



СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ООО «РАВНОВЕСИЕ»


«24» 11 2025 г.

А. В. Копытов



Государственная система обеспечения единства измерений

Генераторы сигналов GSM PXIe

Методика поверки

РВНЕ.0034-2025 МП

г. Москва
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на генераторы сигналов ГСМ PXIe (далее – генератор, СИ), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «VXI-Системы» (ООО «VXI-Системы»), и устанавливает процедуры, проводимые при первичной и периодической поверке по подтверждению соответствия СИ метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

1.2 При поверке генератора должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), установленные при утверждении типа генераторов и указанные в таблице А.1 Приложения А.

1.3 В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого генератора к государственным первичным эталонам единиц величин поверку необходимо проводить в соответствии с процедурами и требованиями, установленными в настоящей методике поверки.

1.4 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого генератора к следующим государственным эталонам:

- ГЭТ 1-2022 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 года № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

- ГЭТ 26-2010 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3461 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц».

1.5 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – метод прямых измерений.

1.6 Допускается проведение периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин в соответствии с заявлением владельца средства измерений, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1.7 Все вводимые в электронно-вычислительную машину значения величин должны быть представлены в основных единицах международной системы единиц физических величин СИ в формате с плавающей точкой.

1.8 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 шрифта.

1.9 Перечень принятых сокращений:

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;

КАМ – коэффициент амплитудной модуляции;

НМ – носитель модулей типа NMPXI AXIe-1, CH-14 PXIe, CH-14 PXIe-PC, PXIe-10 и аналогичные, поддерживающие работу с модулями стандарта PXIe;

ОС – операционная система;

ПО – программное обеспечение;

ППВ – программа поверки;

ППМ – программа проверки модулей;

РЭ – руководство по эксплуатации;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

СИ – средство измерений;

Приказ № 2360 – Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 года;

Приказ № 3461 – Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года;

Рег. № – регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	10
Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от собственного генератора опорного сигнала	да	да	10.1
Определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности	да	да	10.2
Определение уровня гармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала	да	да	10.3
Определение уровня негармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала (уровень сигнала -10 дБ (1 мВт))	да	да	10.4
Определение спектральной плотности мощности фазового шума при отстройке частоты 10 кГц относительно несущего сигнала	да	да	10.5
Определение абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции амплитудной модуляции сигнала	да	да	10.6
Определение относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции сигнала	да	да	10.7
Определение абсолютной погрешности установки девиации фазы фазовой модуляции сигнала	да	да	10.8
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11
Оформление результатов поверки	да	да	12

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура окружающей среды от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность окружающей среды от 30 % до 80 %;

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ РХIе. Методика поверки»

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

– изучившие настоящую методику поверки;
– изучившие эксплуатационную документацию на поверяемый генератор и средства поверки;

– имеющие необходимую квалификацию и опыт в соответствии с требованиями, изложенными в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 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
Основные средства поверки		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом № 2360	Стандарт частоты рублиевый FS 725, рег. № 31222-06
	Средство измерений частоты переменного тока в диапазоне измерений частоты переменного тока от 9 кГц до 3 ГГц. Предел допускаемой относительной погрешности измерений частоты $2 \cdot 10^{-7}$.	Частотомер универсальный CNT-90, рег. № 41567-09
	Средство измерений частоты переменного тока в диапазоне измерений частоты переменного тока от 10 ГГц до 20 ГГц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока $\pm(\delta_0 \cdot F \cdot T_3 + 1$ ед. мл. разряда), где $\delta_0 = \pm 1 \cdot 10^{-7}$ за месяц, F – частота сигнала, T_3 – количество месяцев эксплуатации после последней калибровки (поверки)	Частотомер электронно-счетный 53150А, рег. № 61967-15
	Средство измерений частоты сигнала согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом № 3461 в диапазоне измерений частот от 10 ГГц до 26,5 ГГц. Средство измерений мощности согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом № 3461 в диапазоне измерений от -150 до -30 дБмВт. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm(0,33 \text{ дБ} + A)$, где A – неравномерность АЧХ. Неравномерность АЧХ относительно опорной частоты 50 МГц $\pm(0,45 - 0,6)$, дБ.	Анализатор спектра N9020A (с опциями 526, N9068A, N9063A), рег. № 31434-06

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ РХIе. Методика поверки»

