

СОГЛАСОВАНО

**Главный метролог
АО «АКТИ-Мастер»**



А.П. Лисогор
10» января 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Генераторы сигналов ГС201-PXIe

**Методика поверки
МП ГВТУ.468266.005**

**Москва
2025**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на генераторы сигналов ГС201-PXIe (далее – генераторы), изготавливаемые ООО «VXI-Системы», и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), указанные в описании типа поверяемых генераторов.

1.3 При поверке генераторов обеспечивается прослеживаемость к государственным эталонам:

- ГЭТ 1-2022 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 13 октября 2022 года № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерения времени и частоты»;

- ГЭТ 13-2023 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 28 июля 2023 года № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы».

1.4 Операции поверки выполняются методами прямых измерений величин.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	3
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Идентификация программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	10
Определение погрешности установки уровня выходного напряжения	да	да	10.1
Определение погрешности установки напряжения смещения постоянного тока	да	да	10.2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	да	да	10.3
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке частоты на 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц	да	да	10.4
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	да	да	10.5
Определение уровня негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом	да	да	10.6
Определение уровня гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом	да	да	10.7

2.2 Периодическая поверка по запросу пользователя может быть выполнена в сокращенном объеме для отдельных измерительных каналов генераторов.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

В соответствии с ГОСТ 8.395–80 при проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

–температура окружающей среды	от +18 до +22 °С;
–относительная влажность окружающей среды	от 30 % до 80 %;
–атмосферное давление	от 84 до 106 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений и имеющие документ о квалификации поверителя в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами в национальной системе аккредитации.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

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
раздел 3 Контроль условий проведения поверки	Средства измерений параметров окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения - температуры $\pm 0,5$ °C в диапазоне от 0 до +50 °C; - относительной влажности ± 3 % в диапазоне от 40 % до 90 %; - атмосферного давления $\pm 0,2$ кПа в диапазоне от 86 до 106 кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д; рег. № 46434-11
п.10.1 Определение погрешности установки уровня выходного напряжения п.10.2 Определение погрешности установки напряжения смещения постоянного тока	Средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, приказ Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока на пределах: 100 мВ: $\pm(2,5 \cdot 10^{-6}D + 3,5 \cdot 10^{-6}E)$; 1 В: $\pm(1,5 \cdot 10^{-6}D + 0,3 \cdot 10^{-6}E)$; 10 В: $\pm(0,5 \cdot 10^{-6}D + 0,05 \cdot 10^{-6}E)$; 100В: $\pm(2,5 \cdot 10^{-6}D + 0,3 \cdot 10^{-6}E)$; 1000 В: $\pm(2,5 \cdot 10^{-6}D + 0,1 \cdot 10^{-6}E)$	Мультиметр 3458А рег. № 25900-03
п.10.3 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора п.10.4 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке частоты на 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц п.10.5 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	Средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений времени и частоты, приказ Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 Относительная погрешность воспроизведения частоты 10 МГц в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-11}$ Диапазон рабочих частот от 10 Гц до 26,5 ГГц; Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении мощности $\pm(0,33 \text{ дБ} + A)$; Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 20 Гц до 3,6 ГГц: от $\pm 0,45$ до $\pm 0,6$ дБ; Диапазон измерения фазового шума от минус 170 до минус 20 дБн/Гц Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазового шума $\pm 0,3$ дБ; Гармонические искажения не более -80 дБн	Стандарт частоты рубидиевый FS725, рег. № 31222-06 Частотомер универсальный CNT-90, рег. № 41567-09 Анализатор спектра N9020A с опцией 526, опцией измерения фазовых шумов N9068A и опцией анализа сигналов с аналоговой модуляцией N9063A,

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.10.6 Определение уровня негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом п.10.7 Определение уровня гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом		рег. № 56557-14
Вспомогательные технические средства	Операционная система Windows или Linux; программное обеспечение ФТКС.85001-01	Управляющая ПЭВМ
	Информационная связь ПЭВМ и крейта PXIe	Общесистемный интерфейс
	MOLEX 745460802	Кабель PXIe
	BW-S20W5+	Аттенуатор
	SMB-SLS425 ФТКС.685661.218 SMB-SMA ФТКС.685661.085 BNC-BNC ФТКС.685661.182 SMB-SMB ФТКС.685661.009 SMB-BNC ФТКС.6856	Соединительные кабели
		Крейт PXIe
		Кабель питания
		Патч-корд Ethernet

5.2 Допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и имеющие метрологические и технические характеристики, аналогичные указанным в таблице 2, и обеспечивающим требуемую точность передачи единиц поверяемому средству измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 и «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии», утвержденные приказом Минэнерго России от 12 августа 2022 г. № 811. Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые модули и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра генератора проверяются:
- правильность маркировки и комплектность;

- чистота и исправность разъемов;
- отсутствие механических повреждений генератора и кабелей из его комплекта.

7.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого генератора, его следует направить заявителю поверки (пользователю) для ремонта.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию на поверяемый генератор и на применяемые средства поверки;
- выдержать генератор в условиях окружающей среды, указанных в разделе 3, не менее 2 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в разделе 3, и подготовить его к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией;
- подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий поверки на соответствие требованиям, указанным в разделе 3, с помощью оборудования, указанного в таблице 2.

8.2 При опробовании выполняется проверка работоспособности генератора, для этого необходимо:

- включить генератор в соответствии с руководством по эксплуатации;
- запустить на исполнение управляющую панель генератора;
- поочередно запустить на панели управляющей программы тесты «Самоконтроль», «ОК отключен 2» и «ОК отключен 3».

8.3 Результат опробования считают положительным, если при выполнении тестов отсутствуют сообщения о неисправностях.

9 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Идентификация ПО генератора осуществляется путем проверки контрольной суммы исполняемого кода.

Для проверки контрольной суммы исполняемого кода необходимо:

- в «Управляющей панели» генератора выбрать пункт меню «Помощь», в выпадающем меню выбрать «Об инструменте»;
- в появившемся окне наблюдать информацию о контрольной сумме файлов.

Контрольная сумма должна совпадать с контрольной суммой, указанной в паспорте на поверяемый генератор.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Программное обеспечение позволяет формировать протоколы поверки в виде файлов для автоматического вычисления погрешности измерения и определения результата (норма/не норма). Вводимые в ПЭВМ значения величин должны быть представлены в формате с плавающей точкой. При вводе нецелых чисел разделителем целой и дробной частей числа является символ «.» (точка). Разделителем мантиссы и порядка является символ (буква) «Е», либо символ (буква) «е» латинского алфавита.

