

Приложение
к приказу Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «14» марта 2025 г. № 514

Государственная система обеспечения единства измерений.

Частотомер электронно-счетный Ч3-54.

Методика поверки

МП 5480-2024

ПАО «МЗИК»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц 0659

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог ПАО «МЗИК»

Е.В. Тоцкая

«19» августа 2024 г.

СЛУЖБА

Государственная система обеспечения единства измерений

Частотомер электронно-счетный Ч3-54

Методика поверки

МП 5480-2024

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на частотомеры электронно-счетные Ч3– 54 (далее частотомер или прибор) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки (находящихся в эксплуатации, на хранении и выпускаемых из ремонта).

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц времени, частоты и национальной шкалы времени в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022.

Интервал между поверками – 12 месяцев.

Периодическая поверка частотомеров, в случае их использования для измерения на меньшем числе каналов измерений по отношению к указанным в разделе 2 «Технические данные» документа ЕЯ2.721.039 ТО «Частотомер электронно-счетный Ч3-43. Техническое описание и инструкция по эксплуатации», допускается на основание письменного заявления владельца, оформленного в произвольной форме

2 Перечень операции поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки должны производиться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции, производимой при поверке	Номер пункта раздела поверки.	Обязательность при проведении поверки	
		первой	периодической
1	2	3	4
Внешний осмотр	7	да	да
Опробование	8	да	да
Подготовка к поверке	8.1	да	да
Проверка работоспособности в режиме «КОНТРОЛЬ»	8.2	да	да
Проверка измерения частоты синусоидальных и частоты следования импульсных сигналов	8.3	да	да
Проверка измерения периода синусоидальных и периода следования импульсных сигналов	8.4	да	да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9		
Определение относительной погрешности и подстройка частоты кварцевого генератора.	9.1	да	да
Проверка составляющей погрешности измерения частоты, обусловленной дискретностью счета	9.2	да	да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Проверка погрешности измерения периода в части составляющей погрешности $\left(\frac{\delta_3}{n} + \frac{T_{такт}}{n \cdot T_{изм}} \right)$	9.3	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;
- атмосферное давление $100 \pm 4 \text{ кПа}$ ($750 \pm 30 \text{ мм рт.ст.}$);
- напряжение питающей сети $220 \pm 4,4 \text{ В}$, частотой $50 \pm 0,5 \text{ Гц}$ и содержанием гармоник не более 5%.

3.2 Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям правил содержания и применения применяемых для поверки эталонов и требованиям эксплуатационных документов применяемых для поверки средств измерений и вспомогательных средств.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К поверке приборов допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, опыт поверки средств измерений, изучившие эксплуатационные документы на поверяемые средства измерений и настоящую методику.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки			Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3	3	
8.3	Диапазон частот $10 \text{ кГц} - 1 \text{ ГГц}$	6 %	3	Милливольтметр В3-36
9.1	Номинальное значение частоты 5 МГц	Рабочий эталон единиц времени и частоты четвертого разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты (приказ Росстандарта от 26.09.2022 № 2360). Средне-квадратическое относительное изменение частоты за сутки $\pm 3 \cdot 10^{-12}$.	3	Стандарт частоты и времени рубидиевый СЧВ 74

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
9.1	Диапазон частот 0,1 Гц – 300 МГц	Частота опорного сигнала 5 МГц	Частотомер электронно-счетный Ч3–54
9.1; 9.2	Диапазон частот 0,1 Гц – 50 МГц	Частота опорного сигнала 5 МГц	Синтезатор частоты Ч6–31
9.1; 9.2	Диапазон частот 50 МГц – 400 МГц	Частота опорного сигнала 5 МГц	Умножитель частоты синтезаторный Ч6–2
9.1	Сличение частот 1 и 5 МГц	$\pm 1 \cdot 10^{-11}$	Компаратор частоты Ч7–12
8.3	Полоса пропускания 0 – 80 МГц	Измерение амплитуды 10 %	Осциллограф универсальный широкополосный С1–71
8.3; 8.4; 9.3	Диапазон частот 0,01 Гц – 2 МГц	$\pm 3 \cdot 10^{-7}$	Генератор сигналов прецизионный Г3–110
8.3	Диапазон частот 10 МГц – 400 МГц	1 %	Генератор сигналов высокочастотный Г4–107А
8.3; 8.4; 9.3	Частота следования $0,1 - 10^6$ Гц	2 %	Генератор парных импульсов Г5–26А
8.3	Частота следования 1 кГц – 200 МГц	10 %	Генератор импульсов Г5–59