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Диапазон измерений фазового шума от -170 до минус 20 дБн/Гц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазового шума $\pm 0,3$ дБ. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения КАМ $\pm(0,2 + 0,002 \cdot K)$ %, где K – измеряемый коэффициент амплитудной модуляции. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений девиации частоты $\pm 0,2$ %. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений девиации фазы $\pm 0,2$ %. Полоса демодуляции до 160 МГц.	
Вспомогательные средства поверки		
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 °С до +25 °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 1 °С. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 %, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 3 %. Средства измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 5 гПа	Термогигрометр «ИВА-6Н-Д», рег. № 46434-11
п.п. 8 - 10	Управляющая ЭВМ с установленной платой Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001 (GEN3 x8) и внешними устройствами и следующим установленным ПО: ОС Windows (32 или 64-bit) или ОС Linux, комплект ПО модулей Информтест Носитель модулей (далее - НМ) типа HMPXI AXIe-1 ФТКС.468260.186 или шасси CN-14 PXIe ФТКС.469133.024 или другой аналогичный НМ, поддерживающие работу с модулями стандарта PXIe. Кабель питания EU-Schuko/IEC320-C13 PC-SH-C13-10A-1.8 1 Schuko. Кабель RFC26-RFC8_CL086-SMAв-SMBp-26.9 mm. Кабель RFC26-RFC8_CCL086-SMAв-SMAв-18.4 mm. Кабель RFC26-RFC8_CCL086-SMAв-SMAв-22.9 mm. Кабель RFC26-RFC8_CL086-SMAв-SMAв-26 mm. Кабель ФТКС.685661.009-09. Кабельная сборка SMA-SMA RFC26-RFC2_51_FEP-35в-35в-1000мм/ARM3. Кабель BNC-BNC ФТКС.685661.182. Коаксиальный переход SMA розетка – BNC вилка. Коаксиальный переход SMA розетка – N вилка.	
П р и м е ч а н и е – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, а также другое вспомогательное оборудование, удовлетворяющее техническим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемый генератор и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Генератор допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид генератора соответствует описанию, приведенному в описании типа;
- отсутствуют видимые дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

Примечание – При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются, и генератор допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, генератор к дальнейшей поверке не допускается.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

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 п. 3.1, не менее 2 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, 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 Опробование генератора

- 1) Установить генератор в НМ и выполнить соединение НМ с ЭВМ.
- 2) Установить межмодульные кабельные перемычки в соответствии с рисунком В.1 приложения В.
- 3) Включить питание НМ, выждать не менее 20 мин.
- 4) Включить питание ЭВМ, убедиться в отсутствии сообщений об ошибках в результате самотестирования и загрузки операционной системы.
- 5) Запустить файл «gsivi.exe», выждать не менее 10 мин.
- 6) В меню «Окно конфигурации устройства» выбрать генератор, преобразователь частоты вверх и синтезатор частоты, проставив галочки в колонке «Тип». В колонке «Канал» у преобразователя частоты вверх и синтезатора частоты выбрать канал 1, нажать «Завершить конфигурацию».
- 7) На управляющей панели в меню «Инструмент» выбрать пункт «Самоконтроль», дождаться завершения проверки.

Генератор допускается к дальнейшей поверке, если при выполнении самоконтроля отсутствуют сообщения о неисправностях.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Для подтверждения соответствия ПО необходимо после запуска файла «gsivi.exe» в главном меню управляющей панели в разделе «Помощь» выбрать «Об инструменте», во вкладке «Генератор сигналов» считать идентификационные данные ПО (версия драйвера, контрольная сумма драйвера).

Генератор допускается к дальнейшей поверке, если идентификационные данные ПО соответствуют данным, указанным в описании типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от собственного генератора опорного сигнала

Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от собственного генератора опорного сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабеля BNC-BNC соединить выход «10 MHz» стандарта частоты FS725 со входом «EXT REF FREQ INPUT» на задней панели частотомера CNT-90. Перевести частотомер CNT-90 в режим работы от внешнего опорного генератора.

2) При помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-BNC соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PXIe) со входом А частотомера CNT-90.

3) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – 1 МГц;
- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);

- форма сигнала  Синус – синус; _____

- модуляция – выключена  Отсутствует.

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:

вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц;

вкладка «ОЧ»:

- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;

- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;

- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть ползунок «Коммутация»  вправо.

4) Занести в протокол поверки значение частоты сигнала, измеренное частотомером CNT-90.

5) Определить относительную погрешность установки частоты при работе от собственного генератора опорного сигнала по формуле (1).

6) Повторить операции 3) – 5) для значений частот 10 и 100 МГц поверяемого генератора.

