

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

08 2013 г.

**Комплексы многофункциональные виброизмерительные
МВК-32**

Методика поверки

651-13-41 МП

г.п. Менделеево

2013 г.

Настоящая методика поверки распространяется на комплексы многофункциональные виброизмерительные МВК-32 (далее – комплексы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 18 месяцев.

Перед проведением поверки необходимо предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации МГФК.411711.120 РЭ и руководством оператора МГФК.00481-01 34 на поверяемый комплекс.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки выполнять операции, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование этапа поверки	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверки
1 Внешний осмотр	6.1	да	да
2 Опробование	6.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	6.3	да	да
3.1 Определение рабочего диапазона частот	6.3.1	да	да
3.2 Определение относительной погрешности измерений мощности электрического тока в узких полосах частот	6.3.2	да	да
3.3 Определение диапазона измерений мощности электрического тока в узких полосах частот	6.3.3	да	да
3.4 Определение отношения сигнал/шум в рабочем диапазоне частот	6.3.4	да	да
3.5 Определение коэффициента нелинейных искажений	6.3.5	да	да
3.6 Определение диапазона частот гармонического сигнала встроенного генератора	6.3.6	да	да
3.7 Определение относительной погрешности установки частоты гармонического сигнала встроенного генератора	6.3.7	да	да
3.8 Определение относительной погрешности установки напряжения переменного тока гармонического сигнала встроенного генератора	6.3.8	да	да
3.9 Определение коэффициента нелинейных искажений гармонического сигнала встроенного генератора	6.3.9	да	да

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть применены средства измерений и вспомогательные устройства, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование, тип основного и вспомогательного средства поверки	Номер пункта методики поверки	Основные технические и метрологические характеристики
Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS-360	6.3.1, 6.3.2	Диапазон воспроизведения гармонического сигнала от 0,01 Гц до 200 кГц. Пределы допускаемой относительной погрешности установки напряжения $\pm 1 \%$. Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 0,0025 \%$.
Мультиметр Agilent 3458A	6.3.1, 6.3.2	Диапазон рабочих частот от 1 Гц до 10 МГц. Диапазон измерений напряжения переменного тока от 10 мВ до 1000 В. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока от 2 мкВ до 0,3 В
Аттенюатор образцовый ступенчатый АО-4	6.3.2	Диапазон рабочих частот от 1 Гц до 10 МГц. Диапазон измерений напряжения переменного тока от 10 мВ до 1000 В. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока от 2 мкВ до 0,3 В
Контроллер интерфейсной шины общего назначения "NI GPIB-USB-HS".	6.3.2	

Примечание - Допускается применение других измерительных приборов с характеристиками не хуже указанных в таблице 2.1

2.2 Все средства поверки должны иметь действующий документ о поверке.

2.3 Допускается применение других средств измерений, удовлетворяющих требованиям настоящей методики и обеспечивающих измерение соответствующих параметров с требуемой погрешностью.

3 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа (750 ± 30) мм рт.ст.;
- относительная влажность воздуха до 80% при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- напряжение сети переменного тока (220 ± 11) В;
- частота сети переменного тока (50 ± 1) Гц.

4 ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ И КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

4.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.0380-82, ГОСТ 12.3.0019-80, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

4.2 К выполнению операций поверки и обработке результатов наблюдений могут быть допущены только лица, аттестованные в качестве поверителя в области виброакустических измерений в установленном порядке.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 На первичную поверку представляют комплекс с руководством с руководством по эксплуатации МГФК.411711.120 РЭ и руководством оператора МГФК.00481-01 34 .При периодической поверке дополнительно представляется свидетельство о предыдущей поверке и формуляр МГФК. 411711.120 ФО на комплекс.

5.2 Во время подготовки к поверке поверитель должен знакомиться с руководством по эксплуатации наверяемый комплекс, подготовить все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки, а также проверить выполнение условий поверки, установленных в разделе 3.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

ВНИМАНИЕ. При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов методики поверки дальнейшие операции по поверке прекратить и выполнить действия согласно п. 7.3

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра установить: соответствие поверяемого комплекса сведениям, изложенным в руководстве по эксплуатации, отсутствие механических повреждений, а так же четкость нанесения заводского номера.