Примечания к таблице 2 – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки частотомеров электронно-счетных необходимо соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и требования безопасности, определенные в эксплуатационных документах на оборудование, применяемое при поверке.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведение внешнего осмотра должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность прибора;
- наличие и прочность крепление органов управления, четкость фиксации их положения, плавность вращения ручек органов настройки и т.п.;
- чистота соединительных разъемов;
- исправность соединительных кабелей, переходов и т.п.;
- отсутствие дефектов лакокрасочных покрытий и четкость маркировок.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- произвести внешний осмотр прибора;
- проверить комплектность прибора (кроме ЗИП) и наличие технической документации;
- разместить прибор на рабочем месте, обеспечив при этом удобство работы;
- соединить проводами клемму защитного заземления поверяемого прибора и применяемых для измерений приборов между собой и земляной шиной помещения;
- включить прибор в сеть до начала электрических измерений, прогреть в течении 2–х часов.

8.2 Для опробования прибора в работе проведите поверку его работоспособности в режиме «КОНТРОЛЬ» в следующей последовательности:

- установите переключатель РОД РАБОТЫ в положение КОНТРОЛЬ;
- установите ручку ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ в положение, удобное для отсчета;
- включите кнопку ПАМЯТЬ (по желанию оператора);
- произведите отсчет цифрового табло прибора при установке переключателей МЕТКИ ВРЕМЕНИ и ВРЕМЯ СЧЕТ– МНОЖИТЕЛЬ в соответствии с таблицей 3.

Результаты измерений могут отличаться от значений, приведённых в таблице 3, не более чем на ± 1 единицу счета.

Таблица 3 – Результаты измерений

Положение переключателя		Показания прибора
ВРЕМЯ СЧЁТА	МЕТКА ВРЕМЕНИ	
1	0,01 мкс	00100.000 МГц
1	0,1 мкс	00010.000 МГц
10	1 мкс	0001000.0 кГц
10^2	10 мкс	000100.00 кГц
10^3	0,1 мс	00010.000 кГц
10^4	1 мс	0001.0000 кГц

Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

8.3 Проверка измерения частоты синусоидальных и частоты следования импульсных сигналов производится с помощью генераторов сигналов Г3–110 и Г4–107 при синусоидальном сигнале и генераторов импульсов Г5–26А и Г5–59 – при импульсном сигнале. Измеряемый сигнал с выхода генератора подается на ВХОД А для частот до 150 МГц и на ВХОД Д (при наличие такого входа) для частот выше 150 МГц прибора (аттенюатор в положении 1:1), устанавливается минимальное необходимое значение напряжения входного сигнала и

проводятся измерения на частотах 1 и 10 Гц, 1, 10, 100 кГц, 1, 20, 40, 50, 80, 100, 120, 140, 150, 200, 260, 300 МГц. Контроль напряжения входного сигнала осуществляется при синусоидальном сигнале – вольтметром В3–36, а на частотах до 20 МГц – по генератору Г3–110; при импульсном сигнале – по генератору Г5–26А, а при работе от генератора Г5–59 – по осциллографу С1–71.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если прибор производит измерение указанных частот при напряжении не более:

- 0,1 В эфф. – для синусоидального сигнала в диапазоне до 120 МГц;
- 0,2 В эфф. – для синусоидальных сигналов в диапазоне свыше 120 МГц;
- 0,3 В – для импульсного сигнала обеих полярностей.

8.4 Проверка измерения периода синусоидальных и периода следования импульсных сигналов производится с помощью генератора Г3–110 при синусоидальном сигнале и генератора Г5–26А при импульсном сигнале. Измеряемый сигнал с выхода генератора подается на ВХОД Б (аттенюатор в положение «1 В»), устанавливается минимально необходимое значение напряжение входного сигнала и производится измерение периода частот 1 Гц, 1 и 10 кГц, 1 МГц. Контроль напряжения входного сигнала осуществляется по генератору.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если прибор производит измерения периода указанных частот при входном напряжении не более:

- 0,1 В эфф. – для синусоидального сигнала в диапазоне до 120 МГц;
- 0,3 В – для импульсного сигнала обеих полярностей.