7) При помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PXIe) со входом С частотомера CNT-90.

8) Повторить операции 3) – 5) для значений частот 500 и 1000 МГц поверяемого генератора.

9) При помощи кабеля BNC-BNC соединить выход «10 MHz» стандарта частоты FS725 со входом «EXT REF FREQ INPUT» на задней панели частотомера 53150A. Перевести частотомер 53150A в режим работы от внешнего опорного генератора.

10) При помощи кабельной сборки SMA-SMA соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PXIe) со входом «Channel 2» частотомера 53150A.

11) Повторить операции 3) – 5) для значений частот 7 и 14,5 ГГц поверяемого генератора.

12) По завершении проверки остановить генерацию сигнала сдвигом ползунка «Коммутация» влево и нажатием кнопки «Прекращение генерации».

10.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности

Определение погрешности установки уровня выходной мощности выполняется в автоматическом режиме, для запуска которого выполнить следующие действия:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) В меню «Настройки» установить следующий режим измерений:
вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внутренний.

3) В меню «Инструмент» управляющей панели генератора выбрать «Поверка», в строке «Анализатор спектра» нажать кнопку «Найти». В появившемся окне выбрать «Анализатор спектра N9020A», нажать кнопку «ОК».

4) В списке задач выбрать «Конвертер». Вручную установить допустимый уровень сигнала 1 дБ, убрав галочку с поля «2 дБ». В этой же строке нажать кнопку «Изменить диапазон» и установить начальную частоту 1 МГц, конечную частоту 14,5 ГГц, количество шагов 30, проверяемые уровни сигнала минус 10 дБ (1 мВт), минус 35 дБ (1 мВт) и минус 70 дБ (1 мВт), нажать кнопку «ОК».

5) В поле «Управление поверкой» нажать кнопку «Старт», выполнять указания программы.

Примечание: значение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности определяется программно по формуле (2).

6) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.3 Определение уровня гармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала

Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – в соответствии с таблицей 3;

- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);

- форма сигнала  – синус; _____

- модуляция – выключена Отсутствует;

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:
вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц.

вкладка «ОЧ»:

- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;

- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;

- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть

ползунок «Коммутация»  вправо.

Таблица 3 – Точки поверки при определении уровня гармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала

Частота генератора	Центральная частота анализатора спектра	Полоса пропускания ResBW анализатора спектра
1 МГц	1 МГц	100 кГц
10 МГц	10 МГц	100 кГц
300 МГц	1 ГГц	100 кГц
700 МГц	3 ГГц	100 кГц
5 ГГц	5 ГГц	10 кГц
13 ГГц	14 ГГц	10 кГц

На анализаторе спектра нажать кнопку «Meas», выбрать «Harmonics», установить следующий режим измерений:

- центральная частота – в соответствии с таблицей 3;

- полоса пропускания ResBW – в соответствии с таблицей 3;

- опорный уровень – 0 дБ (1 мВт).

3) Занести в протокол поверки значение максимального уровня гармонических составляющих $N_{изм}$, измеренное анализатором спектра N9020A.

4) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.4 Определение уровня негармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала (уровень сигнала -10 дБ (1 мВт))

Определение уровня негармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала (уровень сигнала -10 дБ (1 мВт)) выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВ15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – в соответствии с таблицей 4;

- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);

- форма сигнала  Синус – синус; _____

- модуляция – выключена Отсутствует.;

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:
вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц.
- вкладка «ОЧ»:
- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;
- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;
- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть

ползунок «Коммутация»  вправо.

Таблица 4 – Точки поверки для определения уровня негармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала (уровень сигнала -10 дБ (1 мВт))

Частота генератора	Настройки анализатора спектра	
	Начальная частота	Конечная частота
1 МГц	100 кГц	10 МГц*
10 МГц	1 МГц	100 МГц*
100 МГц	1 МГц	1 ГГц*
1 ГГц	10 МГц	14,5 ГГц
3 ГГц	10 МГц	14,5 ГГц
7 ГГц	10 МГц	14,5 ГГц
10 ГГц	10 МГц	14,5 ГГц
14 ГГц	10 МГц	14,5 ГГц

* – значение конечной частоты для определения уровня основной гармоники заданной частоты. Для определения уровня гармоники следующей за основной по мощности гармоники любой частоты, не кратной заданной, необходимо установить конечную частоту 14,5 ГГц.

