

Государственная система обеспечения единства измерений
Акционерное общество
«Приборы, Сервис, Торговля»
(АО «ПриСТ»)

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«15» февраля 2021 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Генераторы сигналов специальной формы
серии АКПП-3423**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ПР-02-2021МП**

**г. Москва
2021 г.**

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок генераторов сигналов специальной формы серии АКПП-3423, изготавливаемых «Shijiazhuang Suin Instruments CO., LTD.», Китай.

Генераторы сигналов специальной формы серии АКПП-3423 (далее – генераторы) предназначены для генерации периодических немодулированных сигналов различных форм, сигналов с различными видами модуляции и сигналов произвольной формы.

Интервал между поверками - 1 год.

Периодическая поверка генераторов в случае их использования на меньшем числе выходных каналов, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца генераторов, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке генераторов.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения	7.3	Да	Да
4 Определение относительной погрешности установки частоты	7.4	Да	Да
5 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного напряжения	7.5	Да	Да
6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)	7.6	Да	Да
7 Определение абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения	7.7	Да	Да
8 Определение уровня гармоник в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей	7.8	Да	Да
9 Определение суммарных гармонических искажений в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц	7.9	Да	Да
10 Определение длительности фронта и среза сигналов прямоугольной формы	7.10	Да	Да

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, перечисленные в таблицах 2 и 3.

2.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью (погрешность измерений должна быть минимум в 3 раза ниже чем у поверяемых СИ).

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены, сведения о результатах поверки средств поверки должны быть включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта МП	Тип средства поверки
7.4	Частотомер универсальный CNT-90. Диапазон частот от 0,002 Гц до 400 МГц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения частоты не хуже $\pm 2 \cdot 10^{-7}$
7.5	Вольтметр универсальный В7-78/1, погрешность измерения напряжение постоянного тока $\pm 0,0035$ %, погрешность измерения напряжения переменного тока $\pm 0,06$ %.
7.6	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18A. Диапазон частот от 8 кГц до 18 ГГц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^2$ мВт $\pm 2,5$ %
7.7	Вольтметр универсальный В7-78/1, погрешность измерения напряжение постоянного тока $\pm 0,0035$ %, погрешность измерения напряжения переменного тока $\pm 0,06$ %.
7.8	Анализатор сигналов N9030A. Диапазон частот от 3 Гц до 26,5 ГГц (используется до 1,2 ГГц). Гармонические искажения не более -70 дБн.
7.9	Измеритель нелинейных искажений АКИП-4501, используемый частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц, диапазон измерений коэффициентов нелинейных искажений от 0,01 до 50 %.
7.10	Осциллограф цифровой запоминающий HDO6104AR, полоса пропускания не менее 1 ГГц, время нарастания переходной характеристики 450 пс.
Примечание, здесь и далее дБн – относительный уровень мощности спектральных составляющих сигнала, выраженный в дБ относительно уровня несущей;	

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки для контроля параметров окружающей среды и электропитания

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Класс точности, погрешность	Тип средства поверки
Температура	от 0 до +50 °С.	$\pm 0,25$ °С	Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A
Давление	от 30 до 120 кПа	± 300 Па	Манометр абсолютного давления Testo 511
Влажность	от 10 до 100 %	± 2 %	Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A
Напряжение питающей сети	от 50 до 480 В	$\pm 0,2$ %	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800
Частота питающей сети	от 45 до 66 Гц	± 1 %	

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки и соответствующие требованиям к поверителям средств измерений согласно ГОСТ Р 56069-2018.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г № 328Н.

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

5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С23±5;
- относительная влажность, % до 80;
- атмосферное давление, кПаот 84 до 106;
- напряжение сети, В.....230±30;
- частота сети, Гц.....50±0,5

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.27.0-75;

– проверить наличие действующих свидетельств поверки на основные и вспомогательные средства поверки.

6.2 Средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации и выдержаны во включенном состоянии не менее 30 минут.

6.3 Проверено наличие удостоверения у поверителя на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

6.4 Контроль условий проведения поверки по пункту 5 должен быть проведен перед началом поверки.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Провести визуальный контроль чистоты и целостности всех соединителей поверяемого генератора. В случае обнаружения посторонних частиц провести чистку соединителей.

7.1.2 Провести визуальный контроль целостности кабеля питания.

7.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений, шумов внутри корпуса, обусловленных наличием незакрепленных деталей, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки и пломб.