9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение относительной погрешности по частоте кварцевого генератора (за межповерочный период) производится измерением его частоты с помощью аппаратуры, собранной по структурной схеме, приведенной на рисунке 1.

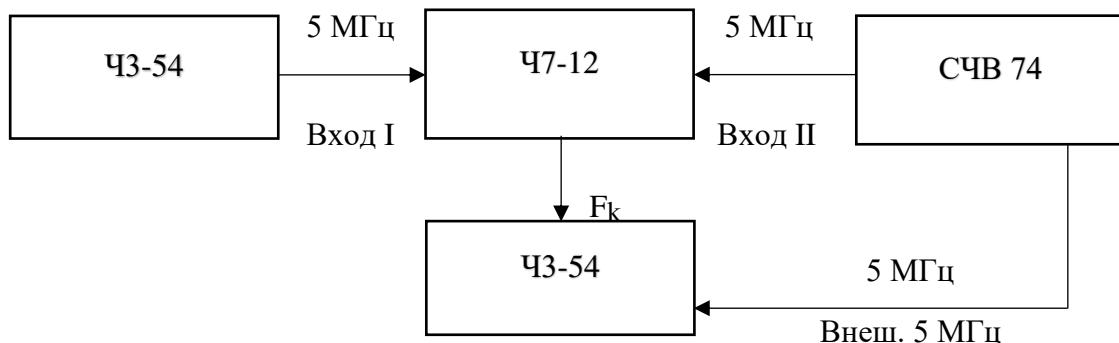


Рисунок 1 – Структурная схема измерения частоты кварцевого генератора

Сигнал внутреннего кварцевого генератора для этих измерений снимается с разъема «5 МГц» поверяемого прибора и подается на разъем ВХОД I компаратора Ч7–12. С источника образцовой частоты – стандарта частоты СЧВ 74, сигнал частотой 5 МГц подается одновременно на разъем ВХОД II – 5 МГц компаратора Ч7–12 и разъем ВНЕШ. 5 МГц частотомера Ч3–54, использующего этот сигнал вместо собственного кварцевого генератора.

Сигнал F_k с компаратора частотой 1 МГц поступает на вход А частотомера Ч3–54, работающего в режиме измерения частоты. Время счета частотомера равно 1 или 10 с. Для повышения достоверности результатов измерений проводят не менее 10 последовательных измерений и находят действительное значение частоты $F_{k\text{ср}}$

$$F_{k\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{N=10} F_{ki}}{N},$$

где F_{ki} – показания частотомера, Гц;

N – число проведенных измерений.

Относительная погрешность частоты кварцевого генератора определяется по формуле:

$$\delta = \frac{F_{k\text{ср}} - F_{ko}}{M \cdot \tau \cdot f_n},$$

где F_{ko} – показания частотомера, соответствующее номинальному значению частоты ($F_{ko}=10^6$ Гц при $\tau=1$ с и $F_{ko}=10^7$ при $\tau=10$ с);

τ – время единичного измерения частотомера, с

f_n – номинальное значение частоты кварцевого генератора, Гц ($f_n=5 \cdot 10^6$ Гц)

M -коэффициент умножения компаратора ($M=2 \cdot 10^3$)

Относительная погрешность по частоте кварцевого генератора должна быть не более $\pm 5 \cdot 10^{-7}$

После определения относительной погрешности частоты кварцевого генератора необходимо установить его частоту с погрешностью не более $\pm 2 \cdot 10^{-8}$. Подстройка частоты кварцевого генератора производится путем вращения шлица КОРРЕКТОР ЧАСТОТЫ.

9.2 Проверка составляющей погрешности измерения частоты, обусловленной дискретностью счета (± 1 единица счета) производится в режиме ЧАСТОТА А при измерении кварцеванной частоты 150 МГц, подаваемой от умножителя частоты синтезатора Ч6–2, работающего с синтезатором Ч6–31. Синтезатор частоты Ч6–31 работает от внешнего опорного сигнала 5 МГц, подаваемого от поверяемого частотомера электронно-счетного.

Результаты поверки считаются удовлетворительными если показания прибора соответствуют приведённым в таблице 4 или отличаются от них не более, чем на ± 1 единицу счета.