- 3) На анализаторе спектра установить следующий режим измерений:
 - опорный уровень – 0 дБмВт (меню «AMPD»);
 - RBW и VBW – «Auto» (меню «BW»);
 - соотношение VBW:3dB RBW – 0.01 (меню «BW»);
 - соотношение Span: 3dB RBW – 500 (меню «BW»);
 - развязка входа по постоянному току – DC (меню «Input/Output» → «RF input» → «RF Coupling»);
 - начальная частота – в соответствии с таблицей 4;
 - конечная частота – в соответствии с таблицей 4.
- 4) На анализаторе спектра с помощью функции «Peak Search» измерить уровень основной гармоники заданной частоты и следующей за ней по мощности гармоники любой частоты, не кратной заданной. Определить их разность и занести в протокол поверки как $P_{нги}$, дБн.
- 5) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки  и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.5 Определение спектральной плотности мощности фазового шума при отстройке частоты 10 кГц относительно несущего сигнала

Определение спектральной плотности мощности фазового шума при отстройке частоты 10 кГц относительно несущего сигнала, на разных частотах несущего сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВb15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ PXIe. Методика поверки»

- частота – 1 МГц;
- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);
- форма сигнала  – синус; _____
- модуляция – выключена ;

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:
вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц.
- вкладка «ОЧ»:
- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;
 - поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;
 - ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть ползунок «Коммутация»  вправо.

3) Настроить режим работы анализатора спектра по следующему алгоритму:

Mode → Phase noise;

Meas → Log Plot;

Meas setup → More → Decade table on (полоса отстройки устанавливается по умолчанию от 100 Гц до 1 МГц);

Freq → Auto tune.

4) Занести в протокол поверки значение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала, измеренное анализатором спектра N9020A на частоте отстройки от несущей 10 кГц.

5) Повторить операции поверки 2) – 4) для частот выходного сигнала генератора 10, 100 МГц, 1, 5, 10, 14,5 ГГц.

6) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.6 Определение абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции амплитудной модуляции сигнала

Определение абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции амплитудной модуляции сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВв15-PX1e) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – 1 МГц;
- мощность – минус 45 дБ (1 мВт);
- форма сигнала – синус;
- модуляция – АМ;
- частота АМ – 1 кГц.

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:
вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц;
- индекс (коэффициент) модуляции – 10 %.

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ PX1e. Методика поверки»

вкладка «ОЧ»:

- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;
- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;
- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть

ползунок «Коммутация»  вправо.

3) Настроить режим работы анализатора спектра по следующему алгоритму:

Mode → Analog Demod;

Meas → AM;

Freq – 1 МГц;

BW → Channel BW (Demod) – 4 кГц.

4) Занести в протокол поверки значение коэффициента амплитудной модуляции AM сигнала, отображенное в поле $(P_k - P_k)/2$ анализатора спектра N9020A.

5) Определить абсолютную погрешность установки коэффициента амплитудной модуляции AM сигнала по формуле (2).

6) Повторить операции поверки 2) – 5) для коэффициентов AM 30 % и 80 %.

7) Повторить операции поверки 2) – 6) для частот выходного сигнала генератора 10 и 100 МГц, 1 и 14,5 ГГц.

8) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.7 Определение относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции сигнала

Определение относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВ15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – в соответствии с таблицей 5;
- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);
- форма сигнала – синус;
- модуляция – ЧМ;
- частота ЧМ – в соответствии с таблицей 5.

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений:

вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц;
- девиация – в соответствии с таблицей 5.

вкладка «ОЧ»:

- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;
- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;
- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть

ползунок «Коммутация»  вправо.

Таблица 5 – Точки поверки для определения относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции сигнала

Несущая частота	Частота ЧМ	Девиация	Channel BW
1 МГц	1 кГц	1 кГц	10 кГц
		10 кГц	100 кГц
10 МГц	1 кГц	1 кГц	10 кГц
		10 кГц	100 кГц
		1 МГц	10 МГц
100 МГц	1 кГц	1 кГц	10 кГц
		10 кГц	100 кГц
		1 МГц	10 МГц
		10 МГц	25 МГц
1 ГГц	1 кГц	1 кГц	10 кГц
		10 кГц	100 кГц
		1 МГц	10 МГц
		10 МГц	25 МГц
14,5 ГГц	1 кГц	1 кГц	10 кГц
		10 кГц	100 кГц
		1 МГц	10 МГц
		10 МГц	25 МГц

3) Настроить режим работы анализатора спектра по следующему алгоритму:

Mode → Analog Demod;

Meas → FM;

Freq – в соответствии с таблицей 5;

BW → Channel BW (Demod) – в соответствии с таблицей 5.