10.1 Определение погрешности установки уровня выходного напряжения

10.1.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 1:

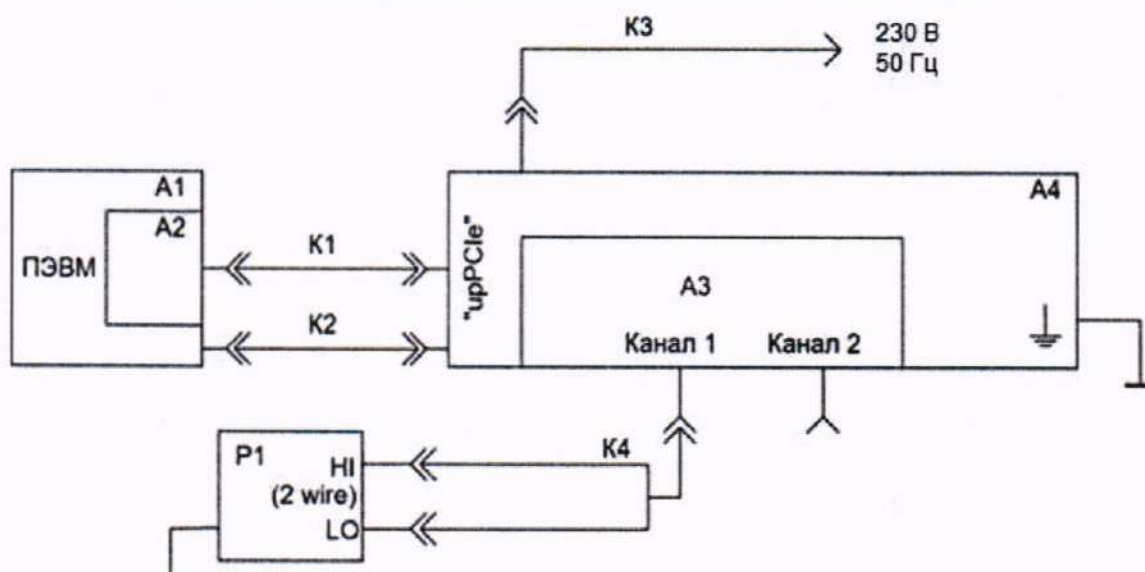


Рисунок 1 – Схема подключения оборудования для определения погрешности установки уровня выходного напряжения

где: A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;

A4, A3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 – мультиметр 3458A

K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;

K2 – патч-корд Ethernet;

K3 – кабель сетевой;

K4 – кабель SMB-SLS425 ФТКС.685661.218.

10.1.2 Включить мультиметр, установить режим измерений:

- измерение постоянного тока – DC;
- автоматическое переключение пределов;
- апертура 0,1 с;
- режим измерения – циклический.

10.1.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – стандартный;
- тип сигнала – «уровень»;
- импеданс внешней нагрузки – 10 МОм;
- диапазон – $\pm 0,2$ В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- смещение уровня – 0 В;
- ФНЧ – выключен.

10.1.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки  в «Управляющей панели».

10.1.4 Произвести отсчет показаний мультиметра с точностью до шести значащих цифр, полученные значения внести в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение погрешности установки уровня выходного напряжения

Диапазон генератора $U_{\max}$, В	Установленное значение «Смещения уровня» $U_{\text{уст}}$, В	Измеренное значение $U_{\text{изм}}$, В		Действительное значение приведенной погрешности γ , %		Допускаемое значение приведенной погрешности, %
		Фильтр НЧ выкл.	Фильтр НЧ вкл.	Фильтр НЧ выкл.	Фильтр НЧ вкл.	
1	2	3	4	5	6	7
$\pm 0,2$	0,000					$\pm 0,25$
	0,002					
	0,06					
	0,1					
	0,16					
	0,2					
	-0,002					
	-0,06					
	-0,1					
	-0,16					
	-0,2					
$\pm 2,0$	0,000					
	0,02					
	0,06					
	1,0					
	1,6					
	2,0					
	-0,02					
	-0,06					
	-1,0					
	-1,6					
	-2,0					
$\pm 10,0$	0,0					
	0,1					
	1					
	3					
	6					
	10					
	-0,1					
	-1					
	-3					
	-6					
	-10					

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
±15,0	0,00					±0,25
	0,15					
	3					
	7,5					
	12					
	15					
	-0,15					
	-3					
	-7,5					
	-12					
	-15					

10.1.6 Определить действительное значение приведенной погрешности установки напряжения постоянного тока γ по формуле 1:

$$\gamma = \frac{U_{\text{уст}} - U_{\text{изм}}}{U_{\text{max}}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где: $U_{\text{уст}}$ – значение напряжения постоянного тока, установленное на поверяемом генераторе, В;

$U_{\text{изм}}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренное мультиметром, В;

U_{max} – предел диапазона воспроизведения генератором напряжения постоянного тока, В.

10.1.7 Повторить операции 10.1.3–10.1.6 для всех значений «Смещения уровня» и диапазонов генератора U_{max} в соответствии с таблицей 3.

10.1.8 Включить ФНЧ, выполнить операции 10.1.3–10.1.7.

10.1.9 Выполнить операции 10.1.1 – 10.1.8 для канала 2 генератора.

10.1.10 Выключить генерацию сигнала нажатием кнопки , отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ:
действительные значения приведенной погрешности установки напряжения постоянного тока в столбцах 5 и 6 таблицы 3 не превышают допускаемое значение, указанное в столбце 7 таблицы 3.

Примечание – При подключении установленного системного интерфейса GPIB, обеспечивающего связь ПЭВМ с мультиметром, возможно выполнение измерений в автоматическом режиме при запуске теста «Проверка напряжения смещения» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» в «Управляющей панели» ПО генератора, следуя указаниям программы о подключении кабелей. Протокол измерений сохраняется в виде файла GS201_VoltageOffset.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

10.2 Определение погрешности установки напряжения смещения постоянного тока

10.2.1 Определение погрешности установки напряжения смещения постоянного тока

10.2.2 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 2.

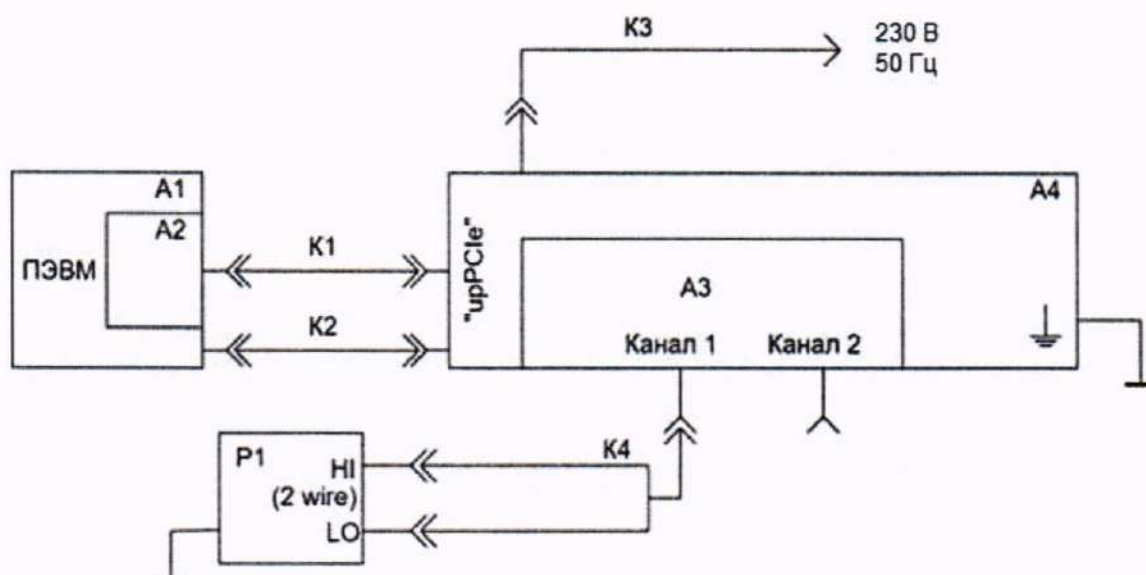


Рисунок 2 – Схема подключения оборудования для определения погрешности установки напряжения смещения постоянного тока

