

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

УТВЕРЖДАЮ
Главный метролог
АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«15» октября 2019 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Генераторы сигналов специальной формы
АКИП-3409/1А, АКИП-3409/2А, АКИП-3409/3А**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ПР-08-2019МП
(с Изменением № 1)**

**г. Москва
2019 г.**

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок генераторов сигналов специальной формы АКИП-3409/1А, АКИП-3409/2А, АКИП-3409/3А, изготавливаемых SIGLENT Technologies CO., LTD., Китай.

Генераторы сигналов специальной формы АКИП-3409/1А, АКИП-3409/2А, АКИП-3409/3А (далее – генераторы) предназначены для генерации периодических немодулированных сигналов различных форм, сигналов с различными видами модуляции и сигналов произвольной формы.

Межповерочный интервал 1 год.

Периодическая поверка генераторов в случае их использования для воспроизведения сигналов на меньшем числе 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 приборов.

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 идентификационных данных программного обеспечения	7.3	Да	Да
4 Определение относительной погрешности установки частоты	7.4	Да	Да
5 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы	7.5	Да	Да
6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала синусоидальной формы относительно частоты 10 кГц	7.6	Да	Да
7 Определение абсолютной погрешности установки напряжения постоянного тока	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 10 Гц до 20 кГц	7.9	Да	Да
10 Определение длительности фронта, среза, и значения выброса на вершине сигналов прямоугольной формы	7.10	Да	Да
11 Определение погрешности установки длительности импульсного сигнала	7.11	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.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке. Эталоны единиц величин, используемые при поверке СИ, должны быть аттестованы.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта МП	Тип средства поверки
7.4, 7.11	Частотомер универсальный CNT-90XL. Диапазон измерения частоты не менее 0,001 Гц – 300 МГц. Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 2 \cdot 10^{-7}$. Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 ⁽¹⁾ . Пределы допускаемой погрешности по частоте $\pm 5 \cdot 10^{-13}$ за год. (Измененная редакция, Изменение №1)
7.5 – 7.6	Вольтметр универсальный В7-78/1, погрешность измерения напряжения постоянного тока $\pm 0,0035$ %, погрешность измерения напряжения переменного тока $\pm 0,06$ %. Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18A. Частотный диапазон от 8 кГц до 18 ГГц, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^2$ мВт: $\pm 2,5$ %.
7.7	Анализатор сигналов N9030A. Диапазон частот от 3 Гц до 26,5 ГГц. Гармонические искажения не более -70 дБн. Уровень собственных фазовых шумов не более -129 дБн/Гц при отстройке от несущей.
7.8	Измеритель нелинейных искажений С6-12, частотный диапазон от 10 Гц до 200 кГц, диапазон измеряемых коэффициентов гармоник от 0,001 до 100 %.
7.9	Осциллограф цифровой запоминающий HDO6104AR, полоса пропускания 1 ГГц, время нарастания переходной характеристики 450 пс.
Примечание ⁽¹⁾ – используется при поверке генераторов с опцией 100 опорного генератора	

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

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

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 56069-2014.

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 (23±5) °С;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа
- напряжение питающей сети (220±22) В

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.

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

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

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;

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

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

7.2 Опробование

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

При отрицательном результате проверки прибор 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. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

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

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	АКИП-3409
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 1.01.01.01

7.4 Определение относительной погрешности установки частоты

Относительная погрешность установки частоты определяется путем измерения частоты частотомером универсальным CNT-90XL (далее частотомер), подключенным к выходу генератора. При проведении поверки генератора с установленной опцией 100, в качестве опорного источника частоты для частотомера, использовать стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007.

7.4.1 Подключить выход канала 1 генератора к частотомеру согласно руководствам по эксплуатации на приборы.

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

7.4.3 Установить на генераторе частоту 1 Гц, значение уровня сигнала 4 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 пяти частотах, равномерно распределенных по диапазону частот, включая максимальную. 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 канала 2 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, Гц,

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

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность не превышает допустимых пределов:

$\pm 2,5 \cdot 10^{-5}$ для стандартного исполнения;

$\pm 2 \cdot 10^{-7}$ для исполнения с опцией 100

7.4 (Измененная редакция, Изменение №1)

7.5 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы

Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала синусоидальной формы 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 через проходную нагрузку 50 Ом к выходному разъему канала 1 на передней панели генератора.

7.5.2 В генераторе установить сопротивление выхода 50 Ом в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.5.3 В генераторе выбрать синусоидальную форму сигнала и установить частоту 10 кГц в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.5.4 Установить на генераторе значение уровня сигнала 10 мВ (размах) и включить выход генератора.

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

7.5.6 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.

7.5.7 Повторить операции по п.п. 7.5.4 – 7.5.6 для канала 2 генератора.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность не превышает допустимых пределов, рассчитанных по формуле (2):

$$\pm(0,01 \cdot U + 1 \cdot 10^{-3}) \text{ В}, \quad (2)$$

где: U – уровень напряжения (размах), установленный на генераторе, В

7.6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала синусоидальной формы относительно частоты 10 кГц

7.6.1 Подсоединить ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18A (далее ваттметр) к выходному разъему канала 1 генератора.

7.6.2 Установить на генераторе синусоидальную форму сигнала с частотой 10 кГц, значение уровня сигнала 224 мВ_{свч}, сопротивление выхода 50 Ом в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.6.3 Измерив установленное значение уровня сигнала ваттметром, произвести подстройку уровня до 0 дБм и занести показания в таблицу 5 в качестве опорного значения уровня на частоте 10 кГц ($P_{\text{опор}}$).

7.6.4 Провести измерение установленного значения уровня сигнала для частот в соответствии с таблицей 5, при этом верхняя граница установленной частоты определяется в зависимости от модификации 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, дБм;

$P_{\text{опор}}$ – опорное значение уровня сигнала, дБм

Таблица 5 – Определение неравномерности АЧХ сигнала

Значение установленной на генераторе частоты	Измеренное значение уровня сигнала ваттметром, дБм	Установленное значение уровня сигнала генератора, дБм	Значение $\Delta_{\text{АЧХ}}$, дБм
10 кГц	$P_{\text{опор}}$	0	0
100 кГц		0	
500 кГц		0	
1 МГц		0	
5 МГц		0	
10 МГц		0	
30 МГц		0	
60 МГц		0	

7.6.6 Повторить операции по п.п. 7.6.1 – 7.6.5 для канала 2 генератора.

Результаты поверки считать положительными, если неравномерность АЧХ не превышает допустимых пределов: $\pm 0,3$ дБ

7.7 Определение абсолютной погрешности установки напряжения постоянного тока

7.7.1 Подсоединить вольтметр универсальный В7-78/1 (далее вольтметр) через проходную нагрузку 50 Ом 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 форму сигнала – DC, импеданс выхода 50 Ом и включить выход генератора.

7.7.4 Установить на генераторе в соответствии с руководством по эксплуатации значения напряжения постоянного тока из ряда: +20 мВ, -20 мВ, +100 мВ, -100 мВ, +1 В, -1 В, +4,995 В, -4,995 В.

7.7.5 Измерить установленное значение напряжения постоянного тока.

7.7.6 Определить абсолютную погрешность установки напряжения постоянного тока по формуле (4):

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

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

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

7.7.7 Повторить операции по п.п. 7.7.1 – 7.7.6 для канала 2 генератора.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки напряжения постоянного тока не превышает допустимых пределов, рассчитанных по формуле (5):

$$\pm(0,01 \cdot |U_{DC}| + 3 \cdot 10^{-3}) \text{ В}, \quad (5)$$

где: U_{DC} – установленное значение напряжения постоянного тока, В.

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

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 немодулированный синусоидальный сигнал с уровнем 0 дБм, импеданс выхода 50 Ом и включить выход генератора.

7.8.3 Провести измерения на частотах, приведенных в таблице 6.

7.8.4 Измерить установленное значение уровня несущей с помощью анализатора и занести его в таблицу 6 в качестве опорного значения, по отношению к которому будут измеряться уровни гармоник.

Таблица 6 Определение уровня гармоник в выходном синусоидальном сигнале по отношению к уровню несущей

Значения частоты сигнала на выходе генератора ¹⁾	Значения уровня сигнала на выходе генератора, дБм	Измеренное значение уровня несущей, дБм	Максимальный уровень гармонических составляющих, дБн ²⁾
100 кГц	0		
1 МГц	0		
5 МГц	0		
10 МГц	0		
30 МГц	0		
40 МГц	0		
60 МГц	0		

Примечание:

¹⁾ Верхнее значение частоты устанавливается в зависимости от модификации генераторов и ограничивается верхним значением диапазона частот генератора

²⁾ Здесь и далее дБн – относительный уровень мощности спектральных составляющих сигнала, выраженный в дБ относительно уровня несущей

7.8.5 Для определения уровня гармонических составляющих установить на анализаторе начальную частоту меньше частоты основной гармоники, конечную частоту больше 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.