4) Для каждой точки занести в протокол поверки значение девиации частоты ЧМ сигнала, отображенное в поле (Pk-Pk)/2 анализатора спектра N9020A.

5) Определить относительную погрешность установки девиации частоты ЧМ сигнала по формуле (1).

6) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

10.8 Определение абсолютной погрешности установки девиации фазы фазовой модуляции сигнала

Определение абсолютной погрешности установки девиации фазы фазовой модуляции сигнала выполнять в следующем порядке:

1) В соответствии с рисунком В.2 приложения В при помощи кабельной сборки SMA-SMA и коаксиального перехода SMA-N соединить выход генератора «ВЧ Вых» (модуль ПЧВ15-PXIe) со входом анализатора спектра.

2) На управляющей панели генератора установить следующий режим измерений:

- частота – 1 МГц;
- мощность – минус 10 дБ (1 мВт);
- форма сигнала – синус;
- модуляция – ФМ;
- частота ФМ – 1 кГц.

В меню «Настройки»  установить следующий режим измерений: вкладка «Канал»:

- источник ОЧ для синтезатора частот – внешний 10 МГц;

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ PXIe. Методика поверки»

- девиация – 10 °.

вкладка «ОЧ»:

- источник опорной частоты – внутренний 10 МГц;

- поставить галочку «Выдача опорной частоты на внешний разъём «ОЧ выход»;

- ОЧ выход – 10 МГц.

Вкладка «Триггер»:

- источник триггера – программный.

На управляющей панели генератора последовательно нажать запуск  и передвинуть

ползунок «Коммутация»  вправо.

3) Настроить режим работы анализатора спектра по следующему алгоритму:

Mode → Analog Demod;

Meas → ФМ;

Freq – 1 МГц;

BW → Channel BW (Demod) – 20 кГц.

4) Занести в протокол поверки значение девиации фазы, отображенное в поле (Рк-Рк)/2 анализатора спектра N9020A.

5) Определить абсолютную погрешность установки девиации фазы фазовой модуляции по формуле (2).

6) Повторить операции поверки 2) – 5) для девиации фазы 90° и 180°.

7) Повторить операции поверки 2) – 6) для частот выходного сигнала генератора 10 и 100 МГц.

8) В настройках генератора установить источник ОЧ для синтезатора частот – внутренний и повторить операции поверки 2) – 6) для частот выходного сигнала генератора 1 и 14,5 ГГц.

9) По завершении проверки остановить генерацию сигнала нажатием кнопки «» и сдвигом ползунка «Коммутация» влево.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Значение относительной погрешности измерений/воспроизведений определяется по формуле (1), %:

$$\delta_X = \frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}}{X_{\text{эт}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $X_{\text{изм}}$ – значение физической величины, воспроизведенное/измеренное прибором, в единицах величин воспроизведенной/измеряемой физической величины;

$X_{\text{эт}}$ – значение физической величины, воспроизведенное/измеренное эталоном, в единицах величин воспроизведенной/измеряемой физической величины.

11.2 Значение абсолютной погрешности измерений, в единицах величин и воспроизведенной/измеряемой физической величины, определяется по формуле (2):

$$\Delta_X = X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}, \quad (2)$$

где $X_{\text{изм}}$ – значение физической величины, воспроизведенное/измеренное прибором, в единицах величин воспроизведенной/измеряемой физической величины;

$X_{\text{эт}}$ – значение физической величины, воспроизведенное/измеренное эталоном, в единицах величин воспроизведенной/измеряемой физической величины.

11.3 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.1, установленным при утверждении типа, если полученные значения относительной погрешности установки частоты при работе от собственного генератора опорного сигнала не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

РВНЕ.0034-2025 МП

«ГСИ. Генераторы сигналов ГСМ РХIе. Методика поверки»

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.1 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.1), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.1 признают отрицательными.

11.4 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.2, установленным при утверждении типа, если полученные значения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.2 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.2), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.2 признают отрицательными.

11.5 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.3, установленным при утверждении типа, если полученные значения максимальных относительных уровней гармонических составляющих в спектре выходного сигнала не превышают значений, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.3 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.3), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.3 признают отрицательными.

11.6 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.4, установленным при утверждении типа, если полученные значения негармонических составляющих в спектре выходного сигнала не превышают значений, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.4 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.4), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.3 признают отрицательными.