где: A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;
 A4, A3 – НМ типа шасси СН-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;
 P1 – мультиметр 3458А
 K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;
 K2 – патч-корд Ethernet;
 K3 – кабель сетевой;
 K4 – кабель SMB-SLS425 ФТКС.685661.218.

10.2.3 Включить мультиметр, настроить режим измерений:

- измерение постоянного тока – DC;
- автоматическое переключение пределов;
- апертура 0,1 с;
- режим измерения – циклический.

10.2.4 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – стандартный;
- тип сигнала – уровень;
- импеданс внешней нагрузки – 10 МОм;
- диапазон – $\pm 0,2$ В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- смещение уровня – 0 В;
- ФНЧ – выключен;

10.2.5 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки  в «Управляющей панели».

10.2.6 Произвести отсчет показаний мультиметра с точностью до шести значащих цифр, полученные значения внести в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение погрешности установки напряжения смещения постоянного тока

Диапазон генератора $U_{\max}$, В	Установленное значение «Аналогового смещения» $U_{\text{уст}}$, В	Измеренное напряжение, $U_{\text{изм}}$, В		Действительное значение приведенной погрешности γ , %		Допускаемое значение приведенной погрешности, %
		Фильтр НЧ выкл.	Фильтр НЧ вкл.	Фильтр НЧ выкл.	Фильтр НЧ вкл.	
1	2	3	4	5	6	7
$\pm 0,2$	0,000					$\pm 0,25$
	0,002					
	0,06					
	0,1					
	0,16					
	0,2					
	-0,002					
	-0,06					
	-0,1					
	-0,16					
	-0,2					
$\pm 2,0$	0,00					
	0,02					
	0,06					
	1,0					
	1,6					
	2,0					
	-0,02					
	-0,06					
	-1,0					
	-1,6					
	-2,0					
$\pm 10,0$	0,0					
	0,1					
	1					
	3					
	6					
	10					
	-0,1					
	-1					
	-3					
	-6					
	-10					

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
±15,0	0,00					±0,25
	0,15					
	3					
	7,5					
	12					
	15					
	-0,15					
	-3					
	-7,5					
	-12					
	-15					

10.2.7 Определить действительное значение приведенной погрешности установки напряжения смещения постоянного тока по формуле 2:

$$\gamma = \frac{U_{\text{уст}} - U_{\text{изм}}}{U_{\text{max}}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где: $U_{\text{уст}}$ – значение напряжения смещения постоянного тока, установленное на поверяемом генераторе, В;

$U_{\text{изм}}$ – значение напряжения смещения постоянного тока, измеренное мультиметром, В;

U_{max} – предел диапазона воспроизведения генератором напряжения постоянного тока, В.

10.2.8 Повторить операции 10.2.4–10.2.7 для всех значений «Аналогового смещения» и диапазонов генератора U_{max} в соответствии с таблицей 4.

10.2.9 Включить ФНЧ, выполнить операции 10.2.4–10.2.8.

10.2.10 Выполнить операции 10.2.2–10.2.9 для канала 2 генератора.

10.2.11 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , и отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ:
действительные значения приведенной погрешности установки напряжения смещения постоянного тока в столбцах 5 и 6 таблицы 4 не превышают допустимое значение, указанное в столбце 7 таблицы 4.

Примечание – При подключении установленного системного интерфейса GPIB, обеспечивающего связь ПЭВМ с мультиметром, возможно выполнение измерений в автоматическом режиме при запуске теста «Поверка напряжения смещения» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» в «Управляющей панели» ПО генератора, следуя указаниям программы о подключении кабелей. Протокол измерений сохраняется в виде файла GS201_VoltageOffset.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

10.3 Определение погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора

10.3.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 3.

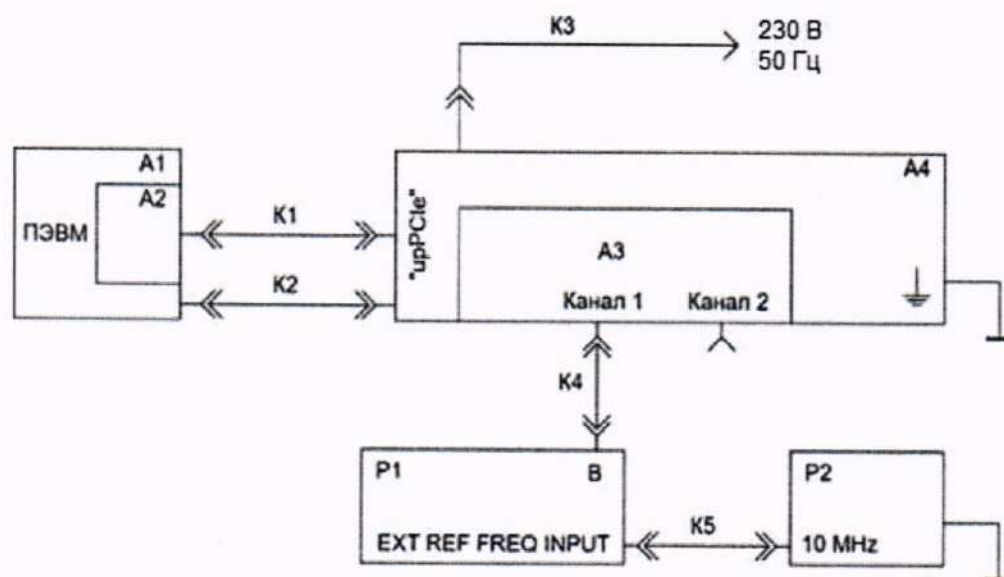


Рисунок 3 – Схема подключения оборудования для определения погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора

где: A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;

A4, A3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 - частотомер универсальный CNT-90;

P2 – рубидиевый стандарт частоты FS725;

K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;

K2 – патч-корд Ethernet;

K3 – кабель сетевой;

K4 – кабель SMB-SMB ФТКС.685661.009

K5 – кабель BNC-BNC ФТКС.685661.182

10.3.2 Настроить режим измерений частотомера:

- режим автоматического измерения частоты по входу «В»;
- входное сопротивление измерительного входа – 50 Ом;
- время измерения «MEAS TIME» – 1 с.

