

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«РАДИО, ПРИБОРЫ И СВЯЗЬ»
603009, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 168, офис 405

СОГЛАСОВАНО



Главный метролог
ФБУ «Нижегородский ЦСМ»

Т.Б. Змачинская

« 28 » января 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ Г4-238

Методика поверки

РПИС.411645.038МП

г. Нижний Новгород

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает методику первичной и периодической поверки генераторов сигналов высокочастотных Г4-238 (далее генераторы).

1.2 При поверке генераторов должны быть подтверждены метрологические требования (характеристики), установленные при утверждении типа.

1.3 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых генераторов 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».

1.4 При проведении поверки генераторов используются методы прямого измерения.

1.5 Интервал между поверками – 2 года.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерения	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений:	10		
Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от внутреннего опорного генератора	10.1	Да	Да
Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала	10.2	Да	Да
Определение уровня гармонических составляющих	10.3	Да	Да
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке от несущей частоты 10 кГц	10.4	Да	Нет
Определение ослабления сигнала в паузе между радиоимпульсами при импульсной модуляции	10.5	Да	Да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	11	Да	Да

2.2 При первичной и периодической поверке все операции, указанные в таблице 1 обязательны. Проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений невозможно.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверку генераторов следует проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5 ;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- напряжение переменного тока, В 230 ± 23 ;
- частота переменного тока, Гц $50 \pm 0,5$.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки генераторов допускаются поверители из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на поверяемый генератора, эксплуатационную документацию на средства поверки и имеющие стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений для поверки.

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.10.1 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от внутреннего опорного генератора	Эталоны единицы измерений времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, в диапазоне значения частот от 0,1 до 3000 МГц	Частотомеры электронно-счетные ЧЗ-85/6 рег. № 75631-19
п.10.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующее требованиям к рабочим эталонам единицы мощности электромагнитного колебаний не ниже 3 разряда в диапазоне частот от 0,1 до 3000 МГц и в диапазоне измерений мощности от $1 \cdot 10^{-2}$ до 10^2 мВт Анализатор спектра: диапазон частот от 0,1 до 7000 МГц, диапазон измеряемых уровней мощности от минус 100 до плюс 30 дБм, погрешность нелинейности шкалы $\pm 0,2$ дБ	Ваттметры поглощаемой мощности МЗ-54 рег. № 7058-79 Анализаторы спектра R&S FSP рег. № 26744-04

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.10.3 Определение уровня гармонических составляющих	Анализатор спектра: диапазон частот от 0,1 до 7000 МГц, диапазон измеряемых уровней мощности от минус 100 до плюс 20 дБм.	Анализаторы спектра R&S FSP рег. № 26744-04
п.10.4 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов на частоте 1 ГГц при отстройке от несущей частоты 20 кГц	Анализатор фазового шума: диапазон частот от 0,5 до 5 ГГц, уровень собственных шумов на частоте 1 ГГц не более минус 115 дБн/Гц при отстройке 10 кГц	Анализаторы сигналов Agilent N 9030A рег. № 51073-12
п.10.5 Определение ослабления сигнала в паузе между радиоимпульсами	Анализатор спектра: диапазон частот от 0,1 до 7000 МГц, диапазон измеряемых уровней мощности от минус 120 до плюс 20 дБм, погрешность нелинейности шкалы $\pm 0,2$ дБ	Анализаторы спектра R&S FSP рег. № 26744-04
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5.2 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующую запись о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерения.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые генераторы и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяется:

- соответствие внешнего вида и маркировки генератора описанию типа и эксплуатационной документации на него;
- отсутствие внешних повреждений поверяемого генератора, которые могут повлиять на его метрологические характеристики.

7.2 Генератор, не отвечающий перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Порядок установки генератора на рабочее место, включения, управления приведены в руководстве по эксплуатации РПИС. 411645.038РЭ.

8.2 Выдержать генератор в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

8.3 Определение метрологических характеристик должно проводиться после времени установления рабочего режима генератора и средств поверки, указанного в соответствующий эксплуатационной документации.

8.4 Опробование (проверка функционирования) генератора заключается в проведении проверки функционирования дисплея, органов управления генератора, проведении встроенной диагностики.