11.7 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.5, установленным при утверждении типа, если полученные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала не превышают значений, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.5 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.5), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.5 признают отрицательными.

11.8 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.6, установленным при утверждении типа, если полученные значения абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции амплитудной модуляции сигнала не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.6 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.6), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.6 признают отрицательными.

11.9 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.7, установленным при утверждении типа, если полученные значения относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции сигнала не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.7 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.7), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.6 признают отрицательными.

11.10 Генератор подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.8, установленным при утверждении типа, если полученные значения абсолютной погрешности установки девиации фазы фазовой модуляции сигнала не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий по п. 10.8 (когда генератор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям по п. 10.8), поверку генератора прекращают, результаты поверки по п. 10.8 признают отрицательными.

12 ФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки генератора подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

12.2 По заявлению владельца генератора или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда осциллограф подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений, и (или) нанесением на генератор знака поверки, и (или) внесением в формуляр генератора записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.3 По заявлению владельца генератора или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда осциллограф не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

12.4 Протоколы поверки генератора оформляются в произвольной форме.

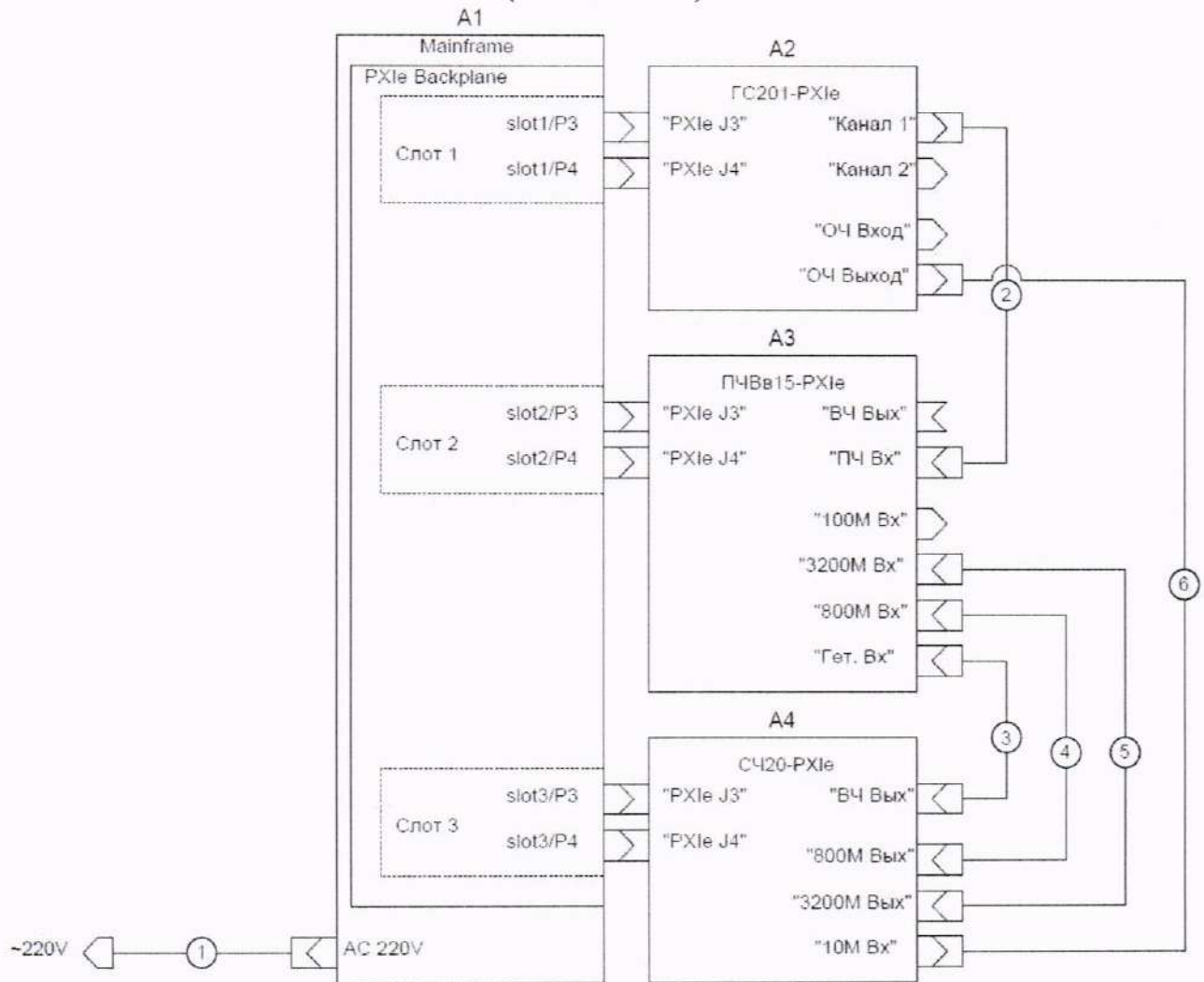
Приложение А
(обязательное)
Метрологические характеристики средств измерений