10.3.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – стандартный;
- тип сигнала – синус;
- импеданс внешней нагрузки – 50 Ом;
- ФНЧ выключен;
- диапазон – ± 2 В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- DC смещение – 0 В;
- амплитуда – 0,316 В;
- частота – 0,1 Гц;
- источник опорной частоты – внутренний (вкладка ОЧ).

10.3.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки  в «Управляющей панели».

10.3.5 Произвести отсчет показаний частотомера с точностью до восьми значащих цифр, полученные значения записать в столбец 2 таблицы 5.

Таблица 5 – Определение погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора

Установленное значение частоты сигнала $F_{уст}$	Измеренное значение частоты сигнала $F_{изм}$	Действительное значение относительной погрешности	Допускаемое значение относительной погрешности
1	2	3	4
100 Гц			$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
10,000 кГц			
50,000 МГц			
220,000 МГц			

10.3.6 Определить действительное значение относительной погрешности установки частоты по формуле (3):

$$\delta = \frac{F_{г} - F_{ч}}{F_{ч}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где $F_{г}$ – значение частоты сигнала, установленное на поверяемом генераторе, Гц;
 $F_{ч}$ – значение частоты сигнала, измеренное частотомером, Гц.

10.3.7 Повторить операции 10.3.3–10.3.6 для всех значений частоты сигнала в соответствии с таблицей 5.

10.3.8 Выполнить операции 10.3.1–10.3.7 для канала 2 генератора.

10.3.9 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: значения относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора в столбце 3 таблицы 5 не превышают предел допускаемой погрешности, указанный в столбце 4 таблицы 5.

Примечание – При подключении установленного системного интерфейса GPIB, связывающего ПЭВМ с частотомером (address 10), возможно выполнение измерений в автоматическом режиме при запуске теста «Точность частоты» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» в «Управляющей панели» ПО генератора, следуя указаниям программы о подключении кабелей. Протокол проверки сохраняется в файл GS201_Freq.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

10.4 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке частоты на 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц

10.4.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 4.

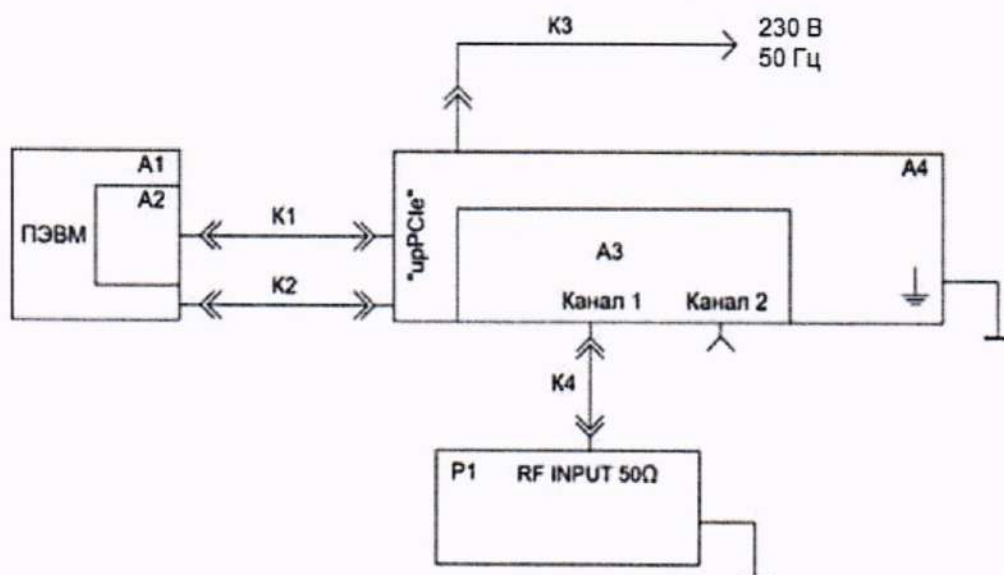


Рисунок 4 – Схема подключения оборудования для определения спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке частоты на 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц

где: A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;

A4, A3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 - анализатор спектра N9020A

K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;

K2 – патч-корд Ethernet;

K3 – кабель сетевой;

K4 – кабель SMB-SMA ФТКС.685661.085

10.4.2 Включить анализатор спектра, настроить режим измерений:

- режим измерения фазовых шумов «MODE» – «Phase noise»;
- представление данных «MEAS» – «Log Plot»;
- включить отображение декадной таблицы «Meas Setup» – «More» - «Decade Table On»;
- центральная частота «FREQ» – 10 МГц;
- диапазон измерения «SPAN» – от 100 Гц до 1 МГц;
- запуск измерения – циклический «Cont»;
- включить усреднение данных «Meas setup» «AvgNumber» – 10.

10.4.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – стандартный;
- тип сигнала – синус;
- импеданс внешней нагрузки – 50 Ом;
- ФНЧ выключен;
- диапазон – ± 2 В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- смещение уровня – 0 В;
- амплитуда – 0,316 В;
- частота – 10 МГц.

10.4.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки «» в «Управляющей панели».

10.4.5 На панели анализатора спектра запустить однократное измерение нажатием кнопки «Single».

10.4.6 По завершении измерений внести значения спектральной плотности мощности фазовых шумов, отображенных в столбце «Trace 2» на экране анализатора спектра в столбец 2 таблицы 6 для значений отстроек частоты 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц.

Таблица 6 – Определения спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов при отстройке частоты на 100 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1 МГц

Отстройка частоты, МГц	Измеренное значение уровня СПМ фазового шума, дБн/Гц	Допускаемое значение уровня СПМ фазового шума, дБн/Гц
1	2	3
0,0001		-95
0,001		
0,01		
0,1		
1		

10.4.7 Повторить операции 10.4.1–10.4.6 для канала 2 поверяемого генератора;

10.4.8 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , и отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: измеренные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов при отстройке частоты в столбце 2 таблицы 6 не превышают допускаемое значение, указанное в столбце 3 таблицы 6.

Примечание – При наличии кабеля ethernet для подключения ПЭВМ и анализатора спектра, возможно выполнение измерений в автоматическом режиме при запуске теста «Спектральная плотность фазового шума» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» в «Управляющей панели» ПО генератора и выполняя указания программы о подключении кабелей. Протокол проверки при этом сохраняется в файл GS201_PhaseNoise.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

10.5 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

10.5.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 5.