Таблица 4 – Результаты измерений

Положение переключателя ВРЕМЯ СЧЁТА	Показания прибора
1	00150.000 МГц
10	0150000.0 кГц
10^2	150000.00 кГц
10^3	50000.000 кГц
10^4	0000.0000 кГц

9.3 Определение погрешности измерения периода в части составляющей погрешности $(\frac{\delta_3}{n} + \frac{T_{\text{такт}}}{n \cdot T_{\text{изм}}})$ производится отдельно для синусоидальных и импульсных сигналов.

Определение погрешности измерения периода синусоидальных сигналов производится с помощью генератора Г3–110 путем измерения периода сигналов частотой 1 кГц и 1 МГц при метках времени 0,01 мкс, при этом:

- соединить кабелем разъем «5 MHz» частотомера с разъемом ВНЕШН. генератора частоты Г3–110 и тумблер ВНЕШН. – ВНУТР. последнего установить в положение ВНЕШН.;
- соединить кабелем гнездо ВЫХОД генератора Г3–110 со ВХОДОМ Б прибора и произвести измерения периода сигналов с частотой 1 кГц и 1 МГц (напряжение входного сигнала 0,1 В и частота устанавливается по генератору Г3–110, соответственно ручкой ВЫХ. НАПРЯЖ. и переключателями MHz, kHz, Hz).

Измерения периода сигналов с частотой 1 МГц, производятся с разъема ВЫХОД 1 MHz синтезатора частоты при нажатой кнопке 1V/10V ВХОДА Б.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если показания прибора находятся в пределах значений, приведённых в таблице 5.

Таблица 5 – Показания прибора при проверке погрешности периода синусоидальных сигналов

Измеряемый период (частота)		Положение переключателя ВРЕМЯ СЧЁТА – МНОЖИТЕЛЬ				
		1	10	10^2	10^3	10^4
1 мс (1,0 кГц)	период	001000.00	01000.000	1000.0000	000.00000	00.000000
	допуск	$\pm 3,01$	$\pm 0,301$	$\pm 0,0301$	$\pm 0,00301$	$\pm 0,000301$
1 мкс (1 МГц)	период	000001.00	00001.000	0001.0000	001.00000	01.0000000
	допуск	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,0001$	$\pm 0,00001$	$\pm 0,000001$

Определение погрешности измерения периода импульсных сигналов производится с помощью генератора Г5–26А и частотомера Ч3–54, путем измерения периода отрицательных импульсов частотой следования 1 кГц при метках времени 0,01 мкс. Амплитуда импульсов 0,3 В и длительностью не более 0,1 мс устанавливается по генератору Г5–26А, при этом:

- соединить кабелем разъем «5 MHz» поверяемого прибора с разъемом «5 MHz» генератора Г5–26А и тумблер ВНЕШ.–ВНУТР. последнего установить в положение ВНЕШН.;
- установить частотомер Ч3–54 в режим выдачи кварцеванной частоты 1 кГц для получения с разъема ВЫХОД (задняя панель) сигналов опорных частот производится следующим образом: переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение КОНТРОЛЬ; установить переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА в положение 1, тумблер ВЧ–НЧ (задняя панель) в положение НЧ;
- запустить генератор Г5–26А сигналом 1 кГц с разъема ВЫХОД частотомера Ч3–54;
- соединить кабелем гнездо ОСНОВНОЙ ИМПУЛЬС генератора Г5–26А со ВХОДОМ Б поверяемого прибора и произвести измерение периода.

Результаты поверки считаются удовлетворительным, если показания прибора соответствуют номинальному значению периода или отличаются от них не более чем на ± 1 единицу счета.

10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности по частоте кварцевого генератора.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения не превышают $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ (п. 9.1).

10.2 Проверка составляющей погрешности измерения частоты, обусловленной дискретностью счета

Результаты поверки считаются положительными если показания прибора соответствуют приведённым в таблице 4 или отличаются от них не более, чем на ± 1 единицу счета (п. 9.2).

10.3 Определение погрешности измерения периода синусоидальных и импульсных сигналов

Результаты поверки считаются удовлетворительным, если показания прибора соответствуют номинальному значению периода или отличаются от них не более чем на ± 1 единицу счета (п. 9.3)

11. Оформление результатов поверки

11.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы

11.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

11.3 По заявлению владельца частотомера или лица, представившего его на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке (знак поверки наносится на свидетельство о поверке), при отрицательных результатах поверки – извещение о непригодности к применению.