Примечание: к механическим повреждениям относятся глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центрального или внешнего проводников соединителей, вмятины на корпусе генератора, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики генератора.

7.1.4 Результаты выполнения операции считать положительными, если:

- кабель питания не имеет повреждений;
- отсутствуют механические повреждения на соединителях и корпусе поверяемого генератора;

- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют следы коррозии металлических деталей и следы воздействия жидкостей или агрессивных паров;
- лакокрасочные покрытия не повреждены;
- маркировка, нанесенная на поверяемый генератор, разборчива.

7.2 Опробование

Опробование генераторов проводят путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

Проверить управление путем изменения настроек в различных режимах, включение/отключение генерации СВЧ мощности, включение/отключение модуляции, установку параметров при различных формах сигнала.

При отрицательном результате проверки генератор бракуется и направляется в ремонт.

7.3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

Проверка идентификационных данных программного обеспечения генераторов осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения (ПО). Информация о версии ПО содержится в меню «Утилиты» - «Информация о системе» (Информ) в строке Control.

Результат считать положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Control
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 1.1.0

7.4 Определение относительной погрешности установки частоты

Относительная погрешность установки частоты определяется путем измерения частоты частотомером универсальным CNT-90 (далее частотомер), подключенным к выходу генератора.

7.4.1 Подключить выход канала 1 генератора к частотомеру согласно руководствам по эксплуатации на приборы. Согласовать сопротивления входа частотомера и выхода генератора, установив одинаковые значения (50 Ом или 1 МОм).

7.4.2 В генераторе выбрать прямоугольную форму сигнала в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.4.3 Установить на генераторе частоту 10 Гц, значение уровня сигнала 1 В (размах) в соответствии с руководством по эксплуатации и включить выход генератора.

7.4.4 Измерить установленное значение частоты частотомером. Повторить операции по п.п. 7.4.1 – 7.4.3 для других частот генератора. Измерения проводить не менее чем на 10 частотах, включая верхнюю границу диапазона. При измерениях ≤ 100 кГц на частотомере включить фильтр нижних частот 100 кГц. При частоте сигнала 1 кГц и выше на генераторе устанавливать синусоидальную форму сигнала.

7.4.5 Повторить операции по п.п. 7.4.1 – 7.4.4 для всех каналов генератора.

7.4.6 Относительную погрешность установки частоты δf определить по формуле (1):

$$\delta f = (f_{уст} - f_{изм}) / f_{изм}, \quad (1)$$

где $f_{уст}$ – установленное значение частоты на генераторе,

$f_{изм}$ – измеренное значение частоты частотомером.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность не превышает допустимых пределов: $\pm 1 \cdot 10^{-6}$

7.5 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного напряжения

проводить методом прямых измерений путем сличения установленного значения уровня выходного сигнала с показаниями вольтметра универсального В7-78/1 (далее вольтметр).

7.5.1 Подсоединить вольтметр разьему канала 1 генератора.

7.5.2 В генераторе выбрать синусоидальную форму сигнала и установить частоту 1 кГц в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.5.3 Установить на генераторе сопротивление выхода High-Z (1 МОм), значение уровня сигнала 10 мВ (размах) и включить выход генератора.

7.5.4 Измерить установленное значение уровня сигнала вольтметром. Результат измерения умножить на значение коэффициента 2,828.

7.5.5 Повторить операции по п.п. 7.5.4 – 7.5.5 для значений уровня выходного сигнала (размах) генератора из ряда 100 мВ, 1 В, 3 В, 5 В, 10 В, 20 В.

7.5.6 Определить абсолютную погрешность установки уровня выходного напряжения по формуле (2):

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

где U – значение уровня выходного напряжения на частоте 1 кГц, установленное на генераторе, В;

$U_{\text{изм}}$ – значение переменного напряжения, измеренное вольтметром, умноженное на коэффициент 2,828, В.

7.5.7 Повторить операции по п.п. 7.5.1 – 7.5.6 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность не превышает допустимых пределов: $\pm(0,01 \cdot U + 1 \cdot 10^{-3})$, В.

7.6 Определение неравномерности АЧХ

7.6.1 Подсоединить ваттметр поглощаемой мощности NRP18A (далее ваттметр) к выходному разьему канала 1 на передней панели генератора.