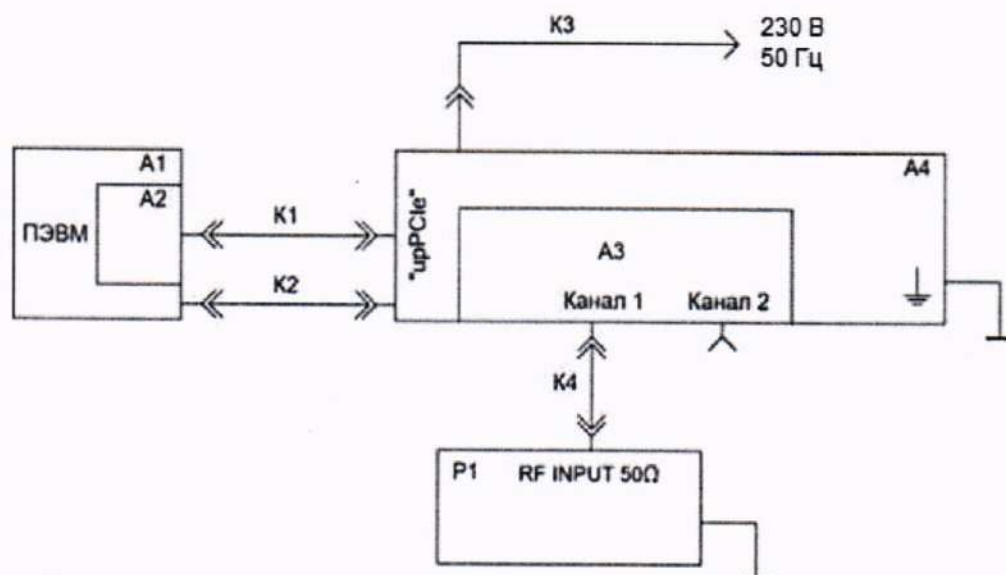


Рисунок 5 – Схема подключения оборудования для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

где А1, А2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;

А4, А3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 - анализатор спектра N9020A

K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;

K2 – патч-корд Ethernet;

K3 – кабель сетевой;

K4 – кабель SMB-SMA ФТКС.685661.085.

10.5.2 Включить анализатор спектра, настроить режим измерений:

– полоса обзора – 1000 Гц;

– разрешение (RBW) – 100 Гц;

– развязка входа по постоянному току – DC (меню «Input/Output» → «RF input» → «RF Coupling»);

– перевести маркер в режим измерения разности – (меню «Marker» → «Delta»);

– центральная частота – 0,1 МГц;

– опорный уровень – 0 дБм.

10.5.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

– режим – стандартный;

– тип сигнала - синус;

– импеданс внешней нагрузки – 50 Ом;

– ФНЧ выключен;

– диапазон – $\pm 0,2$ В;

– аналоговое смещение – 0 В;

– смещение уровня – 0 В;

– амплитуда – 0,1 В;

– частота – 0,1 МГц.

10.5.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки «» в «Управляющей панели».

10.5.5 На анализаторе спектра с помощью дельта-маркера зафиксировать максимальный уровень мощности сигнала и установить его в качестве опорного;

10.5.6 На анализаторе спектра и генераторе последовательно установить значения сигнала для указанных диапазонов и состояния ФНЧ в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7.1 – Режимы измерений поверяемого генератора и средств поверки

Анализатор спектра	Поверяемый генератор			
	Диапазон измерений, В	Значение амплитуды на «Управляющей панели», В	Значения частоты, МГц	
			ФНЧ выкл	ФНЧ вкл
1	2	3	4	5
0	$\pm 0,2$	0,1	0,1	0,1
			1,0	1,0
			10,0	15,0
			50,0	25,0
			100,0	60,0
			150,0	
			165,0	
			220,0	
10	± 2	1	0,1	0,1
			1,0	1,0
			10,0	15,0
			50,0	25,0
			100,0	60,0
			150,0	
			165,0	
			220,0	
30	± 10	5	0,1	0,1
			1,0	1,0
			10,0	15,0
			50,0	25,0
			80,0	60,0
30	± 15	7,5	0,1	0,1
			1,0	1,0
			5,0	5,0
			10,0	10,0
			15,0	15,0

10.5.7 На анализаторе спектра с помощью дельта-маркеров измерить разность между уровнем текущего сигнала и опорным, занести результаты измерений в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

Таблица 7.2. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)			
Диапазон измерений $U_{\max}$, В	Частота, МГц	Измеренное значение неравномерности АЧХ, дБ	Допускаемое значение неравномерности АЧХ, дБ
1	2	3	4
ФНЧ отключен			
$\pm 0,2$	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	10,0		
	50,0		
	100,0		
	150,0		
	165,0		
	220,0		± 3
$\pm 2,0$	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	10,0		
	50,0		
	100,0		
	150,0		
	165,0		
	220,0		± 3
± 10	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	10,0		
	50,0		
	80,0		
± 15	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	5,0		
	10,0		± 3
	15,0		
ФНЧ включен			
$\pm 0,2$	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	15,0		
	25,0		
	60,0		± 3
$\pm 2,0$	0,1	0,00 (опорный уровень)	± 1
	1,0		
	15,0		
	25,0		
	60,0		
	1,0		± 1

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
±10	0,1	0,00 (опорный уровень)	±1
	1,0		
	15,0		
	25,0		
	60,0		±3
±15 В	0,1	0,00 (опорный уровень)	±1
	1,0		
	5,0		
	10,0		
	15,0		±3

10.5.8 Выполнить операции 10.5.2–10.5.7 для всех значений частот сигнала в соответствии с таблицей 7 для указанного диапазона измерений генератора и состояния ФНЧ.

10.5.9 Включить ФНЧ для канала 1 и выполнить действия п.п. 10.5.2–10.5.8 для всех значений частоты сигнала в соответствии с таблицей 7.

10.5.10 Выполнить операции 10.5.2–10.5.9 для всех диапазонов измерений генератора.

10.5.11 Выполнить операции 10.5.2–10.5.10 для канала 2.

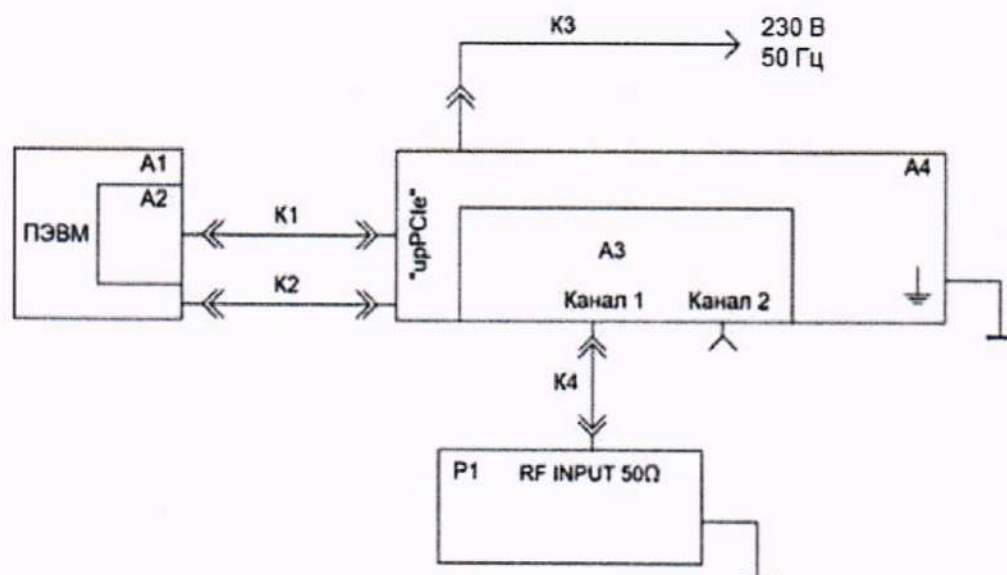
10.5.12 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , и отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: значения неравномерности АЧХ в столбце 3 таблицы 7.2 не превышают допускаемых значений неравномерности АЧХ в столбце 4.