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных каналов	1
Выходное сопротивление, Ом	50
Диапазон установки частоты, ГГц	от 0,001 до 14,5
Дискретность установки частоты, Гц	10
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от собственного генератора опорного сигнала	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$
Диапазон установки уровня мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт)	от -70 до -10
Дискретность установки уровня мощности выходного сигнала, дБ	0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала, не более, дБ	$\pm 1,5$
Уровень гармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала, дБн, не более:	
– от 1 до 10 МГц включ.	-25
– св. 10 до 700 МГц включ.	-35
– св. 700 МГц	-40
Уровень негармонических составляющих относительно основного немодулированного сигнала (уровень сигнала -10 дБ (1 мВт)), дБн, не более:	
– 1 МГц	-20
– 10 МГц	-35
– 100 МГц	-35
– 1 ГГц	-40
– 3 ГГц	-40
– 7 ГГц	-35
– 10 ГГц	-35
– 14 ГГц	-20
Спектральная плотность мощности фазового шума при отстройке частоты 10 кГц относительно несущего сигнала, на разных частотах несущего сигнала, дБн/Гц, не более:	
– 1 МГц	-100
– 10 МГц	-100
– 100 МГц	-100
– 1 ГГц	-100
– 5 ГГц	-90
– 10 ГГц	-90
– 14,5 ГГц	-90
Аналоговые виды модуляции	
Диапазон модулирующих частот, Гц	от 10 до $5 \cdot 10^6$
Диапазон установки коэффициента амплитудной модуляции, %	от 0 до 100
Дискретность установки коэффициента амплитудной модуляции, %	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции ($K_{AM} \leq 80\%$) при модулирующей частоте 1 кГц, %	$\pm 0,5$
Диапазон установки девиации частоты частотной модуляции, Гц	от 0 до 10^7

