	Осциллограф цифровой запоминающий HDO6104AR (рег. № 87906-23).
9.9 – 9.10	Средства измерений времени и частоты. Разрешающая способность измерений временного интервала 20 пс.	Частотомер универсальный 53230A (рег. № 51077-12)

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и

ясными;

– все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии несоответствий результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно руководствам по эксплуатации;

– контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5) должен быть выполнен перед началом поверки;

– контроль условий проведения поверки (раздел 3) должен быть выполнен перед началом поверки.

7.2 Перед поверкой:

– выдержать поверяемое средство измерений во включённом состоянии не менее 30 мин;

– в соответствии с руководством по эксплуатации провести автоматическую калибровку;

– при длительной поверке повторять калибровку каждый час.

7.3 Опробование проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования генератор до поверки не допускается.

7.4 Для улучшения повторяемости измерений рекомендуется проводить подключение устройств с коаксиальными соединителями в указанной последовательности:

– аккуратно соединить соединители устройств;

– удерживая подключаемое устройство, накрутить гайку соединителя «вилка» таким образом, чтобы центральный проводник соединителя «вилка» вошел в центральный проводник соединителя «розетка»;

– окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводить с помощью ключа тарированного, при этом следует использовать гаечный поддерживающий ключ для предотвращения поворота корпуса подключаемого устройства.

– Отключение соединителей проводить в обратной последовательности.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения генераторов осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	1.1.1.1

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение относительной погрешности установки частоты

Определение относительной погрешности установки частоты проводится методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90XL. В качестве опорного источника частоты для частотомера использовать стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG.

9.1.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора к частотомеру в соответствии с руководством по эксплуатации. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом. На частотомере включить фильтр нижних частот 100 кГц.

9.1.2 Установить на поверяемом генераторе следующие параметры:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: прямоугольная;
- амплитуда сигнала: 0,75 В_{п-п};
- частота сигнала: 1 Гц;
- включить выход генератора.

9.1.3 Зафиксировать в таблице 3 значение частоты сигнала по показаниям частотомера.

9.1.4 Провести измерения по п. п. 9.1.2 – 9.1.3 для других значений частоты из таблицы 3. При измерениях до 100 кГц включительно, на частотомере должен быть включен фильтр нижних частот 100 кГц. Для значений частоты сигнала 1 МГц и выше на генераторе установить синусоидальную форму сигнала.

Таблица 3 – Результаты измерений относительной погрешности установки частоты

Установленное значение частоты сигнала	Показания частотомера	Относительная погрешность измерения
1 Гц		
10 Гц		
100 Гц		
1 кГц		
10 кГц		
100 кГц		
1 МГц		
10 МГц		
50 МГц		
100 МГц		
200 МГц		
350 МГц		
500 МГц		
700 МГц		
1000 МГц		
1500 МГц		
2000 МГц		

9.1.5 Повторить операции по п. п. 9.1.1 – 9.1.4 для всех других каналов генератора.

9.1.6 Рассчитать относительную погрешность установки частоты сигнала по формуле

(1):

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

где $F_{\text{уст}}$ – значение, установленное на поверяемом генераторе, Гц;

$F_{\text{изм}}$ – значение, измеренное частотомером, Гц.

9.1.7 Установить на поверяемом генераторе следующие параметры:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC с усилителем;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: прямоугольная;
- амплитуда сигнала: 1,4 В_{п-п};
- частота сигнала: 1 Гц;

– включить выход генератора.

Результаты операции поверки считать положительными, если относительная погрешность установки частоты не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ для стандартного исполнения и $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ при установленной опции 10M_OCXO. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы

Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы проводить методом прямых измерений при помощи мультиметра цифрового 34465A (далее – мультиметр) и измерителя мощности NRP18A (далее – измеритель мощности).

9.2.1 Подключить мультиметр к выходу «+/AC» канала 1 генератора. К выходу «–» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.2.2 Установить на поверяемом генераторе следующие параметры:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- амплитуда сигнала: 0,75 В_{п-п};
- частота сигнала: 1 кГц;
- фильтр: 5G, включить;
- включить выход генератора.