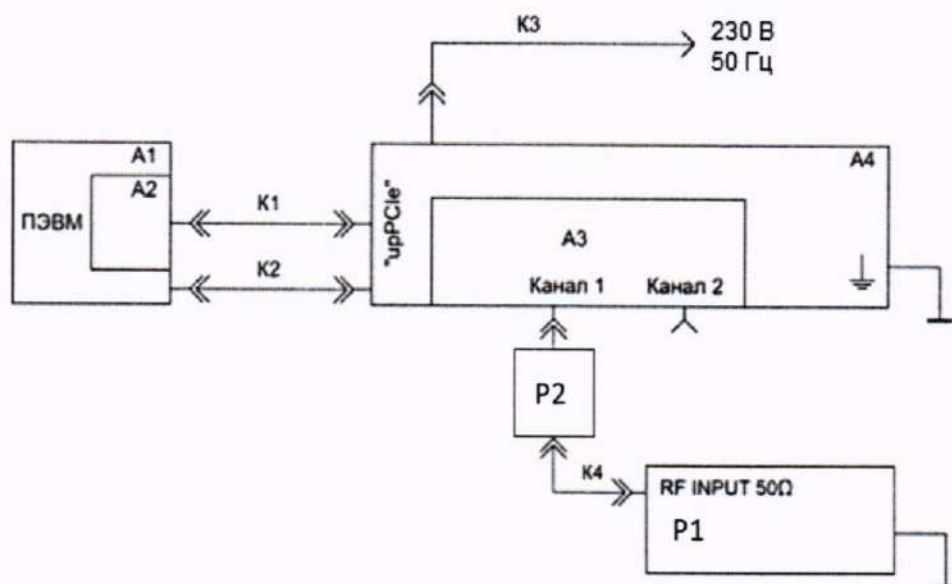
Примечание – При наличии кабеля ethernet, связывающего ПЭВМ с анализатором спектра, возможно провести данную проверку в автоматическом режиме, запустив тест «поверка АЧХ» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» управляющей панели модуля и выполняя указания программы о подключении кабелей. Протокол проверки сохраняется в файл GS201_FreqRes.pdf в папке с управляющей панелью модуля.

10.6 Определение уровня негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом

10.6.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 6 а).



а) без использования аттенюатора



б) с использованием аттенюатора

Рисунок 6 – Схема подключения оборудования для определения уровня негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом

где A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001;

A4, A3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 - анализатор спектра N9020A;

P2 - аттенюатор BW-S20W5+;

K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;

K2 – патч-корд Ethernet;

K3 – кабель сетевой;

K4 – кабель SMB-SMA ФТКС.685661.085.

10.6.2 Включить анализатор спектра, настроить режим измерений:

– начальная частота Start Freq – 50 кГц;

– конечная частота Stop Freq – 0,5 МГц;

- опорный уровень – минус 5 дБм (меню «AMPD»);
- внутреннего аттенюатора – 20 дБ (Amptd-Meh Att);
- RBW – 10 Гц (меню «BW»);
- VBW – «Auto» (меню «BW»);
- соотношение VBW:3dB RBW – «Auto» (меню «BW»);
- соотношение Span: 3dB RBW – «Auto» (меню «BW»);
- Pk Excursion, Pk Threshold, Pk Threshold Line – Off (меню Peak Search – Peak Criteria – Next Peak Criteria)
- развязка входа по постоянному току – DC (меню «Input/Output» - «RF input» - «RF Coupling»).

10.6.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – стандартный;
- тип сигнала - синус;
- сопротивление нагрузки – 50 Ом;
- ФНЧ отключен;
- диапазон – $\pm 0,2$ В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- смещение уровня – 0 В;
- амплитуда – 0,1 В;
- частота сигнала – 0,1 МГц.

10.6.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки «» в «Управляющей панели».

10.6.5 На анализаторе спектра с помощью дельта-маркеров измерить разность между уровнем основной гармоники заданной частоты и уровнем следующей за ней по мощности гармоники любой частоты, не кратной заданной.

10.6.6 Повторить операцию 10.6.5 для всех значений Start Freq, Stop Freq и RBW, заявленных в таблице 8 для проверяемой отметки.

Таблица 8 – Режимы измерений поверяемого генератора и средств поверки

Частота, МГц	Диапазон воспроизведения напряжения генератора			
	±0,2 В	±2 В	±10 В	±15 В
	Амплитуда сигнала генератора			
	0,1 В	1 В	5 В	7,5 В
	Опорный уровень анализатора спектра, дБм (Ref Level)			
	-5	15	10	10
	Значение аттенюатора анализатора спектра (mech Att)			
	20	30	30	30
	Необходимость использовать внешний аттенюатор 20 дБ*			
	Нет	Нет	Да	Да
	Проверяемые частоты, МГц			
	0,1; 1; 10; 50; 100; 220		0,1; 1; 10; 50	0,1; 1; 10
	Значения частот Start Freq/Stop Freq на анализаторе спектра, МГц		Разрешающая способность по частоте анализатора спектра (RBW), Гц	
	0,1	0,05/0,50		10
0,5/1,0		10		
1	0,8/1,2		10	
	0,5/0,8		10	
	1,2/10,0		30	
10	9,8/10,2		10	
	5,0/9,8		100	
	10,2/15,0		100	
	15/100		100	
50	49,8/50,2		10	
	5/45		10 000	
	45,0/49,8		100	
	50,2/55,0		100	
	55/1000		30 000	
100	99,8/100,2		10	
	5/95		30 000	
	95,0/99,8		100	
	100,2/105,0		100	
	105/1000		30 000	
220	219,8/220,2		10	
	5/215		30 000	
	215,0/219,8		100	
	220,2/225,0		100	
	225/1000		30 000	
Примечание - При использовании аттенюатора подключение оборудования осуществляется в соответствии с рисунком 6 б)				

10.6.7 Записать в столбец 3 таблицы 9 максимальное из полученных при разных настройках анализатора спектра (Start Freq, Stop Freq и RBW) значений негармонических искажений $R_{нги}$.

