

СОГЛАСОВАНО
Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

10 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ГАРМОНИК
РЭКГ-2

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-21-045 МП

р.п. Менделеево

2021 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки установок поверочных для средств измерений коэффициента гармоник РЭКГ-2 (далее – установка, РЭКГ-2), зав. №№ 001 и 002, изготовленных ООО НПП «Радио, приборы и связь», г. Нижний Новгород, находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

1.2. При проведении поверки обеспечена прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону единицы коэффициента гармоник в диапазоне от 0,001 до 100 % для сигналов с основной гармоникой в диапазоне частот от 10 до 200000 Гц ГЭТ 188-2010 (далее - ГЭТ 188-2010) в соответствии с ГОСТ 8.762-2011.

1.3. В результате поверки должно быть подтверждено соответствие установки метрологическим требованиям к вторичным эталонам единицы коэффициента гармоник в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ 8.762-2011. Прослеживаемость результатов измерений коэффициента гармоник к первичному государственному эталону должна обеспечиваться непосредственным применением при поверке ГЭТ 188-2010.

При определении других метрологических характеристик установки должны использоваться поверенные средства измерений, что обеспечит прослеживаемость результатов измерений к соответствующим первичным эталонам.

1.4. Первичной поверке подлежит установка, выпущенная из производства и вышедшая из ремонта.

Периодической поверке подлежит установка, находящаяся в эксплуатации и на хранении.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки установки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства поверки	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик	10	да	да
Определение выходного напряжения первой гармоник калибратора КГ (далее - КГ)	10.1	да	да
Определение значений фиксированных частот первой гармоники калибратора КГ в режиме работы от встроенного генератора	10.2	да	да
Определение абсолютной погрешности формирования Кг	10.3	да	да
Определение среднего квадратического отклонения результатов измерений КГ встроенным компаратором	10.4	да	да
Определение собственного КГ, уровня шума и фона в тракте компаратора РЭКГ-2	10.5	да	да

2.2 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца средства измерения.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- относительная влажность воздуха, %, не выше 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) и документацией по поверке.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.1	Мультиметр 3458А, диапазон частот 1 Гц – 10 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений напряжения переменного тока $\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot U_{\Sigma} + 2 \cdot 10^{-5} \text{ В})$
10.2	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/6, диапазон частот от 0,001 Гц до 200 МГц, пределы относительного годового дрейфа частоты опорного генератора $\pm 1 \cdot 10^{-7}$
10.3	Государственный первичный эталон единицы коэффициента гармоник в диапазоне от 0,001 до 100 % для сигналов с основной гармоникой в диапазоне частот от 10 до 200000 Гц ГЭТ 188-2010

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены (аттестованы) и иметь действующие свидетельства о поверке.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации установки РЭКГ-2 и средств поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в одной точке в соответствии с документацией.

6.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра установки проверить:

- отсутствие механических повреждений и чистоту соединительных разъемов;
- целостность пломб (наклейки);
- сохранность маркировки, все надписи должны быть читаемы.

7.2 Проверку комплектности проводить сличением действительной комплектности с данными, приведенными в эксплуатационной документации.

7.3 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, перечисленные в пунктах 7.1 и 7.2.

7.4 Установка, не удовлетворяющая положительным критериям внешнего осмотра, признается непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка поверки

8.1.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в руководствах по эксплуатации установки РЭКТ-2 и применяемых средств поверки.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании произвести подготовку установки к работе в соответствии с п. 8.6 руководства по эксплуатации РПИС.411734.005-01 РЭ.

8.2.2 Провести диагностирование и калибровку в автоматизированном режиме, проверить прохождение команд на воспроизведение заданного значения КГ.

8.2.3 Результаты опробования считать положительными, если в пользовательском интерфейсе программы управления проходят команды по установлению заданного значения КГ. В противном случае результаты опробования считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Выбрать в меню закладку «Справка» и нажать выпадающую кнопку «О программе...».

9.2 В появившемся информационном окне найти обозначение версии программного обеспечения и убедиться в его соответствии с версией, указанной в формуляре средства измерений.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение выходного напряжения первой гармоник калибратора КГ.