9.2.3 Зафиксировать значение уровня по показаниям мультиметра. Рассчитать значение уровня от пика до пика $U_{изм}$, умножив результат измерения на 2,828.

9.2.4 Провести измерения для значений уровня сигнала 0,5; 0,25; 0,1; 0,025 В_{п-п}.

9.2.5 Определить абсолютную погрешность установки напряжения синусоидального сигнала по формуле (2):

$$\Delta U = U_{изм} - U_{уст} \quad (2)$$

где $U_{уст}$ – установленное значение напряжения на генераторе, В;

$U_{изм}$ – измеренное мультиметром значение напряжения на генераторе, В.

Результаты операции поверки считать положительными, если погрешность установки напряжения не превышает допускаемых пределов:

- $\pm(0,1 \cdot U_{уст} + 5 \text{ мВ})$, В для $U_{уст}$ менее 100 мВ_{п-п};
- $\pm(0,05 \cdot U_{уст} + 1 \text{ мВ})$, В для $U_{уст}$ от 100 мВ_{п-п}.

9.2.6 Установить на поверяемом генераторе следующие параметры:

- режим работы: AFG;
- выходной тракт: AC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень мощности: минус 5 дБм;
- частота сигнала: 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.2.7 Зафиксировать значение уровня по показаниям измерителя мощности.

9.2.8 Рассчитать абсолютную погрешность установки уровня синусоидального сигнала по формуле (3):

$$\Delta P = P_{уст} - P_{изм} \quad (3)$$

где $P_{изм}$ – измеренное измерителем мощности значение уровня сигнала, дБм;

$P_{уст}$ – установленный уровень сигнала на калибраторе, дБм.

9.2.9 Повторить измерения для значений уровня сигнала: -10; -15; -20; -25; -30 дБм.

9.2.10 Подключить мультиметр к выходу «-» канала 1 генератора. К выходу «+/АС» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом. Повторить измерения по п. п. 9.2.2 – 9.2.9.

9.2.11 Повторить операции по п. п. 9.2.1 – 9.2.10 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки считать положительными, если погрешность установки уровня не превышает $\pm 0,5$ дБм. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.3 Определение абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения

Определение абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения проводится методом прямых измерений при помощи мультиметра цифрового 34465А.

9.3.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора к мультиметру через проходную нагрузку 50 Ом. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.3.2 Установить на поверяемом генераторе следующие параметры:

- режим работы: AFG;
- выходной тракт: АС;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- амплитуда сигнала: минимальное устанавливаемое значение;
- частота сигнала: 10 МГц;
- напряжения постоянного смещения +4,999 В;
- включить выход генератора.

9.3.3 Перевести мультиметр в режим измерения напряжения постоянного тока и измерить установленное значение смещения.

9.3.4 Повторить операции по пунктам 9.3.1 – 9.3.3 для следующих значений смещения: +1 В; +750; +500; +100; +20; 0; -20; -100; -500; -750 мВ; -1; -4,999 В.

9.3.5 Подключить выход «-» канала 1 генератора к мультиметру через проходную нагрузку 50 Ом. К выходу «+/АС» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.3.6 Повторить измерения по п. 9.3.2 – 9.3.4 для выхода «-» канала 1, подключив его к мультиметру, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.3.6 Повторить операции по пунктам 9.3.2 – 9.3.6 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если абсолютная погрешность установки уровня постоянного смещения ($U_{см}$) не превышает $\pm(0,02 \cdot |U_{см}| + 10 \text{ мВ})$, В для DC выходного тракта и $\pm(0,05 \cdot |U_{см}| + 20 \text{ мВ})$, В для АС выходного тракта. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала синусоидальной формы

Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала синусоидальной формы проводится методом прямых измерений при помощи измерителя мощности NRP18А.

9.4.1 Подключить преобразователь измерителя мощности к выходу «+/АС» канала 1 генератора. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.4.2 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: АС;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень сигнала: минус 10 дБм;
- частота сигнала: 10 МГц;

– включить выход генератора.