Таблица 9 – Определение уровня негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом

Диапазон измерений U_{max} , В	Частота, МГц	Измеренное значение $R_{нги}$, дБн	Допускаемое значение $R_{нги}$, дБн
1	2	3	4
$\pm 0,2$	0,1		-71
	1,0		-80
	10,0		-80
	50,0		-63
	100,0		-60
	220,0		-27
$\pm 2,0$	0,1		-85
	1,0		-83
	10,0		-86
	50,0		-65
	100,0		-63
	220,0		-30
± 10	0,1		-83
	1,0		-83
	10,0		-83
	50,0		-70
± 15	0,1		-83
	1,0		-83
	10,0		-85

10.6.8 Выполнить операции 10.6.2–10.6.7 для всех значений проверяемых частот выходного сигнала генератора в соответствии с таблицей 9.

10.6.9 Выполнить операции 10.6.2–10.6.8 для всех диапазонов измерений генератора.

10.6.10 Выполнить операции 10.6.2–10.6.9 для канала 2.

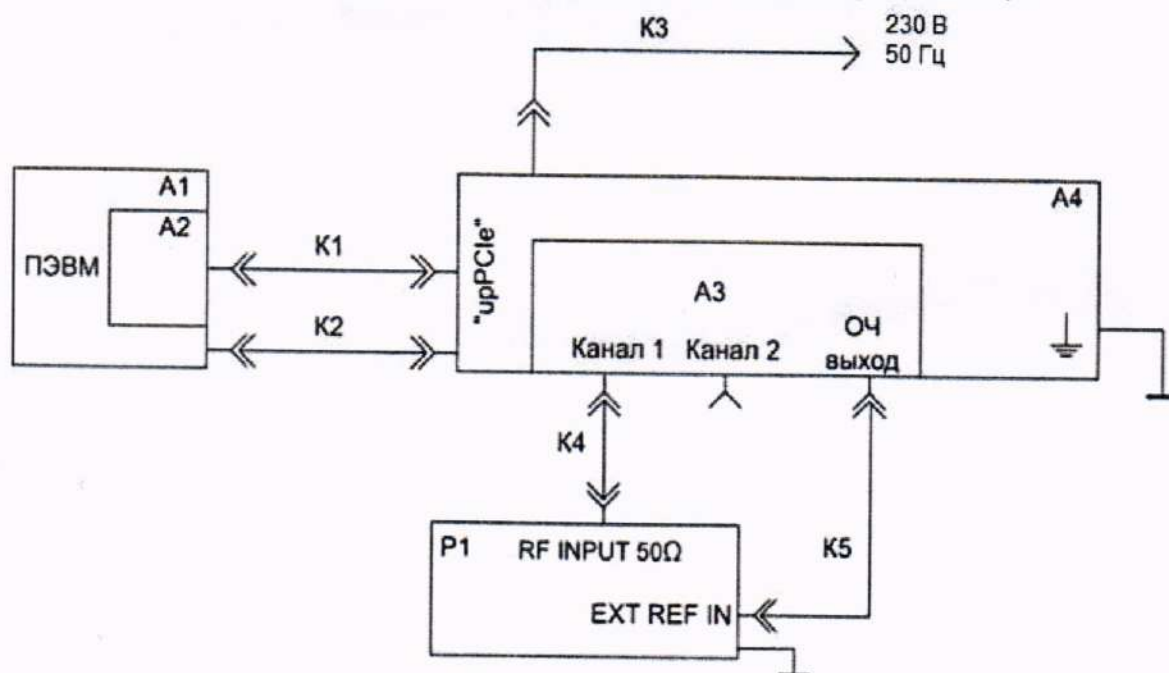
10.6.11 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , и отключить все кабели от его лицевой панели.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: значения уровней негармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом в столбце 3 таблицы 9 не превышают допускаемых значений, указанных в столбце 4.

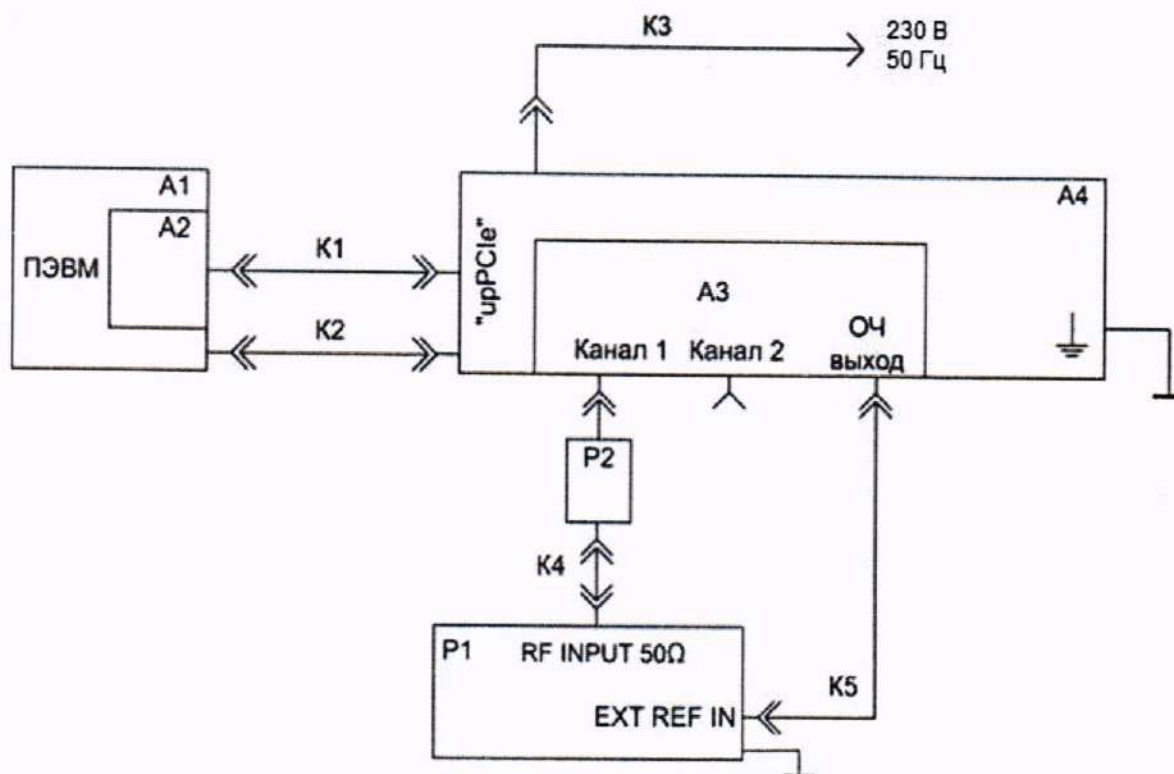
Примечание – При наличии кабеля ethernet, связывающего ПЭВМ с анализатором спектра, возможно провести данную проверку в автоматическом режиме, запустив тест «Негармонические искажения» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» управляющей панели модуля и выполняя указания программы о подключении кабелей. Протокол проверки сохраняется в файл GS201_NonHarmDist.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

10.7 Определение уровня гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом

10.7.1 Подключить оборудование в соответствии со схемой на рисунке 7 а).