7.6.2 Установить на генераторе сопротивление выхода 50 Ом, синусоидальную форму сигнала с частотой 10 МГц, значение уровня сигнала 0 дБм в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.6.3 Измерить установленное значение уровня мощности ваттметром и записать в качестве опорного значения уровня на частоте 10 МГц ($P_{\text{опор}}$).

7.6.4 Не меняя уровень на генераторе, провести измерение уровня мощности ваттметром, изменяя частоту сигнала на генераторе. Измерения проводить не менее чем на 3-х частотах каждого поддиапазона, согласно таблицы 5.

Таблица 5 – Неравномерность АЧХ

Наименование характеристики	Значение
Неравномерность АЧХ синусоидального сигнала, дБ В диапазонах частот ¹⁾ :	
- от 9 кГц до 100 МГц не включ.	$\pm 0,2$
- от 100 МГц до 200 МГц не включ.	$\pm 0,3$
- от 200 МГц до 300 МГц не включ.	$\pm 0,4$
- от 300 МГц до 400 МГц не включ.	$\pm 0,5$
(относительно 10 МГц, при уровне мощности на выходе 0 дБм)	
¹⁾ Верхнее значение частоты устанавливается в зависимости от модификации генераторов и ограничивается верхним значением диапазона частот генератора	

7.6.5 Определить неравномерность АЧХ ($\Delta_{\text{АЧХ}}$) по формуле (3):

$$\Delta_{\text{АЧХ}} = P_{\text{изм}} - P_{\text{опор}}, \quad (3)$$

где, $P_{\text{изм}}$ – измеренное значение уровня сигнала на установленной частоте, дБм;
 $P_{\text{опор}}$ – опорное значение уровня сигнала на частоте 10 МГц, дБм

7.6.6 Повторить операции по п.п. 7.6.1 – 7.6.5 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допусковых пределов, приведенных в таблице 5.

7.7 Определение абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения

7.7.1 Подсоединить вольтметр универсальный В7-78/ к выходному разъему канала 1 генератора.

7.7.2 Установить на вольтметре режим измерения напряжения постоянного тока и обнулить показания.

7.7.3 В соответствии с руководством по эксплуатации на генераторе установить сопротивление выхода High-Z (1 МОм), синусоидальную форму сигнала, частоту 1 кГц, уровень выходного напряжения 2 мВ, и включить выход генератора.

7.7.4 Установить на генераторе в соответствии с руководством по эксплуатации значения уровня постоянного смещения из ряда: +20 мВ, -20 мВ, +100 мВ, -100 мВ, +1 В, -1 В, +5 В, -5 В, +9,99 В, -9,99 В.

7.7.5 Измерить установленное значение уровня постоянного смещения вольтметром.

7.7.6 Определить абсолютную погрешность установки уровня постоянного смещения по формуле (4):

$$\Delta U = U_{DC} - U_{изм}, \quad (4)$$

где U_{DC} – значение уровня постоянного смещения, установленное на генераторе, В;

$U_{изм}$ – значение постоянного напряжения, измеренное вольтметром, В.

7.7.7 Повторить операции по п.п. 7.7.1 – 7.7.6 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки не превышает допусковых пределов: $\pm(0,01 \cdot |U_{DC}| + 2,01 \cdot 10^{-3})$, В.

7.8 Определение уровня гармоник в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей

проводить методом прямых измерений с помощью анализатора сигналов N9030A (далее анализатор).

7.8.1 Подсоединить анализатор к выходному разъему канала 1 генератора.

7.8.2 Установить на генераторе в соответствии с руководством по эксплуатации сопротивление выхода 50 Ом, немодулированный синусоидальный сигнал с уровнем 0 дБм и включить выход генератора.

7.8.3 Провести измерения уровня гармоник на частотах, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

Значения частоты сигнала на выходе генератора	Измеренный максимальный уровень гармоник, дБн	Допускаемый уровень гармоник, дБн, не более для модификаций:		
		АКИП-3423 АКИП-3423/1	АКИП-3423/2 АКИП-3423/3	АКИП-3423/4 АКИП-3423/5
1	2	3	4	5
10 МГц		-63	-63	-63
30 МГц		-63	-63	-63
40 МГц		-63	-63	-63
50 МГц		-58	-58	-58
80 МГц		-58	-58	-58
90 МГц		-53	-53	-53