9.4.3 Измерить установленное значение уровня сигнала измерителем мощности, занести показания в таблицу 6 в качестве опорного значения уровня на частоте 10 МГц (P_0).

9.4.4 Провести измерение установленного значения уровня сигнала для частот в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Значение частоты, установленное на генераторе	Значение уровня, измеренное ваттметром, дБм	Значение $\Delta_{ачх}$, дБм	
		тракт АС	тракт DC
10 кГц		не измеряется	
100 кГц		не измеряется	
300 кГц		не измеряется	
600 кГц		не измеряется	
1 МГц	P_0^*	не измеряется	
5 МГц		не измеряется	
10 МГц	P_0^{**}		
50 МГц			
80 МГц			
100 МГц			
200 МГц			
350 МГц			
500 МГц			
700 МГц			
1000 МГц			
1500 МГц			
2000 МГц			

P_0^* - опорное значение для тракта DC;
 P_0^{**} - опорное значение для тракта АС.

9.4.5 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики $\Delta_{ачх}$ определить по формуле (4):

$$\Delta_{ачх} = P_{изм} - P_0, \quad (4)$$

где $P_{изм}$ – измеренное значение уровня сигнала, дБм;

P_0 – опорное значение уровня сигнала, дБм.

9.4.6 В настройках генератора установить:

- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень сигнала: 0 дБм;
- частота сигнала: 1 МГц;
- включить выход генератора.

9.4.7 Повторить операции по п. п. 9.4.3 – 9.4.5 принимая в качестве опорного значения уровень сигнала на частоте 1 МГц.

9.4.8 Подключить преобразователь измерителя мощности к выходу «–» канала 1 генератора. К выходу «+/АС» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.4.9 Повторить измерения по п. 9.4.1 – 9.4.7 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.4.10 Повторить операции по п. п. 9.4.1 – 9.4.9 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допускаемых пределов:

Наименование характеристики	Значение
Неравномерность АЧХ синусоидального сигнала (относительно 10 МГц для АС выходного тракта) при выходном уровне сигнала, дБ до -30 дБм	±1,5
от -30 дБм, в диапазонах частот:	
от 10 кГц до 1 ГГц	±0,5
от 1 до 2 ГГц	±1,0
от 2 ГГц	±1,5
Неравномерность АЧХ синусоидального сигнала (относительно 1 МГц для ДС выходного тракта) при выходном уровне сигнала, дБ до -30 дБ ¹⁾	±1,5
от -30 дБ ¹⁾ , в диапазонах частот:	
от 10 кГц до 10 МГц	±0,5
от 10 до 50 МГц	±1,0
от 50 МГц до 1,5 ГГц	±1,5
от 1,5 до 2 ГГц	±2,0
от 2 ГГц	±2,5

В ином случае результаты операции проверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики проверки.

9.5 Определение коэффициента гармоник в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей

Определение коэффициента гармоник в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей проводится методом прямых измерений при помощи анализатора сигналов N9030A.

9.5.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора к анализатору. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.5.2 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: АС;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень сигнала: минус 5 дБм;
- частота сигнала: 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.5.3 На анализаторе спектра установить:

- центральная частота: равная установленной частоте генератора;
- опорный уровень: (уровень генератора +2) дБм;
- шкала: 13 дБм/дел;
- количество точек развёртки: 4000;
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 2 кГц;
- предусилитель: выкл.

9.5.4 Установить маркер на пик сигнала, соответствующий основной (первой) гармонике и зафиксировать ее уровень P_{f1} .

9.5.5 Измерить уровень второй гармоники и зафиксировать ее уровень P_{f2} .

Произвести вычисление уровня второй гармоники по отношению к уровню несущей по формуле (5):

$$\Delta P = P_{f2} - P_{f1} \quad (5)$$

где P_{f1} – уровень несущей, дБм;

P_{f2} – уровень второй гармоники, дБм.

9.5.6 Повторить измерения на следующих частотах: 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000 МГц.