10.1.1 Определение уровней выходного напряжения первой гармоники калибратора КГ проводят с помощью мультиметра 3458А на частотах первой гармоники 10 Гц; 1 кГц; 20 кГц и 200 кГц.

10.1.2 Соединить выход «КАЛИБРАТОР» установки РЭКГ-2 с входом мультиметра 3458А. Мультиметр перевести в режим измерений напряжения переменного тока.

10.1.3 Установить в калибраторе КГ установки значение $KГ = 0 \%$ и напряжение первой гармоники 0,4 В. Устанавливая значения частот первой гармоники 10 Гц; 1 кГц; 20 кГц и 200 кГц, фиксировать показания мультиметра 3458А.

10.1.4 Аналогично провести измерения на тех же частотах для напряжения первой гармоники 0,8 В.

10.1.5 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения выходного напряжения первой гармоники калибратора КГ находятся в пределах $(0,4 \pm 0,04)$ В для напряжения первой гармоники 0,4 В и $(0,8 \pm 0,08)$ В для напряжения первой гармоники 0,8 В. В противном случае результаты поверки считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

10.2 Определение значений фиксированных частот первой гармоники калибратора КГ в режиме работы от встроенного генератора.

10.2.1 Соединить штатным кабелем вход частотомера ЧЗ-85/6 с розеткой «КАЛИБРАТОР» на передней панели РЭКГ-2.

10.2.2 Устанавливая последовательно в калибраторе КГ частоты 10 Гц; 20 Гц; 200 Гц; 1 кГц; 20 кГц; 100 кГц и 200 кГц, измеряют их фактические значения частотомером ЧЗ-85/6. Относительно отклонение частот первой гармоники определяют по формуле (1):

$$\delta F = \frac{F_{\text{изм}} - F_{\text{н}}}{F_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{изм}}$ и $F_{\text{н}}$ – соответственно измеренное и номинальное значения частоты.

10.2.3 Результаты поверки считать положительными, если относительные отклонения частот первой гармоники от установленных значений находятся в допустимых пределах $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ для всех устанавливаемых частот. В противном случае результаты поверки считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

10.3 Определение абсолютной погрешности формирования КГ

10.3.1 Подготовить к работе ГЭТ 188-2010 в соответствии с руководством по его эксплуатации.

10.3.2 Соединить выход калибратора КГ установки РЭКГ-2 с входом измерителя КГ эталонным (ИКГЭ) из состава ГЭТ 188-2010 в соответствии с рисунком 1. Установить режим выхода калибратора КГ – «0,8 В».



Рисунок 1 - Схема соединений для проверки погрешности воспроизведения КГ установкой РЭКГ-2

10.3.3 В калибраторе КГ установить режим выхода «0,8 В», частоту сигнала 10 Гц, выбрать вид спектра $\langle \frac{1}{N} \rangle$ и провести частную калибровку кнопкой «Частная» в поле «Калибровка».

10.3.4 В программе управления ГЭТ 188-2010 выполнить следующие установки:

- в поле «Частота осн. гарм., Гц» 10;
- в поле «Преселектор» 5;

- в поле «Число измерений» 10;
- в поле «Число гармоник» 10;
- в поле «Число отсчетов» выбрать значение 1048576.

10.3.5 В окне управления калибратора КГ в поле «Коэффициент гармоник» установить значение КГ 0,003 %. В программе управления ГЭТ 188-2010 нажать кнопку «Пуск» и дождаться окончания процедуры измерений КГ.

10.3.6 Аналогично п. 10.3.5 выполнить измерения КГ сигнала калибратора для следующих, формируемых калибратором значений КГ: 0,01%; 0,03%; 0,1%; 0,3%; 1%; 3%; 10%; 30%; 100%.

10.3.7 Аналогично п.п. 10.3.5, 10.3.6 выполнить измерения КГ сигнала калибратора с частотами первой гармоники: 20 Гц, 200 Гц, 1 кГц, 20 кГц, 100 кГц и 200 кГц. При этом в программе управления ГЭТ 188-2010, в зависимости от частоты первой гармоники, устанавливать значения параметров, указанные в таблице 3. Для сигнала калибратора РЭКГ-2 с частотой первой гармоники 200 кГц устанавливать вид спектра «К2».