8.5 Генератор допускается к дальнейшей поверке, если дисплей, органы управления функционируют и результат диагностики положительный.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверку идентификационных данных встроенного программного обеспечения (далее - ПО), проводят путем их сравнения с идентификационными данными, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 Идентификационные данные программного обеспечения прибора

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Generator_G4-238
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0.0

9.2 Идентификационные данные ПО генератора отображаются в информационном окне меню «Сведения о приборе». В окне «Сведения о приборе» указаны наименование ПО, версия ПО и заводской номер.

9.3 Результаты проверки ПО считают положительными, если установлено полное соответствие идентификационных данных встроенного ПО генератора данным, приведенным в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от внутреннего опорного генератора проводят путем измерения частоты генерируемых колебаний в режиме немодулированных колебаний с помощью электронно-счетного частотомера ЧЗ-85/6

Измерения проводят на трех частотах рабочего диапазона, минимальной 1 МГц, средней 1100 МГц и максимальной 2200 МГц.

Погрешность установки частоты Δf вычисляют по формуле

$$\Delta f = \frac{f_{\text{изм}} - f_{\text{уст}}}{f_{\text{уст}}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{изм}}, f_{\text{уст}}$ – измеренное и установленное значения частот соответственно.

10.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала

Погрешность установки уровня выходного сигнала определяют при помощи ваттметра поглощаемой мощности МЗ-54 для уровня 10 дБм (10 мВт), при помощи анализатора спектра FSP для уровней выходного сигнала плюс 27 (свыше 10 МГц); плюс 25 (свыше 10 МГц); плюс 19; 0; минус 10; минус 20; минус 30; минус 40; минус 50 дБм.

10.2.1 Преобразователь ваттметра подключают к выходу поверяемого генератора. Устанавливают на выходе генератора немодулированный сигнал, уровень выходного сигнала 10 дБм. Измерение выходного уровня на выходе генератора проводят на частотах 1; 10; 50; 100; 300; 500; 800; 1000; 1500; 1800; 2000; 2200 МГц. Погрешность установки уровня выходного сигнала 10 дБм вычисляют по формуле

$$\delta_{10\text{дБм}} = 10 \cdot \lg(P_{\text{мВт}}) - P_{\text{уст}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{мВт}}$ – измеренное значение ваттметром, мВт;

$P_{\text{уст}}$ – установленное значение уровня сигнала на выходе генератора, дБм.

10.2.2 Соединяют выход генератора с входом анализатора спектра. Генератор переводят в режим работы от внешнего источника опорного сигнала, который подают с выхода опорного сигнала анализатора спектра. Устанавливают на выходе генератора немодулированный сигнал с частотой 1 МГц.

В анализаторе спектра устанавливают значение центральной частоты равной частоте генератора, опорный уровень 30 дБм, полоса обзора 10 Гц, полоса пропускания 10 Гц, видео – фильтр 10 Гц, маркер максимум. Считывают показания маркера анализатора спектра $P_{10\text{дБм}}$ при установленном уровне на выходе генератора 10 дБм. Рассчитывают погрешность измерения анализатором спектра уровня 10 дБм по формуле

$$\delta_A = P_{10\text{дБм}} - 10 \cdot \lg(P_{\text{мВт}}), \quad (3)$$

где $P_{\text{мВт}}$ – измеренное значение ваттметром уровня выходного сигнала 10 дБм на установленной частоте, мВт;

$P_{10\text{дБм}}$ – показание маркера анализатора спектра, дБм.

Устанавливая последовательно на выходе генератора уровень плюс 27 (свыше 10 МГц); плюс 25 (свыше 10 МГц); плюс 19 рассчитать абсолютную погрешность установки уровня выходного сигнала δ_p в децибелах по формуле

$$\delta_p = P_{\text{изм}} - P_{\text{уст}} - \delta_A, \quad (4)$$

где $P_{\text{изм}}$ – текущие показания маркера анализатора спектра, дБм;

$P_{\text{уст}}$ – установленный уровень в генераторе Г4-238, дБм;

δ_A – погрешность измерения анализатором спектра уровня 10 дБм на установленной частоте.

10.2.3 Установить опорный уровень анализатора спектра плюс 11 дБм, в генераторе установить уровень выходного сигнала 10 дБм и рассчитать погрешность измерения анализатором спектра уровня 10 дБм по формуле (3).

Устанавливая последовательно на выходе генератора уровень 0; минус 10; минус 20; минус 30; минус 40; минус 50 дБм рассчитать абсолютную погрешность установки уровня выходного сигнала δ_p в децибелах по формуле (4).

10.2.4 Повторить измерения и расчет погрешности на частотах 10; 50; 100; 300; 500; 800; 1000; 1500; 1800; 2000; 2200 МГц.