Результаты операции поверки п. п. 9.5.2 – 9.5.6 считать положительными, если уровни гармонических составляющих не больше значений, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Допустимые уровни гармонических искажений второго порядка

Коэффициент гармоник для АС выходного тракта, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБн, не более, в диапазонах частот	
- от 10 до 500 МГц включ.	-67
- св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	-57
- св. 1 до 2 ГГц включ.	-52

9.5.7 В настройках генератора установить:

- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- амплитуда сигнала: 0 дБм;
- частота сигнала: 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.5.8 На анализаторе спектра установить:

- центральная частота: равная установленной частоте генератора;
- опорный уровень: (уровень генератора +2) дБм;
- шкала: 13 дБм/дел;
- количество точек развёртки: 4000;
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 2 кГц;
- предусилитель: выкл.

9.5.9 Установить маркер на пик сигнала, соответствующий основной (первой) гармонике и зафиксировать ее уровень P_1 .

9.5.15 Измерить уровень второй гармоник и зафиксировать ее уровень P_2 .

Произвести вычисление уровня второй гармоник по отношению к уровню несущей по формуле (5).

9.5.10 Повторить измерения на следующих частотах: 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000 МГц.

Таблица 9 – Допустимые уровни гармонических искажений второго порядка

Коэффициент гармоник для ДС выходного тракта, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБн, не более, в диапазонах частот	
- от 10 до 100 МГц включ.	-25
- от 100 до 500 МГц включ.	-37
- св. 500 МГц до 1,5 ГГц включ.	-40
- св. 1,5 до 2,0 ГГц включ.	-38

9.5.11 Повторить измерения по п. 9.5.2 – 9.5.10 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.5.12 Повторить операции по п. п. 9.5.1 – 9.5.11 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки п. п. 9.5.7 – 9.5.10 считать положительными, если уровни гармонических составляющих не больше значений, приведенных в таблице 9. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.6 Определение суммарных гармонических искажений в диапазоне частот от 10 Гц до 20 кГц

Определение суммарных гармонических искажений в диапазоне частот от 10 Гц до 20 кГц проводится методом прямых измерений при помощи измерителя нелинейных искажений С6-12.

9.6.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора к измерителю нелинейных искажений через проходную нагрузку 50 Ом. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.6.2 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень сигнала: 0 дБм;
- частота сигнала: 10 Гц;
- включить выход генератора.

9.6.3 На измерителе включить автоматический режим измерения коэффициента гармоник.

9.6.4 Зафиксировать значение коэффициента гармоник по показаниям измерителя.

9.6.5 Повторить измерения по п. п. 9.6.2 – 9.6.4 на частотах 1, 5, 10, 15, 20 кГц.

9.6.6 Повторить измерения по п. п. 9.6.2 – 9.6.5 для выхода «-» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.6.7 Повторить операции по п. п. 9.6.1 – 9.6.6 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если результаты измерений не превышают допускаемое значение 0,5 %. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.7 Определение спектральной плотности фазовых шумов

Определение спектральной плотности фазовых шумов проводить с помощью анализатора фазовых шумов FSWP26.

9.7.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора ко входу анализатора фазовых шумов. К выходу «-» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.7.2 Подготовить анализатор фазовых шумов к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.7.3 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: синусоидальная;
- уровень сигнала: 0 дБм;
- частота сигнала: 100 МГц;
- включить выход генератора.

9.7.4 На анализаторе фазового шума выполнить следующие установки:

- режим измерения: Phase Noise;
- автоматическое определение несущей частоты: выкл.;
- частота несущей: 100 МГц;
- начальная частота анализа: 10 Гц;
- конечная частота анализа: 100 кГц;
- аттенуатор: авто;
- шкала: авто;
- количество точек развертки: 20;
- сглаживание трассы: включено;

– апертура сглаживания трассы: 10;

– кросс-корреляция: 100;

– включить маркерные измерения.

9.7.5 Произвести измерения фазового шума на отстройке 10 кГц.

9.7.6 Повторить измерения, установив на генераторе частоты 1 ГГц и 2 ГГц.