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
120 МГц		-53	-53	-53
130 МГц		-50	-50	-50
150 МГц		-50	-50	-50
160 МГц		-43	-43	-43
200 МГц		-43	-43	-43
210 МГц		-	-40	-40
250 МГц		-	-40	-40
260 МГц		-	-45	-45
300 МГц		-	-45	-45
310 МГц		-	-	-50
400 МГц		-	-	-50

7.8.4 Для определения уровня гармонических составляющих установить на анализаторе начальную частоту < частоты основной гармоники, конечную частоту > частоты пятой гармоники. Установить полосу пропускания фильтра промежуточной частоты (ПЧ) анализатора оптимальную для наблюдения уровня гармоник и скорости развертки согласно руководству по эксплуатации на анализатор. При измерении в полосе частот до 50 МГц полосу фильтра ПЧ рекомендуется устанавливать ≤ 120 Гц, при измерениях в полосе от 50 МГц полосу фильтра ПЧ рекомендуется устанавливать ≥ 1 кГц.

7.8.5 Оценить визуально уровни гармоник. Если уровни гармоник, начиная с четвертой незначительны, по отношению ко второй и третьей гармоникам, то измерения гармонических искажений проводить для второй и третьей гармоники.

7.8.6 Маркер анализатора установить на частоту основной гармоники (при помощи функции анализатора «поиск пика»). Войти в меню установки маркеров анализатора, выбрать функцию дельта-маркера. Устанавливая маркер на частоты второй и третьей гармонической составляющей, измерить уровни гармонических составляющих относительно несущей.

7.8.7 Провести операции по пунктам 7.8.5 – 7.8.7 для остальных значений частоты, устанавливая частоту несущей в соответствии с таблицей 6.

7.8.8 Провести операции по пунктам 7.8.1 – 7.8.7 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если уровни гармоник в выходном сигнале относительно уровня основной гармоники не превышают допустимых значений, приведенных в таблице 6.

Примечание: допускается проводить измерения уровня гармоник при помощи автоматических измерений, при наличии такой функции в анализаторе спектра.

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

7.9.1 Подсоединить измеритель нелинейных искажений АКПП-4501 (далее измеритель) к выходному разъему канала 1 генератора в соответствии с руководствами по эксплуатации на приборы.

7.9.2 Установить на генераторе в соответствии с руководством по эксплуатации сопротивление выхода High-Z (1 МОм), частоту синусоидального сигнала 200 Гц, уровень сигнала 20 В (размах) и включить выход генератора.

7.9.3 На измерителе выполнить необходимые установки в соответствии с руководством по эксплуатации прибора.

7.9.4 Измерить коэффициент гармоник выходного сигнала генератора.

7.9.5 Провести измерения коэффициента гармоник для других частот выходного сигнала из ряда: 1 кГц, 5 кГц, 20 кГц.

7.9.6 Провести измерения коэффициента гармоник по п.п. 7.9.1 – 7.9.5 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если результаты измерений не превышают 0,2 %.

7.10 Определение длительности фронта и среза сигналов прямоугольной формы

7.10.1 Подсоединить осциллограф к выходному разъему канала 1 на передней панели генератора.

7.10.2 Установить на генераторе прямоугольную форму сигнала в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.10.3 Установить на генераторе сопротивление выхода 50 Ом, частоту 1 кГц, скважность 50 %, уровень сигнала 1 В (размах).

7.10.4 Установить на осциллографе сопротивление входа 50 Ом, настроить изображение осциллограммы равное примерно пяти делениям.

7.10.6 Измерить при помощи автоматических измерений осциллографа длительность фронта и среза сигнала прямоугольной формы на уровне от 10 % до 90 %.

7.10.7 Вычислить действительное значение длительности фронта (среза) для сигналов прямоугольной формы и импульсных сигналов по формуле (5):

$$\tau_{\text{ГЕН}} = \sqrt{\tau_{\text{Фр}}^2 - \tau_{\text{ОСЦ}}^2}, \quad (5)$$

где $\tau_{\text{Фр}}$ – значение длительности фронта (среза) сигнала измеренное осциллографом, нс,
 $\tau_{\text{ОСЦ}}$ – собственное время нарастания переходной характеристики осциллографа, нс.

7.10.8 Провести измерения по п.п. 7.10.1 – 7.10.7 для всех каналов генератора.

Результаты поверки считать положительными, если действительное значение длительности фронта и среза не превышает допускаемого значения: 2,5 нс

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Оформление свидетельства о поверке и нанесение знака поверки осуществляется в соответствии с действующими нормативными правовыми актами.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

С.А. Корнеев