а) без использования аттенюатора



б) с использованием аттенюатора

Рисунок 7 – Схема подключения оборудования для определения уровня гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом где A1, A2 – ПЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001; A4, A3 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем генератором;

P1 - анализатор спектра N9020A;
P2 - аттенюатор BW-S20W5+;
K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;
K2 – патч-корд Ethernet;
K3 – кабель сетевой;
K4 – кабель SMB-SMA ФТКС.685661.085
K5 – кабель SMB-BNC ФТКС.685661.004.

10.7.2 Включить анализатор спектра, настроить режим измерений:

- полоса обзора SPAN – в соответствии с таблицей 10.1 для проверяемой точки;
- опорный уровень – минус 5 дБм (меню «AMPD»);
- RBW – «Auto» (меню «BW»);
- VBW – «Auto» (меню «BW»);
- соотношение VBW:3dB RBW – 0,01 (меню «BW»);
- соотношение Span: 3dB RBW – 500 (меню «BW»);
- опорная частота – Sense (меню «Input/Output» – «Freq Ref In»)
- значение аттенюатора (Mech Atten) – 20 дБ;
- Pk Excursion, Pk Threshold, Pk Threshold Line – Off (меню Peak Search – Peak Criteria – Next Peak Criteria)
- развязка входа по постоянному току – DC (меню «Input/Output» - «RF input» - «RF Coupling»).

10.7.3 В «Управляющей панели» ПО генератора установить следующие параметры:

- режим – генератор функций;
- тип сигнала - синус;
- сопротивление нагрузки – 50 Ом;
- ФНЧ отключен;
- диапазон – $\pm 0,2$ В;
- аналоговое смещение – 0 В;
- DC смещение – 0 В;
- амплитуда сигнала – 0,1 В;
- частота сигнала – 0,1 МГц (устанавливается в соответствии с проверяемой точкой);
- источник опорной частоты – внутренний
- опорная частота – 10 МГц
- сигнал опорной частоты на внешнем разъеме «ОЧ Выход» - вкл.

10.7.4 Активировать первый канал генератора и включить генерацию сигнала нажатием кнопки «» в «Управляющей панели».

10.7.5 На анализаторе спектра с помощью дельта-маркеров измерить разность между уровнем основной гармоники заданной частоты и уровнем следующей за ней по мощности гармоники, кратной заданной.

10.7.6 Записать в столбец 4 таблицы 10.1 максимальное из полученных при выполнении п. 10.7.5 значений разности между первой и i -ми гармониками $P_{ги}$.

Таблица 10.1 – Определение уровня гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом

Диапазон измерений $U_{\max}$, В	Частота, МГц	Полоса обзора SPAN, устанавливаемая на анализаторе спектра	Измеренное значение $R_{\text{ги}}$, дБн	Допустимое значение $R_{\text{ги}}$, дБн
1	2	3	4	5
$\pm 0,2$	0,1	от 50 кГц до 1 МГц		-75
	1,0	от 500 кГц до 10 МГц		-72
	10,0	от 1 до 100 МГц		-60
	50,0	от 10 до 300 МГц		-45
	100,0	от 50 до 600 МГц		-35
	220,0	от 200 до 1200 МГц		-25
$\pm 2,0$	0,1	от 50 кГц до 1 МГц		-75
	1,0	от 500 кГц до 10 МГц		-72
	10,0	от 1 до 100 МГц		-60
	50,0	от 10 до 300 МГц		-46
	100,0	от 50 до 600 МГц		-35
	220,0	от 200 до 1200 МГц		-25
± 10	0,1	от 50 кГц до 1 МГц		-76
	1,0	от 500 кГц до 10 МГц		-70
	10,0	от 1 до 100 МГц		-60
	50,0	от 10 до 300 МГц		-43
± 15	0,1	от 50 кГц до 1 МГц		-65
	1,0	от 500 кГц до 10 МГц		-56
	10,0	от 1 до 100 МГц		-36

10.7.7 Выполнить операции 10.7.2÷10.7.6 для всех значений частоты в соответствии с таблицей 10.2.

Таблица 10.2 – Режимы измерений поверяемого генератора и средств поверки

Диапазон воспроизведения напряжения поверяемого генератора			
$\pm 0,2$ В	± 2 В	± 10 В	± 15 В
Амплитуда выходного сигнала поверяемого генератора			
0,1 В	1 В	5 В	7,5 В
Опорный уровень анализатора спектра			
-5	15	10	15
Значение аттенюатора анализатора спектра (Mech Atten)			
20	30	30	30
Необходимость использовать внешний аттенюатор 20 дБ*			
Нет	Нет	Да	Да
Проверяемые частоты, МГц			
0,1; 1; 10; 50; 100; 220	0,1; 1; 10; 50;	0,1; 1; 10	
Примечание:			
* - при использовании аттенюатора подключение оборудования осуществляется в соответствии с рисунком 7 б)			

10.7.8 Выполнить операции 10.7.2–10.7.7 для всех диапазонов измерений генератора в соответствии с таблицей 10.2.

10.7.9 Выполнить операции 10.7.2 –10.7.8 для канала 2.

10.7.10 Выключить генерацию сигнала, отключив активный канал генератора нажатием кнопки , отсоединить кабели от генератора.

КРИТЕРИЙ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ: значения уровней гармонических искажений при воспроизведении синусоидального сигнала на нагрузку 50 Ом в столбце 3 таблицы 10.2 не должны превышать значений, указанных в столбце 4.

Примечание – При наличии кабеля ethernet, связывающего ПЭВМ с анализатором спектра, возможно провести данную проверку в автоматическом режиме, запустив тест «Гармонические искажения» для канала 1 и канала 2 через вкладку «Поверка» управляющей панели модуля и выполняя указания программы о подключении кабелей. Протокол проверки сохраняется в файл GS201_HarmDist.pdf в папке C:\Users\%username%\Documents\GS201.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки представляются в соответствии с действующими правовыми нормативными документами и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Для периодической поверки в сокращенном объеме (пункт настоящего документа) должны быть указаны сведения об измерительных каналах, для которых была выполнена поверка.

11.2 При положительных результатах по запросу пользователя (заявителя) оформляется свидетельство о поверке на бумажном носителе.

11.3 При положительных результатах поверки на поверяемое средство измерений пользователь наносит знак поверки в соответствии с описанием типа средства измерений.

11.4 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, по запросу пользователя (заявителя) выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин непригодности.

11.5 По запросу пользователя (заявителя) оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки допускается привести качественные результаты измерений с выводами о соответствии поверенного средства измерений метрологическим требованиям без указания измеренных числовых значений величин, если пользователь (заявитель) не предъявил требование по указанию измеренных действительных значений.