10.3 Определение уровня гармонических составляющих проводят с помощью анализатора спектра FSP на частотах 1; 10; 50; 100; 300; 500; 1000; 1500; 2200 МГц при уровнях выходного сигнала плюс 19 дБм и плюс 27 дБм (свыше 10 МГц).

В генераторе Г4-238 установить проверяемую частоту и уровень выходного сигнала.

Анализатором спектра измерить уровень первой гармоники P_f . Далее измерить уровень второй P_{2*f} и третьей гармоники P_{3*f} .

Рассчитать уровень гармоник по формулам

$$HD_2 = P_f - P_{2*f} \quad (4)$$

$$HD_3 = P_f - P_{3*f} \quad (5)$$

где HD_2 и HD_3 соответственно уровень второй и третьей гармоники в дБ относительно основной.

10.4 Определение относительной спектральной плотности мощности фазового шума на выходе прибора на частоте 1000 МГц при отстройке от несущей частоты на 10 кГц проводят с помощью анализатора сигналов.

На вход анализатора сигналов подают немодулированный сигнал генератора с частотой 1000 МГц и уровнем 0 дБм. В анализаторе сигналов устанавливают опорный уровень 5 дБм, центральная частота 1000 МГц, полоса обзора 100 кГц, полоса пропускания 1 кГц, видео – фильтр 100 Гц, детектор среднеквадратичный. Маркером в режиме измерения фазового шума проводят измерения при отстройке 10 кГц от несущей.

10.5 Определение ослабления сигнала в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции проводят анализатором спектра FSP.

Соединяют выход генератора с входом анализатора спектра. Генератор переводят в режим работы от внешнего источника опорного сигнала, который подают с выхода опорного сигнала анализатора спектра.

Устанавливают на выходе генератора сигнал с частотой 10 МГц, уровень выходного сигнала 0 дБм, импульсная модуляция включена, источник модуляции внешний, полярность инверсная.

В анализаторе спектра устанавливают значение центральной частоты равной частоте генератора, полоса обзора 1 кГц, опорный уровень 5 дБм. Измерить маркером уровень сигнала $P_{им_вкл}$.

Изменить в генераторе в параметрах импульсной модуляции полярность на нормальную.

Измерить маркером уровень сигнала $P_{им_выкл}$.

Ослабление в паузе рассчитывается по формуле

$$K_{дб} = P_{им_вкл} - P_{им_выкл} \quad (6)$$

Повторить измерения на частотах 1000; 1500; 2200 МГц.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Критерием принятия решения по подтверждению соответствия генератора метрологическим требованиям, установленными при утверждении типа является выполнение требований всех операций поверки с положительным результатом.

11.2 Результаты выполнения операции поверки генераторов по определению относительной погрешности установки частоты выходного сигнала при работе от внутреннего опорного генератора считаются положительными, если погрешности установки частоты не превышает $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

11.2 Результаты выполнения операции поверки генераторов по определению абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала считаются положительными, если погрешность установки уровня выходного сигнала не превышает ± 1 дБ.

11.3 Результаты выполнения операции поверки генераторов по определению уровня гармонических составляющих считаются положительным, если измеренный относительный уровень 2-й и 3-й гармоник несущей частоты при уровнях сигнала 19 дБм не более минус 30 дБ, при уровне 27 дБм не более минус 25 дБ.

11.4 Результаты выполнения операции поверки генераторов по определению относительной спектральной плотности мощности фазового шума на выходе прибора на частоте 1000 МГц при отстройке от несущей частоты на 10 кГц считаются положительными, если уровень фазовых шумов не превышает минус 100 дБн/Гц.

11.5 Результаты выполнения операции поверки генераторов по определению ослабления сигнала в паузе между импульсами в режиме импульсной модуляции считаются положительными, если ослабления сигнала в паузе между импульсами не менее 80 дБ.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки метрологических характеристик заносятся в протоколы в соответствии с формой протокола, установленной организацией, проводящей поверку.

12.2 Сведения о результатах поверки в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

Знак поверки на генератор наносится давлением на специальную мастику двух пломб, расположенных в крепежных отверстиях упоров задней панели генератора.

12.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие генератора установленным метрологическим требованиям) оформляют свидетельство о поверке по установленной форме.

12.4 В случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие поверяемого генератора установленным метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, предъявившего его на поверку, выдают извещение о непригодности к применению установленной формы.