Таблица 3 - Установки в программе управления ГЭТ 188-2010 при измерениях КГ

Частота основной (первой) гармоники	Преселектор	Число гармоник
10, 20, 200 Гц	5	10
1, 20 кГц	2	
100 кГц	0	
200 кГц	0	5

10.3.8 После каждой смены частоты или вида спектра сигнала калибратора КГ проводить «частную» калибровку кнопкой «Частная» в поле «Калибровка» программы управления РЭКГ-2.

10.3.9 Используя вкладку «Лог» программы управления ГЭТ 188-2010, записать в рабочую директорию управляющего компьютера лог-файл (служебный файл), содержащий результаты измерений.

10.3.10 При оформлении протокола поверки в части определения абсолютной погрешности воспроизведения Кг открыть лог-файл, записанный в п. 10.3.9. Значения неисключенной систематической погрешности воспроизведения КГ вычислять по формуле (2):

$$\Delta K_{\Gamma} = K_{\Gamma_{\text{ГЭТ188}}} - K_{\Gamma}, \quad (2)$$

где K_{Γ} – значение КГ, воспроизводимое РЭКГ-2;

$K_{\Gamma_{\text{ГЭТ188}}}$ – соответствующий результат измерений КГ, взятый из лог-файла результатов измерений.

10.3.11 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности, вычисленные по формуле (2) не выходят за пределы, указанные в таблице 4 для всех значений частоты первой гармоники и КГ, перечисленных в п.п. 10.3.3, 10.3.5 - 10.3.7. В противном случае результаты поверки считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

Таблица 4 - Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения КГ

Частота первой гармоники	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, %
10 Гц; 20 Гц	$\pm(0,003 \cdot K_{\Gamma} + 0,0003)$
200 Гц; 1 кГц	$\pm(0,003 \cdot K_{\Gamma} + 0,0002)$
20 кГц	$\pm(0,004 \cdot K_{\Gamma} + 0,0004)$
100 кГц, 200 кГц	$\pm(0,006 \cdot K_{\Gamma} + 0,0006)$

10.4 Определение среднего квадратического отклонения результатов измерений КГ встроеным компаратором.

10.4.1 На панели управления калибратором КГ установить напряжение выходного сигнала 0,8 В, вид спектра « $\frac{1}{N}$ » и выполнить калибровку для всех частот (кнопка «По частотам» в зоне «Калибровка»).

10.4.2 На панели управления компаратором КГ выполнить полную калибровку фильтров (кнопка «Полная» в зоне «Калибровка фильтров»).

10.4.3 Установить частоту первой гармоники 10 Гц и КГ 100 %.

10.4.4 В компараторе установить полосу частот фильтра НЧ (0,01 – 2) кГц и запустить процедуру измерений КГ фильтровым методом в режиме текущего усреднения трех значений. Зафиксировать 10 независимых результатов измерений и вычислить СКО по формуле (3):

$$СКО = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (K_{Гi} - K_{Гср})^2}{N(N-1)}}, \quad (3)$$

где $K_{Гi}$ – i -й результат измерений КГ;

$N = 10$ число результатов независимых измерений;

$K_{Гср} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{Гi}$ – среднее по результатам N измерений.

10.4.5 Определить СКО для остальных частот первой гармоники и значений КГ в таблице 5 с полосами частот фильтра НЧ, указанными в графе 2, аналогично п. 10.4.4.

Таблица 5 - Значения предела СКО результатов измерений КГ установки РЭКГ-2 для разных значений КГ и частот основной гармоники

Частота первой гармоники	Полоса частот фильтра НЧ компаратора, кГц	Коэффициент гармоник, %	СКО, %	
			измерено, %	допуск, %
1	2	3	4	5
10 Гц	0,01 - 2	100		0,01
		1		0,00015
		0,1		0,00006
		0,01		0,00005
20 кГц	0,3 – 200	100		0,01
		1		0,00015
		0,1		0,00006
		0,01		0,00005
200 кГц	0,3 – 1000	100		0,01
		1		0,0007
		0,05		0,00061

10.4.6 Результаты измерений СКО занести в таблицу протокола поверки по форме таблицы 5 (графа 4).