6.2 Опробование

6.2.1 Проверить работоспособность комплекса в соответствии с п.2.3.1 руководства по эксплуатации МГФК. 411711.120 РЭ.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение рабочего диапазона частот

6.3.1.1 Подключить выход генератора сигналов DS360 к 16-ти каналам X1–X16 блока питания коммутации и обработки (БПКО) из состава МВК-32 и к мультиметру Agilent 3458A, как показано на рисунке 6.1. Переключатели ВЫБОР ВХОДА блока БПКО поставить

в положении X1–X16.

6.3.1.2 Установить значения коэффициентов усиления для всех каналов АЦП равными 1.

6.3.1.3 Установить частоту квантования АЦП - 2048 Гц.

6.3.1.4 Запустить расчет и отображение узкополосных спектров в режиме частотной лупы для всех каналов, установив следующие параметры:

- диапазон спектрального анализа частотной лупы от 0 до 80 Гц (для проверки в диапазоне от 0 до 10 Гц, Таблица 4.1);

- размер блока БПФ - 16384;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 100 с;
- тип окна – Блэкмана-Харриса-3.

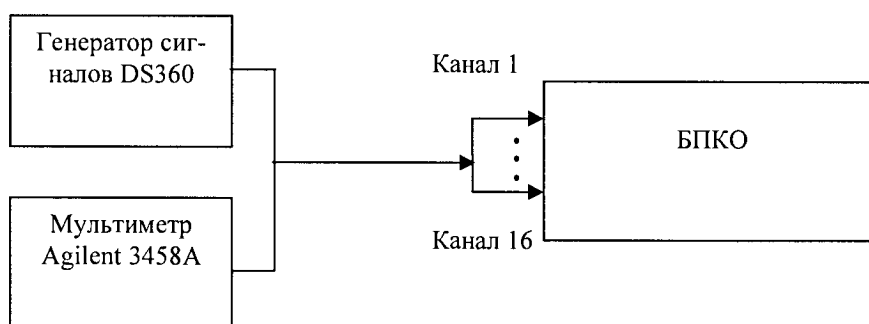


Рисунок 6.1

6.3.1.5 Установить DS360 в режим генерирования гармонического сигнала, напряжение выходного сигнала генератора установить 1 В.

6.3.1.6 Последовательно устанавливая значения частоты сигнала генератора f_i , указанные в таблице 6.1, соответствующие диапазону от 0 до 80 Гц, произвести:

- отсчеты в узкополосных спектрах $B(f_i)$ каждого канала на частотах f_i ($B(f_i)$ - в единицах дБ);

- измерение напряжения $U_a(f_i)$ на выходе генератора мультиметром (при значениях частот меньших 1 Гц в качестве $U_a(f_i)$ использовать значение 1 В, установленное на генераторе).

Таблица 6.1

Значения частоты в диапазоне от 0 до 10 Гц, Гц	Значения частоты в диапазоне от 0 до 20000 Гц, Гц		
0,2	20	900	11000
0,5	50	1000	12000
1	100	2000	13000
2	200	3000	14000
4	300	4000	15000
8	400	5000	16000
10	500	6000	17000

Значения частоты в диапазоне от 0 до 10 Гц, Гц	Значения частоты в диапазоне от 0 до 20000 Гц, Гц		
	600	8000	18000
	700	9000	19000
	800	10000	20000

6.3.1.7 Выполнить расчет АЧХ на частотах f_i для каждого канала узкополосного анализа по формуле:

$$H(f_i) = B(f_i) - 20 \cdot \lg(U_z(f_i)/U_0), \quad (1)$$

где U_0 - опорное напряжение для представления измеренного напряжения в единицах дБ ($U_0 = 10^{-6}$ В).

6.3.1.8 Установить частоту квантования АЦП - 51200 Гц.

6.3.1.9 Запустить расчет и отображение узкополосных спектров каналов, установив следующие параметры:

- размер блока БПФ - 16384;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 4 сек;
- тип окна - Блэкмана-Харриса-3;

6.3.1.10 Повторить пп. 6.3.1.6 - 6.3.1.7, устанавливая частоты генерирования указанные в таблице 6.1 соответствующие диапазону от 0 до 20000 Гц.

6.3.1.11 Вычислить неравномерность АЧХ для каждого канала по формуле

$$\Delta B = B_{\max} - B_{\min}, \quad (2)$$

где $B_{\max}$ и $B_{\min}$ - максимальное и минимальное значения измеренной АЧХ.

6.3.1.12 Подключить выход генератора сигналов DS360 к 16-ти каналам XS1–XS16 БПКО через фильтр верхних частот ФВЧ-1.

6.3.1.13 Выполнить действия по пп. 6.3.1.2 – 6.3.1.11 начиная с частоты 0,5 Гц по таблице 6.1

6.3.1.14 Результаты поверки считать положительными, если неравномерности АЧХ в каждом канале в диапазоне частот от 2 Гц до 20 кГц не превышают 0,2 дБ. На частотах 0,2 и 0,5 Гц допускается снижение АЧХ от номинального значения (0 дБ) до минус 0,5 дБ.

6.3.2 Определение относительной погрешности измерений мощности переменного электрического тока в узких полосах частот (в полосах частот равной ширины)

6.3.2.1 Собрать схему, как показано на рисунке 6.2. Выход генератора подключить к 16-ти каналам X1...X16 БПКО. Переключатели ВЫБОР ВХОДА на передней панели БПКО поставить в положении X1...X16.

6.3.2.2 Измерить коэффициент ослабления аттенюатора, для чего:

6.3.2.2.1 Установить частоту сигнала генератора 1 кГц, напряжение 1 В и измерить напряжение сигнала на входе аттенюатора мультиметром.

6.3.2.2.2 Подключить мультиметр к выходу аттенюатора, как показано на рисунке 6.3, и измерить напряжение сигнала на выходе аттенюатора.

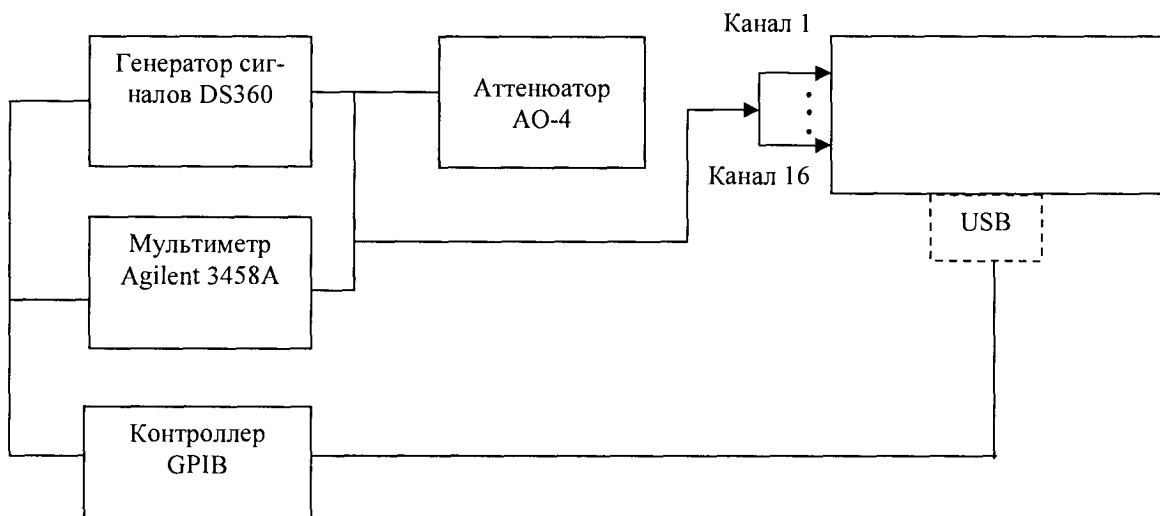


Рисунок 6.2

6.3.2.2.3 Вычислить коэффициент ослабления аттенюатора по формуле:

$$K_{at} = \frac{U_{вх}}{U_{вых}}, \quad (3)$$

где $U_{вх}$ и $U_{вых}$ - эффективные значения напряжения, измеренные на входе и выходе аттенюатора.

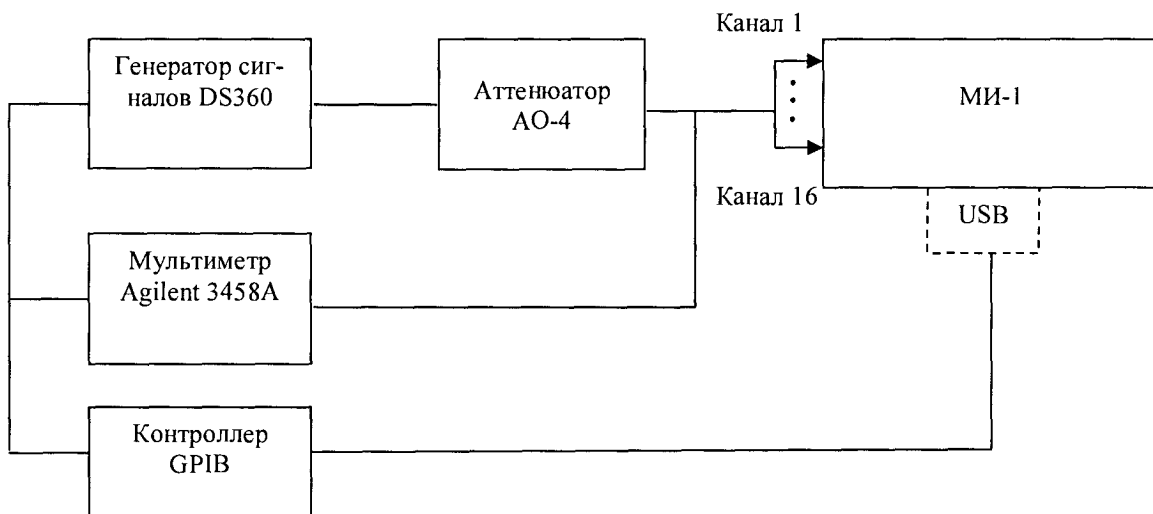


Рисунок 6.3

6.3.2.2.4 Выполнить действия по пп. 6.2.2.2 - 6.2.2.3 при частотах сигнала генератора 1 Гц, 100 Гц, 10 кГц, 20 кГц и убедиться, что полученные значения коэффициента ослабления отличаются от измеренного значения на частоте 1 кГц более чем на 0,1 %.

6.3.2.3 Собрать схему, как показано на рисунке 6.4.

6.3.2.4. Установить частоту квантования анализатора 2048 Гц.

6.3.2.5 Запустить расчет и отображение узкополосных спектров для всех каналов узкополосного анализа, установив следующие параметры:

- размер блока БПФ - 16384;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 30 с;
- тип окна - Блэкмана-Харриса 3.

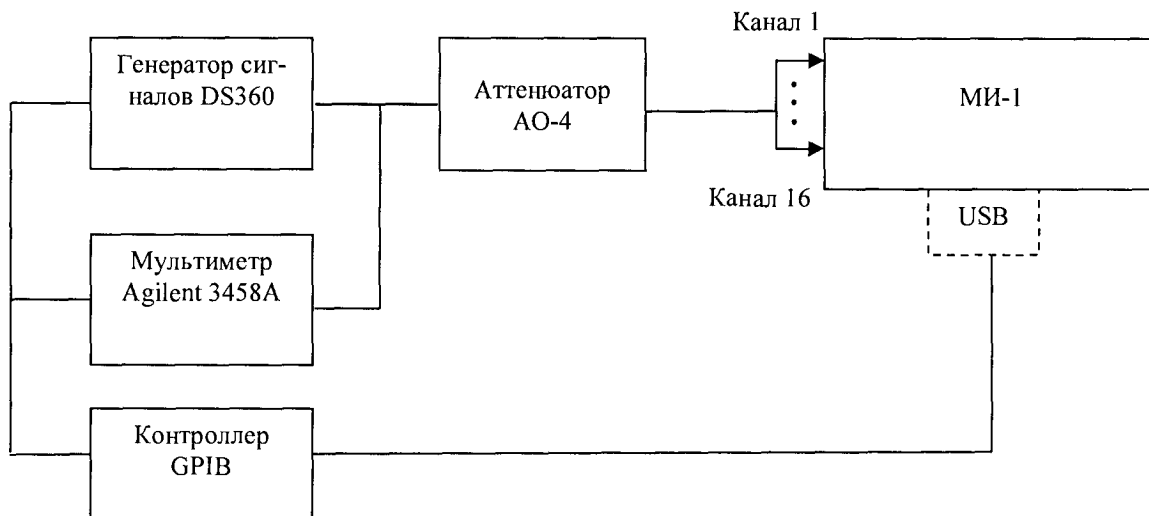


рисунок 6.4

6.3.2.6 Установить коэффициент усиления АЦП равный 1 для всех каналов узкополосного анализа.

6.3.2.7 Установить напряжение сигнала генератора равное 3,16 В.

6.3.2.8 Последовательно устанавливая значения частоты генератора f_i , и соответствующие им частоты квантования, как указано в таблице 6.2, для каждого значения частоты произвести:

- отсчеты в узкополосных спектрах $B(f_i)$ каждого канала на частотах f_i ;
- измерение напряжения $U_e(f_i)$ на выходе генератора мультиметром.

Примечание - Для значения частоты квантования равной 51200 Гц время усреднения спектров устанавливается не менее 10 с.

6.3.2.9 Выполнить пересчет напряжения, измеренного на выходе генератора, к значению на выходе аттенюатора по формуле:

$$U_{ex}(f_i) = U_e(f_i) / K \quad (4)$$

Использовать $K = 1$ при использовании схемы без аттенюатора, $K = K_{at}$ при использовании схемы с аттенюатором.

6.3.2.10 Вычислить для каждого канала узкополосного анализа значения отклонений в

процентах по формуле:

$$\delta(f_i) = [U_a(f_i) - U_{ex}(f_i)] / U_{ex}(f_i) \cdot 100, \quad (5)$$

где $U_a(f_i) = 10^{B(f_i)/20} \cdot U_0$ – действующее напряжение, измеренное комплексом, $U_0 = 10^{-6}$ В;

$U_{ex}(f_i)$ – напряжение сигнала на входе комплекса.

6.3.2.11 Из значений $\delta(f_i)$ определить максимальные значения отклонений δ_n для каждого канала анализатора, где n – номер канала узкополосного анализа.

6.3.2.12 Выполнить действия по пп. 6.3.2.2 – 6.3.2.11 для значений напряжения, соответствующих коэффициенту усиления АЦП равному 1, как указано в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Коэффициент усиления АЦП	1	2	4	8
Напряжение выходного сигнала генератора	6,0 В	3,16 В	1,58 В	0,794 В
	3,16 В	1 В	0,5 В	0,25 В
	1 мВ *	1 мВ *	0,5 мВ *	0,25 мВ *
	0,316 мВ *	0,316 мВ *	0,158 мВ *	0,079 мВ *

Примечание - При выполнении из измерений для значений напряжения, отмеченных звездочкой, собрать схему, как указано на рисунке 6.4

6.3.2.13 Выполнить действия по пп. 6.3.2.2 – 6.3.2.11 для значений коэффициентов усиления АЦП равных 2, 4, 8 и соответствующих им напряжений сигнала генератора, как указано в таблице 6.2.

6.3.2.14 Из значений δ_n , полученных при напряжениях входного сигнала, соответствующих коэффициенту усиления АЦП, определить максимальное значение δ_M для всех каналов узкополосного анализа.

6.3.2.15 Вычислить относительную погрешность (в %) для каждого канала узкополосного анализа по формуле:

$$\delta = \sqrt{\delta_M^2 + \delta_A^2 + \delta_\Gamma^2}, \quad (6)$$

где δ_M – максимальное значение отклонения δ_n для каждого канала узкополосного анализа;

δ_A – погрешность аттенюатора ($\delta_A = 0,2\%$);

δ_Γ – погрешность измерения напряжения генератора ($\delta_D = 1\%$).

6.3.2.16 Представить полученное значение погрешности (в дБ) по формуле:

$$\delta_{дБ} = 10 \lg(1 + \delta/100). \quad (7)$$

6.3.2.17 Результаты поверки считать положительными, если для всех каналов узкополосного анализа значения относительной погрешности измерений мощности переменного электрического тока в узких полосах частот находится в пределах $\pm 0,2$ дБ.

6.3.3 Определение диапазона измерений мощности переменного электрического тока в узких полосах частот (в полосах частот равной ширины)

6.3.3.1 Проверка по данному пункту проводится в соответствии с п. 6.3.2.

6.3.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности переменного электрического тока в узких полосах частот в диапазонах измерения (55 - 135) дБ; (50 - 130) дБ; (44 - 124) дБ; (38 - 118) дБ находятся в пределах $\pm 0,2$ дБ.

6.3.4 Определение отношения сигнал/шум в рабочем диапазоне частот

6.3.4.1 Собрать схему стенда как представлено на рисунке 6.4.

6.3.4.2 Установить частоту квантования 51200 Гц.

6.3.4.3 Запустить расчет и отображение узкополосных спектров для всех каналов анализатора, установив следующие параметры:

- размер блока БПФ - 4096;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 2 с;
- тип окна - Блэкмана-Харриса 3.

6.3.4.4 Установить частоту генерирования тонального сигнала 1000 Гц.

6.3.4.5 Установить значения коэффициентов усиления каналов АЦП узкополосного анализа равными 1.

6.3.4.6 Установить напряжение сигнала генератора 6 В.

6.3.4.7 Выполнить энергетическое суммирование отсчетов в узкополосных спектрах, исключив 9 отсчетов в окрестности частоты сигнала генератора, 4 отсчета начиная с нулевой частоты.

Для суммирования использовать значения $U^2(f_i) = 10^{B(f_i)/10} \cdot U_0$,

где $B(f_i)$ - отсчеты в узкополосном спектре, выраженные в дБ относительно 1 мкВ ($U_0 = 10^{-6}$ В).

6.3.4.8 Вычислить отношение сигнал/шум по формуле:

$$S / N = 10 \cdot \lg(U_0^2 / N), \quad (8)$$

где $U_0 = 10^{B_0/20} \cdot U_0$,

B_0 - отсчет в узкополосном спектре на частоте, соответствующей частоте сигнала генератора,

N - суммарная энергия шума, полученная в п. 6.3.4.7.

6.3.4.9 Полученное соотношение сигнал/шум должно быть не менее 90 дБ.

6.3.4.10 Выполнить проверки по пп. 6.3.4.7 - 6.3.4.8 для диапазонов измерений, соответствующих коэффициенту усиления АЦП 2, 4, 8, устанавливая напряжение сигнала генератора 3,16; 1,58; 0,79 В соответственно.

6.3.4.11 Результаты поверки считать положительными, если при выполнении проверок для всех диапазонов измерений и всех измерительных каналов соотношение сигнал/шум не менее 90 дБ.

6.3.5 Определение коэффициента нелинейных искажений

6.3.5.1 Подключить к входам БПКО X1 ... X16 выход генератора сигналов DS360.

6.3.5.2 Установить значения коэффициентов усиления для всех каналов АЦП узкополосного анализа равными 1.

6.3.5.3 Установить частоту квантования каналов узкополосного анализа 2048 Гц.

6.3.5.4 Запустить расчет и отображение узкополосных спектров для всех каналов узкополосного анализа, установив следующие параметры:

- размер блока БПФ - 4094;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 2 с;
- тип окна – Хэмминга 3.

6.3.5.5 Установить напряжение выходного сигнала генератора 1 В.

6.3.5.6 Установить значение частоты сигнала генератора $f_0=100$ Гц.

6.3.5.7 Произвести отсчеты значений B_i в узкополосных спектрах каждого канала на частотах $f_i = f_0 \cdot n$, где $n = 0 \dots 5$.

6.3.5.8 Вычислить действующие значения напряжения на выходе каналов узкополосного анализа на частотах f_i по формуле:

$$U_i = 10^{B_i/20} \cdot U_0, \quad (9)$$

где 10^{-6} В - опорное значение напряжения.

6.3.5.9 Вычислить коэффициенты нелинейных искажений каждого канала по формуле:

$$\delta_x = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^5 U_i^2}}{U_0} \cdot 100. \quad (10)$$

6.3.5.10 Повторить пп. 6.3.5.1 - 4.3.5.9 для остальных частот квантования в соответствии с таблицей 6.2 (2-я графа). Значения частот генератора устанавливать в соответствии выбранной частотой квантования из таблицы 6.3 (3-я графа).

6.3.5.11 Результаты поверки считать положительными, если для всех частот квантования (во всем диапазоне частот) и всех каналов узкополосного анализа коэффициент гармоник не превышает 0,01 %.

Таблица 6.3

Номер диапазона частот	Частота квантования Гц	Частота генератора Гц
1	2	3
1	2048	100
2	12800	500
3	51200	1000

6.3.6 Определение диапазона частот гармонического сигнала встроенного генератора

6.3.6.1 Подключить выход встроенного генератора ВЫХОД ЦАП 1 к разъему X1 (в диапазоне частот от 0,2 до 1 Гц) или к мультиметру Agilent 3458A (в диапазоне частот от 1 Гц до 20 кГц и от 20 до 30 кГц).

6.3.6.2 Установить действующее напряжение сигнала генератора 1 В.

6.3.6.3 Установить поочередно частоту сигнала, как указано в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Значение частот генерирования сигнала Гц			
0,2	400	8000	20000
0,5	500	9000	21000
1	600	10000	19000
2	700	11000	23000
4	800	12000	24000
8	900	13000	25000
10	1000	14000	26000
20	2000	15000	27000
50	3000	16000	28000
100	4000	17000	29000
200	5000	18000	30000
300	6000	19000	

6.3.6.4 Снять показания действующего значения напряжения генерируемого сигнала.

6.3.6.5 Результаты поверки считать положительными, если действующее значение напряжения 1 В находится в пределах:

$(1 \pm 0,03)$ В в диапазоне частот от 0,2 до 1 Гц;

$(1 \pm 0,01)$ В в диапазоне частот от 1 Гц до 20 кГц;

$(1 \pm 0,02)$ В в диапазоне частот от 20 до 30 кГц.

6.3.7 Определение относительной погрешности установки частоты гармонического сигнала встроенного генератора

6.3.7.1 Поверка по данному пункту выполняется одновременно с п. 6.3.16.

6.3.7.2 Снять показания частоты на мультиметре при частоте генерирования сигнала 1000 Гц

6.3.7.3 Результаты поверки считать положительными, если значение частоты находится в пределах $(1000 \text{ Гц} \pm 0,01) \text{ Гц}$.

6.3.8 Определение относительной погрешности установки напряжения переменного тока гармонического сигнала встроенного генератора

6.3.8.1 Выполнить действия по п. 6.3.6.1.

6.3.8.2 Установить частоту генерирования сигнала 1000 Гц.

6.3.8.3 Поочередно установить действующие значения напряжения генерируемого сигнала: 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 3,16 В.

6.3.8.4 При проверке с использованием узкополосного анализа запустить режим узкополосного анализа со следующими параметрами:

- коэффициентов усиления для всех каналов АЦП узкополосного анализа равными 1;
- частота квантования анализатора 2048 Гц;
- размер блока БПФ - 4094;
- линейное усреднение, время усреднения не менее 2 с;

6.3.8.5 Произвести отсчет показаний $U_{\text{ген}}$ на МВК-32 или мультиметре.

6.3.8.6 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки напряжения переменного тока гармонического сигнала находятся в пределах:

- $\pm 3 \%$ в диапазоне частот от 0,1 до 1 Гц;
- $\pm 1 \%$ в диапазоне частот от 1 Гц до 20 кГц;
- $\pm 2 \%$ в диапазоне частот от 20 до 30 кГц.

6.3.9 Определение коэффициента нелинейных искажений гармонического сигнала встроенного генератора

6.3.9.1 Подключить выход встроенного генератора ВЫХОД ЦАП 1 к разъему X1.

6.3.9.2 Выполнить действия согласно п. 6.3.5 за исключением п. 6.3.6.1

6.3.9.3 Результаты поверки считать положительными, если для всех частот квантования (во всем диапазоне частот) и всех каналов узкополосного анализа коэффициент гармоник не превышает 0,01 %.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки вести протокол произвольной формы.

7.2 При положительных результатах поверки на комплекс выдается свидетельство о поверке в качестве рабочего средства измерения установленной формы.

7.3 При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов методики поверки комплекс бракуется и к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности с указанием причины забракования.

Начальник НИК-2 ФГУП "ВНИИФТРИ"

В.Н. Некрасов

Начальник лаборатории 25 НИК-2
ФГУП "ВНИИФТРИ"

В.Н. Горопов

Ведущий конструктор НИК-2
ФГУП "ВНИИФТРИ"

А.М. Аствацатуров