9.7.7 Повторить измерения по п. 9.7.1 – 9.7.6 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.7.8 Повторить операции по п. п. 9.7.1 – 9.7.7 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если результаты измерений не больше значений, приведенных в таблице 11. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

Таблица 11 – Допустимые значения спектральной плотности фазовых шумов

Спектральная плотность фазовых шумов при отстройке на 10 кГц, дБн/Гц, не более	
- частота несущей 100 МГц	-128
- частота несущей 1 ГГц	-120
- частота несущей 2 ГГц	-114

9.8 Определение длительности фронта и среза сигналов прямоугольной формы

Определение длительности фронта и среза импульсного сигнала проводить методом прямых измерений при помощи осциллографа HDO6104AR.

9.8.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора ко входу осциллографа. К выходу «–» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.8.2 Включить нагрузку канала осциллографа 50 Ом.

9.8.3 В настройках генератора установить:

– сброс к параметрам по умолчанию;

– режим работы: AFG;

– выходной тракт: DC;

– сопротивление выхода: 50 Ом;

– форма сигнала: импульс;

– амплитуда сигнала: 0,75 В_{п-п};

– частота сигнала: 100 кГц;

– длительность 100 нс;

– фронт и срез: минимальные значения;

– включить выход генератора.

9.8.4 Настроить осциллограф так, чтобы амплитуда прямоугольного сигнала соответствовала пяти делениям.

9.8.5 Измерить на экране осциллографа длительность фронта и среза каждого импульса на уровне 10 - 90 %.

9.8.6 Повторить измерения по п. 9.8.1 – 9.8.5 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.8.7 Повторить операции по п. п. 9.8.1 – 9.8.6 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки считать положительными, если полученные значения длительностей фронта и среза импульсов не превышают значения 650 нс. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.9 Определение погрешности установки длительности импульсного сигнала

Определение погрешности установки длительности импульсного сигнала проводить методом прямых измерений при помощи частотомера 53230A в режиме накопления статистики не менее 1000 результатов.

9.9.1 Подключить выход «+/АС» канала 1 генератора к частотомеру. К выходу «–» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.9.2 В настройках частотомера установить:

- режим измерения длительности импульсов;
- связь по постоянному току;
- сопротивление входа 50 Ом;
- время счета 1 с.

9.9.3 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AFG;
- выходной тракт: DC;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- форма сигнала: импульс;
- амплитуда сигнала: 0,75 В_{п-п};
- частота сигнала: 1 кГц;
- длительность 10 нс;
- фронт и срез: минимальные значения;
- включить выход генератора.

9.9.4 На частотомере установить уровень запуска 0,0 В.

9.9.5 Зафиксировать значение длительности импульсов по показаниям частотомера.

9.9.6 Повторить измерения по п. п. 9.9.3 – 9.9.4 для значений длительности импульса 27,778; 54,444 и 90 нс.

9.9.7 Абсолютную погрешность установки длительности импульсов Δt рассчитать по формуле (6):

$$\Delta t = t_{\text{ч}} - t_{\text{г}} \quad (6)$$

где $t_{\text{г}}$ – значение длительности импульсов, установленное на генераторе, нс;

$t_{\text{ч}}$ – значение длительности импульсов, измеренное при помощи частотомера, нс.

9.9.8 Повторить измерения по п. 9.9.1 – 9.9.7 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/AC» нагрузив на 50 Ом.

9.9.9 Повторить операции по п. п. 9.9.1 – 9.9.8 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если погрешность установки длительности импульсного сигнала не превышает $\pm(0,00015 \cdot t_{\text{г}} + 0,3 \text{ нс})$. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

9.10 Определение погрешности установки периода повторения и длительности импульсов в сегментированном режиме

Определение погрешности установки периода повторения и длительности импульсов в сегментированном режиме проводить методом прямых измерений при помощи частотомера 53230A в режиме накопления статистики не менее 1000 результатов. Для формирования импульсного сигнала используется сегмент с регулируемым числом отсчетов и скорости выборки.

9.10.1 Подключить выход «+/AC» канала 1 генератора к частотомеру. К выходу «–» канала 1 подключить согласованную нагрузку 50 Ом.

9.10.2 В настройках частотомера установить:

- режим измерения длительности импульсов;
- связь по постоянному току;
- сопротивление входа 50 Ом;
- время счета 1 с.

9.10.3 В настройках генератора установить:

- сброс к параметрам по умолчанию;
- режим работы: AWG;
- сопротивление выхода: 50 Ом;
- амплитуда сигнала: 0,75 В_{п-п};

- длина сегмента: 1024;
- запуск формирования импульса: RUN;
- включить выход генератора.

9.10.4 Создать 1-й сегмент:

- скорость выборки: 5 Гвыб/с;
- форма сигнала: demo 2_3k;
- амплитуда сигнала: 25 мВ_{п-п};
- смещение сигнала: +0,36 В;
- число повторений сегмента: 1;
- длина сегмента: 1024.

9.10.5 Создать 2-й сегмент:

- форма сигнала: demo 2_3k;
- амплитуда сигнала: 25 мВ_{п-п};
- смещение сигнала: -0,36 В;
- число повторений сегмента: 1;
- длина сегмента: 1024.

9.10.6 Запустить формирование импульса нажатием на кнопку RUN; включить выход генератора.

9.10.7 На частотомере установить уровень запуска 0 В.

9.10.8 Зафиксировать значение периода повторения и длительности импульсов по показаниям частотомера.

9.10.9 Провести измерения по п. п. 9.10.3 – 9.10.8 для других значений длины сегмента и скорости выборки из таблицы 12. Для изменения значений генерации сигнала необходимо останавливать запуск последовательности, а после изменения параметров запускать повторно.

Таблица 12 – Параметры сигналов для определения погрешности установки периода повторения и длительности импульсов в сегментированном режиме

Длина сегмента	Скорость выборки	Число повторений сегмента 1	Число повторений сегмента 2	Период повторения импульса	Длительность импульса
1024	5 Гвыб/с	1	1	409,6 нс	204,8 нс
5000	5 Гвыб/с	1	1	2 мкс	1 мкс
5000	5 Гвыб/с	1	9	10 мкс	1 мкс
5000	5 Гвыб/с	1	99	100 мкс	1 мкс
5000	5 Гвыб/с	1	999	1 мс	1 мкс
5000000	5 Гвыб/с	1	1	2 мс	1 мс
5000000	5 Гвыб/с	1	9	10 мс	1 мс
5000000	5 Гвыб/с	1	99	100 мс	1 мс
5000000	5 Гвыб/с	1	999	1 с	1 мс

9.10.10 Абсолютную погрешность установки периода повторения и длительности импульсов Δt рассчитать по формуле (7):

$$\Delta t = t_q - t_r \quad (7)$$

где t_r – значение временного интервала (период или длительность импульсов), установленное на генераторе, нс;

t_q – значение временного интервала (период или длительность импульсов), измеренное при помощи частотомера, нс.

9.10.11 Повторить измерения по п. 9.10.1 – 9.10.10 для выхода «–» канала 1, подключив его к средству измерений, а выход «+/АС» нагрузив на 50 Ом.

9.10.12 Повторить операции по п. п. 9.10.1 – 9.10.11 для всех других каналов генератора.

Результаты операции поверки по данному пункту считать положительными, если погрешность установки периода повторения и длительности импульсов в сегментированном

режиме не превышает $\pm(t_r \cdot 1 \cdot 10^{-6} + 0,5 \text{ нс})$. В ином случае результаты операции поверки считать отрицательными и перейти к выполнению п. 10 данной методики поверки.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При проведении поверки в сокращенной форме информация об объеме проведенной поверки передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.4 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие осциллографов метрологическим требованиям), по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.5 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Инженер по метрологии АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Е. Е. Смердов