10.4.7 Результаты поверки считать положительными, если результаты вычисления СКО не будут превышать соответствующих значений графы 5 таблицы 5. В противном случае результаты опробования считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

10.5 Определение собственного КГ, уровня шума и фона в тракте компаратора РЭКГ-2.

10.5.1 Определение собственного КГ, уровня шума и фона в тракте компаратора РЭКГ-2 проводят на частотах первой гармоники и в полосах фильтра НЧ, указанных в таблице 6, с использованием сигнала калибратора КГ РЭКГ-2.

10.5.2 Для режима фильтрового метода определения собственного КГ, уровня шума и фона установить в калибраторе КГ частоту первой гармоники 1 кГц, спектральный состав сигнала « $\frac{1}{N}$ » и значение $K_f=0$ %. Провести частную калибровку калибратора КГ для структуры спектра « $\frac{1}{N}$ ».

10.5.3 Подключить вход компаратора к выходу калибратора КГ нажатием кнопки «КАЛИБРАТОР». Установить в зоне «Фильтры» частоту 1 кГц. Нажатием кнопки «ЧАСТНАЯ» в зоне «Калибровка фильтров», провести калибровку компаратора.

10.5.4 После окончания калибровки в компараторе установить:

- метод измерения – «фильтровой»;
- пределы измерения – «0,3 – 1 В»;
- полоса НЧ (0,3 – 10) кГц.

10.5.5 Включить кнопку «Изм.U1» в зоне «Измерить», переместить движок «Регулировка уровня» в крайне правое положение и измерить уровень первой гармоники в сигнале калибратора КГ. Дождавшись установившегося режима показаний цифрового индикатора, выключить кнопку «Изм.U1». При этом, программа запоминает измеренное значение.

10.5.6 Включить кнопку «Изм.Uг» и затем кнопку «ОПРЕДЕЛИТЬ КГ». При этом на табло будет выводиться вычисляемое значение КГ, а единица измерения в табло «Пределы изм.» сменится на «%».

10.5.7 Кнопками «◀▶» под окном «Пределы изм.» выбрать минимальные пределы измерения КГ. По табло (над кнопкой «ОПРЕДЕЛИТЬ КГ») зафиксировать значение собственного КГ и шума и фона в тракте компаратора.

10.5.8 В зоне «Метод измерения» включить кнопку «МЕТОД ВОЛЬТМЕТРА» и зафиксировать значение КГ в тракте компаратора для этого метода.

10.5.9 Аналогично провести измерения на других частотах и для полос фильтра НЧ, указанных в таблице 7.

10.5.10 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения собственного КГ и уровня шума и фона в тракте компаратора не превышают значений, указанных в таблице 6. В противном случае результаты опробования считать отрицательными и установка признается непригодным к применению.

Таблица 6 - Пределы собственного КГ, уровня шума и фона в тракте компаратора РЭКГ-2

Частота первой гармоники	Полоса частот фильтра НЧ компаратора, кГц	Пределы ΔK , %	
		фильтровой метод	метод вольтметра
10 Гц; 20 Гц; 200 Гц	0,01 - 2	0,001	0,001
1 кГц	0,3 - 10	0,0008	0,0007
20 кГц	0,3 - 200	0,003	0,002
100 кГц; 200 кГц	0,3 - 1000	0,008	0,005

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 При положительных результатах проверок по пунктам разделов 7 – 10, установка РЭКГ-2 признаётся пригодной к применению (подтверждено соответствие метрологическим требованиям в описании типа).

11.2 Положительные результаты проверок по пункту 10.3 подтверждают соответствие установки РЭКГ-2 требованиям, предъявляемым к вторичным эталонам по государственной поверочной схеме для средств измерений коэффициента гармоник ГОСТ 8.762-2011.

11.3 При отрицательных результатах проверок по пунктам разделов 7 – 10, установка РЭКГ-2 признаётся непригодной к применению (соответствие метрологическим требованиям не подтверждено).

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Установка РЭКГ-2 признается годной, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца прибора или лица, предъявившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке по установленной для эталонов форме, и (или) в формуляр прибора вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

12.4 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазоны частот или КГ на которых выполнена поверка.

12.5 Установка РЭКГ-2, имеющая отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На нее выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский