

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального директора по
метрологии, руководитель службы
по обеспечению единства измерений
ФБУ «УРАЛМЕТ»



Ю.М. Суханов

«05» августа 2019 г.

Генераторы сигналов низкочастотные ГЗ-054
МП 4202/1-2019

Методика поверки

г. Екатеринбург
2019 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов низкочастотные ГЗ-054 (далее – генераторы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности установки частоты на выходах 1 и 2	8.3	да	да
4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки амплитуды выходного напряжения на выходах 1 и 2	8.4	да	да
5 Определение абсолютной погрешности установки ослабления встроенного аттенюатора	8.5	да	да
6 Определение относительной неравномерности уровня выходного напряжения относительно уровня на частоте 10 кГц	8.6	да	да
7 Определение коэффициента гармоник выходного напряжения	8.7	да	да
8 Определение характеристик сигналов на выходах ТТЛ и СИНХР	8.8	да	нет

2.2 Если при проведении любой операции поверки получены отрицательные результаты, поверку прекращают, прибор признают непригодным к эксплуатации.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, предоставленные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки
8.3	Частотомер универсальный МСА3040 (рег. № 51532-12) - диапазон измеряемых частот от 0 до 40 ГГц; - пределы допускаемого годового дрейфа частоты опорного генератора при

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки
	температуре $(23 \pm 3) ^\circ\text{C} \pm 2,4 \cdot 10^{-7}$
8.4, 8.5, 8.6	<p>Мультиметр 3458А (рег. № 25900-03)</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений сопротивления постоянному току от 10 Ом до 1 ГОм; - пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазонах измерений <p>100 Ом $\pm(3 \cdot 10^{-6} \cdot D + 3 \cdot 10^{-6} \cdot E)$ 1 кОм, 10 кОм $\pm(2 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot E)$</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазоны измерений напряжения переменного тока от 0 до 1000 В; - пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазонах измерений <p>10 мВ $\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot D + 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot E)$ 100 мВ, 1 В, 10 В $\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot D + 2 \cdot 10^{-5} \cdot E)$ 100 В $\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot D + 2 \cdot 10^{-5} \cdot E)$ (D – показание прибора, E – верхняя граница диапазона измерения)</p>
8.7	<p>Измеритель нелинейных искажений автоматический СК6-13 (рег. № 10227-85)</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон измеряемого коэффициента гармоник от 0,003 до 100 % в диапазоне частот от 10 Гц до 120 кГц; - пределы допускаемых значений абсолютной погрешности прибора при измерении коэффициента гармоник от $\pm(0,05 \cdot K_{гп} + 0,002)$ до $\pm(0,1 \cdot K_{гп} + 0,07)$ % при значениях коэффициента гармоник менее 30 %
8.7	<p>Анализатор спектра FSV40 (рег. № 42593-09)</p> <ul style="list-style-type: none"> - пределы допускаемой погрешности измерения частоты $\pm(10^{-6} \cdot f + 0,001)$ Гц, где f – измеряемая частота; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня (при доверительной вероятности 0,95) от 9 кГц до 10 МГц $\pm 0,39$ дБ; - значения среднего уровня собственных шумов на входе 50 Ом в полосе пропускания 1 кГц: <ul style="list-style-type: none"> от 9 кГц до 100 кГц не более минус 130 дБмВт от 100 кГц до 1 МГц не более минус 145 дБмВт от 1 МГц до 1 ГГц не более минус 152 дБмВт
8.7	<p>Режекторный фильтр МФР 447 из состава генератора (поставляется по отдельному заказу)</p> <ul style="list-style-type: none"> - номинальные частоты режекции 200, 400, 600, 800, 1000 кГц <p>Генератор сигналов SMB100А (рег. № 39230-08)</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон частот от 9 кГц до 6 ГГц; - диапазон установки уровней выходной мощности от минус 120 до плюс 13 дБмВт; - пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 3 \cdot 10^{-6}$
8.8	<p>Осциллограф цифровой запоминающий RTO-1022 (рег. № 46704-11)</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон значений коэффициента отклонения от 1 мВ/дел до 10 В/дел; - пределы допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения $\pm(1,5 \dots 2)$ %; - диапазон значений коэффициента развертки от 25 пс/дел до 50 с/дел; - пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора $\pm 25 \cdot 10^{-6}$

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Все средства поверки должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки приборов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации и настоящей методикой, и аттестованный в качестве поверителя.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, предусмотренные документом «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 (с изменениями и дополнениями), а также требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С.....20±5;
- относительная влажность воздуха, %, не более.....80;
- атмосферное давление, кПа.....100±4;
- параметры питания от сети переменного тока:
 - напряжения питания, В.....220±22;
 - частота, Гц.....50,0±0,5.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Поверитель должен изучить руководства по эксплуатации на поверяемое средство измерений и используемые средства поверки.

7.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность прибора;
- проверить комплектность средств поверки, заземлить и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- сохранность пломб;
- чистоту и исправность разъемов и гнезд;
- наличие маркировки;
- отсутствие механических повреждений.

Приборы, имеющие дефекты и механические повреждения, препятствующие проведению операций поверки, бракуются.

8.2 Опробование.

8.2.1 Провести подготовку к работе прибора согласно п.7.3 РЭ.

8.2.2 Проверить реакцию на органы управления в соответствии с РЭ.

8.2.3 Проверить идентификационные данные программного обеспечения прибора. Включить генератор. На дисплее появится идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения. Данные должны совпадать с идентификационными данными, указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ГЗ-054
Номер версии ПО	1.0.0

8.2.4 Результаты проверки считают положительными, если при выполнении п.п. 8.2.1 - 8.2.3 не выявлено несоответствий.

8.3 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности установки частоты на выходах 1 и 2.

8.3.1 Установить на соответствующем выходе генератора сигнал с амплитудой напряжения 3 В и с частотой в соответствии с таблицей 4.

8.3.2 Измерить частоту сигнала с помощью частотомера.

8.3.3 Рассчитать абсолютную погрешность установки частоты ΔF по формуле 1

$$\Delta F = F_{\text{изм}} - F_{\text{уст}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{изм}}$ - измеренная частота, $F_{\text{уст}}$ – установленная частота.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности установки частоты

Установленная частота, Гц	Измеренная частота (Выход 1), Гц	Погрешность, Гц	Измеренная частота (Выход 2), Гц	Погрешность, Гц	Допустимые пределы, Гц
10					± 0,20
20					± 0,20
50					± 0,20
100					± 0,21
200					± 0,21
500					± 0,23
1000					± 0,25
2000					± 0,30
5000					± 0,45
10000					± 0,70
20000					± 1,2
50000					± 2,7
99999					± 5
200000			-	-	± 10
500000			-	-	± 25
999999			-	-	± 50

Результат проверки считается положительными, если прибор генерирует сигналы с частотами таблицы 4, абсолютная погрешность установки частоты не превышает указанные допустимые пределы.

8.4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки амплитуды выходного напряжения на выходах 1 и 2.

8.4.1 Установить на соответствующем выходе генератора сигнал с амплитудой напряжения в соответствии с таблицей 5. Измерения проводить в крайних точках частотных диапазонов выходов, а также на частоте 10 кГц.

8.4.2 Измерить напряжение сигнала с помощью мультиметра.

8.4.3 Рассчитать относительную погрешность установки напряжения δU по формуле 2

$$\delta U = 141,4 \cdot U_{\text{изм}} / U_{\text{уст}}, \% \quad (2)$$

где $U_{\text{изм}}$ - измеренное напряжение, $U_{\text{уст}}$ – установленная амплитуда напряжения.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки амплитуды выходного напряжения

Установленное напряжение (Выход 1), В	Измеренное напряжение (Выход 1), В	Относительная погрешность, %	Установленное напряжение (Выход 2), В	Измеренное напряжение (Выход 2), В	Относительная погрешность, %
Частота 10 кГц					
1			3		
2			5,1		
5			9,9		
10			20,1		
-	-	-	30		
Частота 10 Гц					
1			3		
2			5,1		
5			9,9		
10			20,1		
-	-	-	30		
Частота 999 999 Гц для выхода 1 и 99 999 Гц для выхода 2					
1			3		
2			5,1		
5			9,9		
10			20,1		
-	-	-	30		

Результат проверки считается положительным, если прибор генерирует сигналы с напряжениями таблицы 5, относительная погрешность установки напряжения не превышает $\pm 10\%$.

8.5 Определение абсолютной погрешности установки ослабления встроенного аттенюатора.

8.5.1 Установить на выходе 1 генератора напряжение 10 В, частоту 10 кГц и ослабление аттенюатора в соответствии с таблицей 6.

8.5.2 При каждом положении аттенюатора провести измерения выходного напряжения мультиметром.

8.5.3 Повторить измерения по п.п. 8.5.1-8.5.2 на частотах 10 Гц и 999 999 Гц.

8.5.4 Установить на выходе 2 генератора напряжение 30 В, частоту 10 кГц и ослабление аттенюатора в соответствии с таблицей 6.

8.5.5 При каждом положении аттенюатора провести измерения выходного напряжения мультиметром.

8.5.6 Повторить измерения по п.п. 8.5.4-8.5.5 на частотах 10 Гц и 99 999 Гц.

8.5.7 Рассчитать абсолютную погрешность установки ослабления ΔA по формуле (4)

$$\Delta A = 20 \cdot \lg(U_{\text{изм}0} / U_{\text{изм}}) - A_{\text{уст}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{изм}}$ - измеренное напряжение, $U_{\text{изм}0}$ - измеренное напряжение при нулевом ослаблении, $A_{\text{уст}}$ – установленное ослабление.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 6.

Таблица 6 – Определение абсолютной погрешности установки ослабления встроенного аттенюатора

Установленное ослабление (Выход 1), дБ	Измеренное напряжение (Выход 1), В	Абсолютная погрешность установки ослабления, дБ	Установленное ослабление (Выход 2), дБ	Измеренное напряжение (Выход 2), В	Абсолютная погрешность установки ослабления, дБ
Частота 10 кГц					
0			0		
20			20		
40			40		
Частота 10 Гц					
0			0		
20			20		
40			40		
Частота 999 999 Гц для выхода 1 и 99 999 Гц для выхода 2					
0			0		
20			20		
40			40		

Результат проверки считается положительным, если абсолютная погрешность установки ослабления находится в пределах $\pm 0,5$ дБ.

8.6 Определение относительной неравномерности уровня выходного напряжения относительно уровня на частоте 10 кГц

8.6.1 Установить на выходе 1 генератора напряжение 10 В.

8.6.2 Устанавливать частоту генератора в соответствии с таблицей 7 и измерять напряжение мультиметром.

8.6.3 Установить на выходе 2 генератора напряжение 30 В.

8.6.4 Устанавливать частоту генератора в соответствии с таблицей 7 и измерять напряжение мультиметром.

8.6.5 Рассчитать неравномерность уровня как относительное отклонение измеренных уровней относительно уровня на частоте 10 кГц. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Определение неравномерности уровня выходного напряжения

Установленная частота, Гц	Измеренное напряжение, В	Неравномерность, %	Допустимые пределы, %
Выход 1			
22			$\pm 1,5 \%$
50			
100			
200			
500			
1 000			
2 000			

5 000		
10 000		опорное значение
20 000		
50 000		
100 000		
199 999		
Выход 1		
200 000		± 10 %
300 000		
400 000		
500 000		
600 000		
700 000		
800 000		
900 000		
999 999		
Выход 2		
22		± 1,5 %
50		
100		
200		
500		
1 000		
2 000		
5 000		
10 000		
20 000		
50 000		
99 999		

Результат проверки считается положительным, если неравномерность уровня выходного напряжения находится в пределах, указанных в таблице 7.

8.7 Определение коэффициента гармоник выходного напряжения

8.7.1 Подключить к выходу генератора нагрузку из комплекта. Устанавливать на генераторе частоту и напряжение в соответствии с таблицей 8. Измерять коэффициент гармоник с помощью измерителя нелинейных искажений. При периодической проверке допускается проверку на частотах выше 100 кГц не проводить.

На частотах свыше 100 кГц использовать анализатор спектра. Если собственные гармонические искажения анализатора сопоставимы по уровню с гармоническими искажениями генератора, необходимо использовать режекторный фильтр МФР 447 из состава генератора для подавления первой гармоники. Методические указания по использованию фильтра приведены в Приложении № 1.

Таблица 8 – Определение коэффициента гармоник выходного напряжения

Установленная частота, Гц	Измеренный коэффициент гармоник, %	Допуск, %, не более
Выход 1, напряжение 10 В		
10		0,2
20		
50		
99		
100		0,1
200		
500		
1 000		
2 000		

5 000		
10 000		
19 999		
20 000		
50 000		0,2
100 000		
199 999		
200 000		
400 000		
600 000		0,5
800 000		
999 999		
Выход 2, напряжение 30 В		
10		2
20		
50		
100		
200		
500		
1 000		
2 000		
5 000		
10 000		
20 000		
50 000		
99 999		

Результат проверки считается положительным, если коэффициент гармоник выходного напряжения не превышает пределов, указанных в таблице 8.

8.8 Определение характеристик сигналов на выходах ТТЛ и СИНХР

8.8.1 Подключить к выходу ТТЛ нагрузку 600 Ом из комплекта генератора.

8.8.2 С помощью осциллографа измерить амплитуду высокого уровня, амплитуду низкого уровня, скважность сигнала и длительность фронта и среза.

8.8.3 Повторить измерения для выхода СИНХР, при этом вместо скважности определяется длительность сигнала.

Таблица 9 – Определение характеристик сигналов на выходах ТТЛ и СИНХР

Характеристика	Измеренное значение	Допуск
Выход ТТЛ		
Амплитуда высокого уровня		$\geq 4,5$ В
Амплитуда низкого уровня		$\leq 0,2$ В
Скважность		$2,0 \pm 0,1$
Длительность фронта		≤ 30 нс
Длительность среза		≤ 30 нс
Выход СИНХР		
Амплитуда высокого уровня		$\geq 4,5$ В
Амплитуда низкого уровня		$\leq 0,2$ В
Длительность		≤ 200 нс
Длительность фронта		≤ 30 нс
Длительность среза		≤ 30 нс

Результат проверки считается положительным, если измеренные характеристики сигналов находятся в допусках, приведенных в таблице 9.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга РФ от 2 июля 2015 года № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

9.2 В случае отрицательных результатов поверки выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга РФ от 2 июля 2015 года № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 4202



А.С. Вахрушев

Методические указания по использованию фильтра режекторного МФР 447

В каждой поверяемой точке, перед использованием фильтра необходимо определить на сколько фильтр подавляет первую гармонику по отношению к 2, 3 и 4 гармоникам. Для этого можно использовать вспомогательный генератор и анализатор спектра, подключаемые соответственно ко входу и выходу фильтра.

Для измерений в точке 200 кГц, выставить на вспомогательном генераторе соответствующую частоту. Уровень сигнала установить достаточный для измерений спектральных составляющих анализатором спектра. Подключить генератор ко входу фильтра. Подключить выход фильтра к анализатору спектра. Установить на фильтре частоту режекции 200 кГц. Балансировками фильтра добиться минимального значения уровня первой гармоники, наблюдаемой на анализаторе спектра. Измерить уровень основной гармоники P_1 [дБмкВ]. Увеличить частоту генератора в 2 раза. Измерить уровень основной гармоники P_2 [дБмкВ]. Вычислить разность полученных значений $\Delta_{21}=P_2-P_1$ [дБ]. Увеличивая частоту генератора в 3 и 4 раза по отношению к первоначальной, повторить измерения. Вычислить разности $\Delta_{31}=P_3-P_1$, $\Delta_{41}=P_4-P_1$ [дБ].

Заменить вспомогательный генератор поверяемым генератором, с подключенной нагрузкой из комплекта. Установить на генераторе частоту 200 кГц и максимальное выходное напряжение. С помощью анализатора спектра измерить уровни 1, 2, 3 и 4 гармоник Γ_i [дБмкВ]. Расчитать относительные уровни гармоник, приведенные ко входу фильтра $\Gamma_{вхi}=\Gamma_i-\Delta_{i1}$ [дБ]. При этом учесть, что $\Delta_{11}=P_1-P_1=0$. Расчитать коэффициент гармоник по формуле 1:

$$K_{г} = \sqrt{\sum_{i=2}^{i=4} 10^{\frac{\Gamma_{вхi}-\Gamma_{вх1}}{10}}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Повторить описанную последовательность действий для частот 400, 600, 800 и 999,999 кГц.