А. В. Сазыкин

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\delta_{оп}$ - стандартное исполнение - опция 10М-ОСХО-L	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ $\pm 1 \cdot 10^{-7}$
Сигнал синусоидальной формы	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня сигналов синусоидальной формы частотой 1 кГц, В DC выходной тракт для $U_{уст}$ до 100 мВ _{п-п} включ. для $U_{уст}$ св. 100 мВ _{п-п} DC выходной тракт с усилителем для $U_{уст}$ до 100 мВ _{п-п} включ. для $U_{уст}$ св. 100 мВ _{п-п}	$\pm(0,1 \cdot U_{уст} + 0,005)$ $\pm(0,05 \cdot U_{уст} + 0,001)$ $\pm(0,1 \cdot U_{уст} + 0,005)$ $\pm(0,05 \cdot U_{уст} + 0,001)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня сигналов синусоидальной формы частотой 10 МГц, дБ АС выходной тракт АС выходной тракт с усилителем	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня смещения, В DC выходной тракт DC выходной тракт с усилителем АС выходной тракт АС выходной тракт с усилителем	- $\pm(0,02 \cdot U_{см} + 0,01)$ $\pm(0,05 \cdot U_{см} + 0,02)$ $\pm(0,05 \cdot U_{см} + 0,02)$
Неравномерность АЧХ синусоидального сигнала (относительно 10 МГц для АС выходного тракта) при выходном уровне сигнала, дБ до -30 дБм от -30 дБм, в диапазонах частот: от 10 кГц до 1 ГГц от 1 до 2 ГГц от 2 ГГц	$\pm 1,5$ $\pm 0,5$ $\pm 1,0$ $\pm 1,5$
Неравномерность АЧХ синусоидального сигнала (относительно 1 МГц для DC выходного тракта) при выходном уровне сигнала, дБ до -30 дБ ¹⁾ от -30 дБ ¹⁾ , в диапазонах частот: от 10 кГц до 10 МГц от 10 до 50 МГц от 50 МГц до 1,5 ГГц от 1,5 до 2 ГГц от 2 ГГц	$\pm 1,5$ $\pm 0,5$ $\pm 1,0$ $\pm 1,5$ $\pm 2,0$ $\pm 2,5$
Коэффициент гармоник для АС выходного тракта, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБ ²⁾ , не более, в диапазонах частот - от 10 до 500 МГц включ. - св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - св. 1 до 2 ГГц включ.	-67 -57 -52
Коэффициент гармоник для АС выходного тракта с усилителем, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБ ²⁾ , не более, в диапазонах частот - от 10 до 50 МГц включ. - св. 50 до 500 МГц включ. - св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - св. 1 до 2 ГГц включ.	-25 -31 -28 -28

Продолжение таблицы А1

1	2
Коэффициент гармоник для ДС выходного тракта, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБ ²⁾ , не более, в диапазонах частот - от 10 до 100 МГц включ. - от 100 до 500 МГц включ. - св. 500 МГц до 1,5 ГГц включ. - св. 1,5 до 2,0 ГГц включ.	-25 -37 -40 -38
Коэффициент гармоник для ДС выходного тракта с усилителем, максимальный уровень выходного сигнала в соответствующем диапазоне частот, дБ ²⁾ , не более, в диапазонах частот - от 10 до 500 МГц включ. - св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - св. 1 до 2 ГГц включ.	-37 -33 -33
Спектральная плотность фазовых шумов при отстройке на 10 кГц, дБ ³⁾ /Гц, не более - частота несущей 100 МГц - частота несущей 1 ГГц - частота несущей 2 ГГц	-128 -120 -114
Суммарные гармонические искажения в диапазоне частот от 10 Гц до 20 кГц, %, не более	0,5
Сигнал импульсной формы/прямоугольной формы	
Длительность фронта и среза импульса (уровень сигнала 1 В _{п-п} , нагрузка 50 Ом), нс, не более	650
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульса, с	$\pm(0,00015 \cdot t_r + 0,3 \text{ нс})$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки периода повторения импульсов в сегментированном режиме, с	$\pm(t_r \cdot \delta_{on} + 0,5 \text{ нс})$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульсов в сегментированном режиме, с	$\pm(t_r \cdot \delta_{on} + 0,5 \text{ нс})$
Примечания ¹⁾ – дБ относительно 1 мВт; ²⁾ – дБ относительно уровня несущей; ³⁾ – дБ относительно уровня несущей в полосе пропускания 1 Гц U _{см} – установленное значение напряжения постоянного смещения, В; U _{уст} – установленное значение выходного напряжения синусоидальной формы сигнала, В; t _r – установленное на генераторе значение временного интервала, с.	