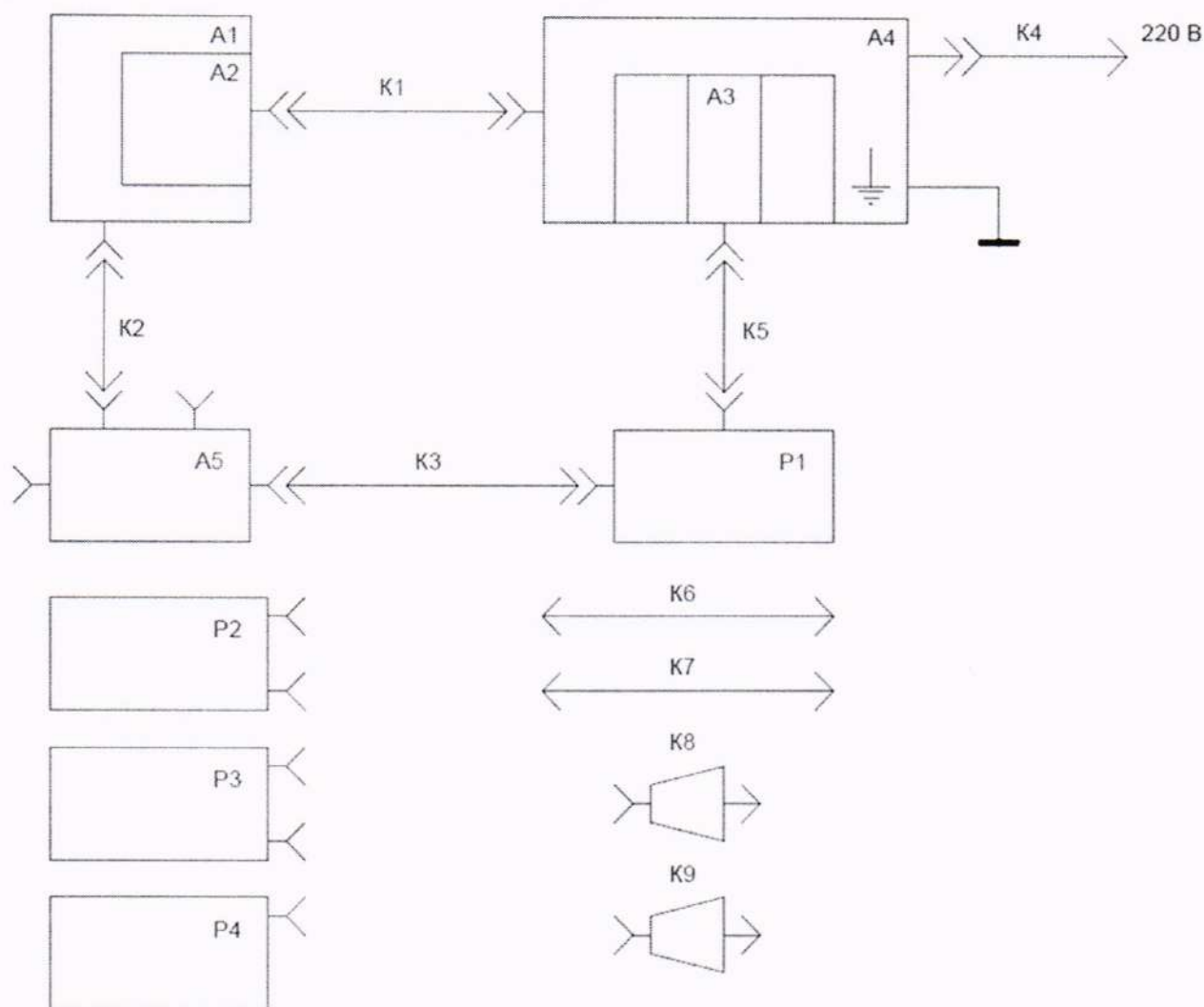
Наименование характеристики	Значение
Дискретность установки девиации частоты частотной модуляции, Гц	0,12
Пределы допускаемой относительной погрешности установки девиации частоты частотной модуляции при модулирующей частоте 1 кГц, %	± 5
Диапазон установки девиации фазы фазовой модуляции, °	от 0 до 180
Дискретность установки девиации фазы фазовой модуляции, °	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации фазы фазовой модуляции при модулирующей частоте 1 кГц, °	$\pm 0,5$

Приложение В (обязательное)



- A1 – шасси CH-03 PXIe PC ФТКС.469133.032
 A2 – генератор сигналов ГC201-PXIe ГВТУ.468266.005
 A3 – переносчик вверх ПЧВв15-PXIe ГВТУ.468266.026
 A4 – гетеродин СЧ20-PXIe ГВТУ.468266.017
 1 – кабель питания EU-Schuko/IEC320-C13 PC-SH-C13-10A-1.8 1 Schuko
 2 – кабель RFC26-RFC8_CL086-SMAв-SMBp-26.9 mm
 3 – кабель RFC26-RFC8_CCL086-SMAв-SMAв-18.4 mm
 4 – кабель RFC26-RFC8_CCL086-SMAв-SMAв-22.9 mm
 5 – кабель RFC26-RFC8_CL086-SMAв-SMAв-26 mm
 6 – кабель ФТКС.685661.009-09

Рисунок В.1 – Структурная схема генератора



- A1 – ЭВМ с установленным модулем Host Adapter PCIe ФТКС.468352.001 (A2);
 A4 – НМ типа шасси CH-14 PXIe ФТКС.469133.024 с установленным в нем проверяемым генератором (A3);
 A5 – сетевой коммутатор Ethernet на 4 порта;
 P1 – анализатор спектра N9020A (с опциями 526, N9068A, N9063A);
 P2 – частотомер универсальный CNT-90;
 P3 – стандарт частоты рубидиевый FS 725;
 P4 – частотомер электронно-счетный 53150A;
 K1 – кабель PXIe MOLEX 745460802;
 K2, K3 – патч-корд Ethernet;
 K4 – кабель сетевой;
 K5 – кабельная сборка SMA-SMA RFC26-RFC2_51_FEP-35В-35В-1000мм/ARM3 или другая, обеспечивающая минимальные потери мощности сигнала и наилучшую стабильность параметров в рабочем диапазоне частот генератора;
 K6, K7 – кабель BNC-BNC ФТКС.685661.182;
 K8 – переход коаксиальный SMA розетка – BNC вилка;
 K9 – переход коаксиальный SMA розетка – N вилка

Рисунок В.2 – Схема рабочего места при проведении поверки генераторов