7.8.6 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.

7.8.7 Маркер анализатора установить на установленную на поверяемом генераторе 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.

7.8.8 Провести операции по пунктам 7.8.5 – 7.8.7 для остальных значений частоты в соответствии с таблицей 6.

7.8.9 Провести операции по пунктам 7.8.5 – 7.8.8 для канала 2 генератора.

Результаты поверки считать положительными, если уровень гармонических составляющих относительно основной гармоники не превышает, дБн:

- для частоты до 10 МГц (включ.)	-60;
- для частоты св. 10 МГц до 30 МГц (включ.)	-50;
- для частоты от 30 МГц до 60 МГц	-40;

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

7.9.1 Подсоединить измеритель нелинейных искажений С6-12 (далее измеритель) с нагрузкой 50 Ом 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 частоту синусоидального сигнала 200 Гц, уровень сигнала 5 В (размах), импеданс выхода 50 Ом 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 выходного канала 2 генераторов.

Результаты поверки считать положительными, если результаты измерений не превышают допустимого значения 0,075 %.

7.10 Определение длительности фронта и среза сигналов прямоугольной формы.

7.10.1 Подсоединить осциллограф к выходному разъему канала 1 генератора.

7.10.2 Установить импеданс канала осциллографа и канала 1 генератора 50 Ом.

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

7.10.4 Установить на генераторе частоту 1 кГц, уровень сигнала поочередно 1 и 2,5 В (размах), значение скважности 50 %.

7.10.5 Настроить осциллограф так, чтобы уровень сигнала соответствовал пяти делениям.

7.10.6 Измерить на экране осциллографа длительность фронта и среза сигнала прямоугольной формы на уровне от 10 % до 90 %.

7.10.7 Рассчитать длительность фронта и среза импульсов по формуле (6):

$$t_{\phi/c} = \sqrt{t_x^2 - t_0^2} \quad (6)$$

где: t_x – значение длительности фронта и среза, измеренное осциллографом, нс;
 t_0 – собственное время нарастания переходной характеристики осциллографа, нс.

- 7.10.8 Провести измерения по п.п. 7.10.1 – 7.10.7 для выходного канала 2 генератора. Результаты поверки считать положительными, если;
- действительное значение длительности фронта и среза не превышает значений 4,2 нс для уровня сигнала 1 В_{п-п}, на нагрузке 50 Ом;
 - действительное значение длительности фронта и среза не превышает значений 3,8 нс для уровня сигнала 2,5 В_{п-п}, на нагрузке 50 Ом;

7.11 Определение погрешности установки длительности импульсного сигнала

Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов проводить путем сличения установленного на генераторе значения длительности импульсов с показаниями частотомера, подключенного к выходу генератора.

7.11.1 Выход генератора подключить к входу частотомера.

7.11.2 На частотомере установить согласно руководству по эксплуатации:

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

7.11.3 На генераторе установить согласно руководству по эксплуатации:

- уровень выходного напряжения 1 В;
- частота 1 кГц
- значение скважности 50 %

7.11.4 Установить на частотомере уровень запуска, согласно руководству по эксплуатации, равный среднему значению между верхним и нижним уровнем сигнала генератора ($[U_{\text{верх}} + U_{\text{низ}}]/2$).

7.11.5 Частотомером провести измерения длительности импульсов.

7.11.6 Повторить измерения для значений частот 1 и 10 МГц.

7.11.7 Определить абсолютную погрешность установки длительности импульсов Δt по формуле (7):

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

где: t_r – значение длительности импульсов, установленное на генераторе, нс,
 t_q – значение длительности импульсов, измеренное частотомером, нс.

7.11.8 Провести измерения по п.п. 7.11.1 – 7.11.7 для каждого канала генератора.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки длительности импульсного сигнала не превышает допустимых пределов, рассчитанных по формуле (8):

$$\pm(0,0001 \cdot t + 1) \text{ нс}, \quad (8)$$

где: t – значение установленной длительности импульсов, нс.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки генераторов оформляется свидетельство о поверке в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 "Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке".

8.2 При отрицательных результатах поверки прибор не допускается к дальнейшему применению, знак предыдущей поверки гасится и выдается извещение о непригодности.

Начальник отдела испытаний
и сертификации



С.А. Корнеев

Специалист по сертификации

Е.Е. Смердов