

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

« 15 » мая 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**КАЛИБРАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ Н5-10**

Методика поверки

РПИС.411135.037 МП

г. Нижний Новгород
2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает методику первичной и периодической поверки калибраторов напряжения переменного тока высокочастотных Н5-10 (далее калибраторы), используемых в качестве рабочих эталонов 1-го разряда в диапазоне напряжений от 0,001 В до 10 В и диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706, а также объем, условия поверки и подготовку к ней.

1.2 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечена прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения (Вольты) в диапазоне частот от 10 до $3 \cdot 10^7$ Гц (ГЭТ 89-2008), Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения (Вольты) в диапазоне частот от $3 \cdot 10^7$ до $2 \cdot 10^9$ Гц (ГЭТ 27-2009).

1.3 При определении метрологических характеристик калибраторов используются методы прямого измерения и сличения с помощью компаратора согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706.

1.4 Интервал между поверками – 1 год.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений:	-	-	10
Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения	Да	Да	10.1
Определение коэффициента гармоник выходного напряжения	Да	Нет	10.2
Определение абсолютной погрешности установки частоты выходного напряжения	Да	Нет	10.3
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	11

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

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Поверку калибраторов следует проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С.....23 ±3;
- относительная влажность воздуха, %..... от 30 до 80;
- напряжение переменного тока, В.....220 ±22;
- частота переменного тока, Гц.....50 ±0,5.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки калибраторов 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 калибратор, 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.10.1.1 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения от 0,05 до 10 В на частоте 0,1 МГц	Рабочий эталон 1-го разряда по ГПС от 18.08.2023 № 1706 на частоте 100 кГц.	Калибратор - вольтметр универсальный Н4-12, рег. № 37463-08
п.10.1.2 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения от 0,5 до 10 В на частотах от 0,3 до 20 МГц	Вторичный эталон по ГПС от 18.08.2023 № 1706 в диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц; Вольтметр постоянного напряжения с диапазоном измеряемого напряжения от 0,1 до 10 В и с разрешением 0,001%	Преобразователи ПНТЭ-37-1, ПНТЭ-37-3, ПНТЭ-37-10 из комплекта преобразователей напряжения термоэлектрических ПНТЭ-37, рег. № 68938-17; Калибратор - вольтметр универсальный Н4-12, рег. № 37463-08
10.1.3 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения 1 В на частоте 30 МГц	Вторичный эталон по ГПС от 18.08.2023 № 1706 в диапазоне частот от 30 до 1500 МГц; Вольтметр переменного напряжения 30 МГц, измеряемое напряжение 1 В с разрешением 0,01%	Вторичный эталон напряжения переменного тока в диапазоне частот 30 ... 2000 МГц рег. № 58438-14; Вольтметр высокочастотный ВЗ-100, рег. № 72902-18

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1.4 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения от 0,001 до 10 В на частотах 0,1; 1; 10 и 30 МГц	Установка для измерений ослабления с диапазоном частот от 0,1 до 30 МГц; пределы измерений ослабления (0 – 40) дБ; погрешность измерений от 0,003 до 0,004 дБ	Установка для поверки мер ослабления и магазинов затухания ЭО-01 рег. № 54367-13
10.2 Определение коэффициента гармоник выходного напряжения	Анализатор спектра с диапазоном частот от 0,1 до 100 МГц; динамический диапазон измерений коэффициента гармоник (70 – 80) дБ	Анализатор сигналов Agilent N9030A рег. № 51073-12
10.3 Определение абсолютной погрешности установки частоты выходного напряжения	Частотомер электронно-счетный диапазон частот от 0,1 до 30 МГц; погрешность измерений не более $5 \cdot 10^{-5} f + 0,01$ Гц	Частотомер ЧЗ-63/1 рег. № 9084-90
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 измерений.

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 поверяемый калибратор и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяется:

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

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 До проведения поверки необходимо ознакомиться с назначением органов управления, подключения и индикации прибора, а также с правилами проведения измерений, приведенными в руководстве по эксплуатации РПИС.411135.037РЭ.

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

8.3 Определение метрологических характеристик должно проводиться после времени установления рабочего режима прибора и средств поверки, указанного в соответствующих руководствах по эксплуатации.

8.4 Опробование (проверка функционирования) калибратора заключается в проведении проверки функционирования дисплея, органов управления калибратора, проведения самодиагностики.

8.5 Калибратор допускается к дальнейшей поверке, если дисплей, органы управления функционируют и результат самодиагностики положительный.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Проверка программного обеспечения (ПО) заключается в идентификации ПО калибратора.

9.2 Идентификационные данные калибратора отображаются в информационном окне в ответ на запрос через меню «Сведения о приборе». В окне «Сведения о приборе» указаны наименование ПО, версия ПО и заводской номер.

9.3 Калибратор допускается к дальнейшей поверке, если отображаются следующие идентификационные данные ПО:

- идентификационное наименование ПО – «N5-10»;
- номер версии (идентификационный номер) ПО «не ниже 1.0.0».

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения проводят при значениях частот, напряжений и использовании средств измерений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Измеряемые напряжения	Частота, МГц									
	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10	15	20	30
10 В	1*	-	-	2*	-	-	2*	-	-	4*
5 В	1*	-	-	2*	-	-	2*	-	-	4*
3 В	1*	-	-	2*	-	-	2*	-	-	4*
1 В	1*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	3*
0,5 В	1*	-	-	2*	-	-	2*	-	-	4*
0,3 В	1*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
0,1 В	1*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
50 мВ	1*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
30 мВ	4*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
10 мВ	4*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
5 мВ	4*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
3 мВ	4*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*
1 мВ	4*	-	-	4*	-	-	4*	-	-	4*

1* - Н4-12;

2* - ПНТЭ-37;

3* - Вторичный эталон напряжений переменного тока в диапазоне частот 30 ... 2000 МГц;

4* - ЭО-01.

Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения проводят в несколько этапов:

- определение относительной погрешности воспроизведения напряжения на частоте 0,1 МГц для напряжений, указанных в таблице 3 с использованием Н4-12 (п.10.1.1);
- определение относительной погрешности воспроизведения напряжения на частотах (0,3-20) МГц для напряжений, указанных в таблице 3, с использованием преобразователей напряжения термоэлектрических ПНТЭ-37 (п.10.1.2);
- определение относительной погрешности воспроизведения напряжения 1 В на частоте 30 МГц с использованием Вторичного эталона напряжений переменного тока в диапазоне частот от 30 до 2000 МГц (п.10.1.3);
- определение относительной погрешности воспроизведения напряжения на частотах 0,1; 1; 10 и 30 МГц для напряжений, указанных в таблице 3, с использованием эталона ослаблений ЭО-01 (п.10.1.4).

10.1.1 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения от 0,05 до 10 В на частоте 0,1 МГц проводят с использованием калибратора - вольтметра Н4-12. Измерения проводят в соответствии со схемой соединения приборов, приведенной на рис.1.

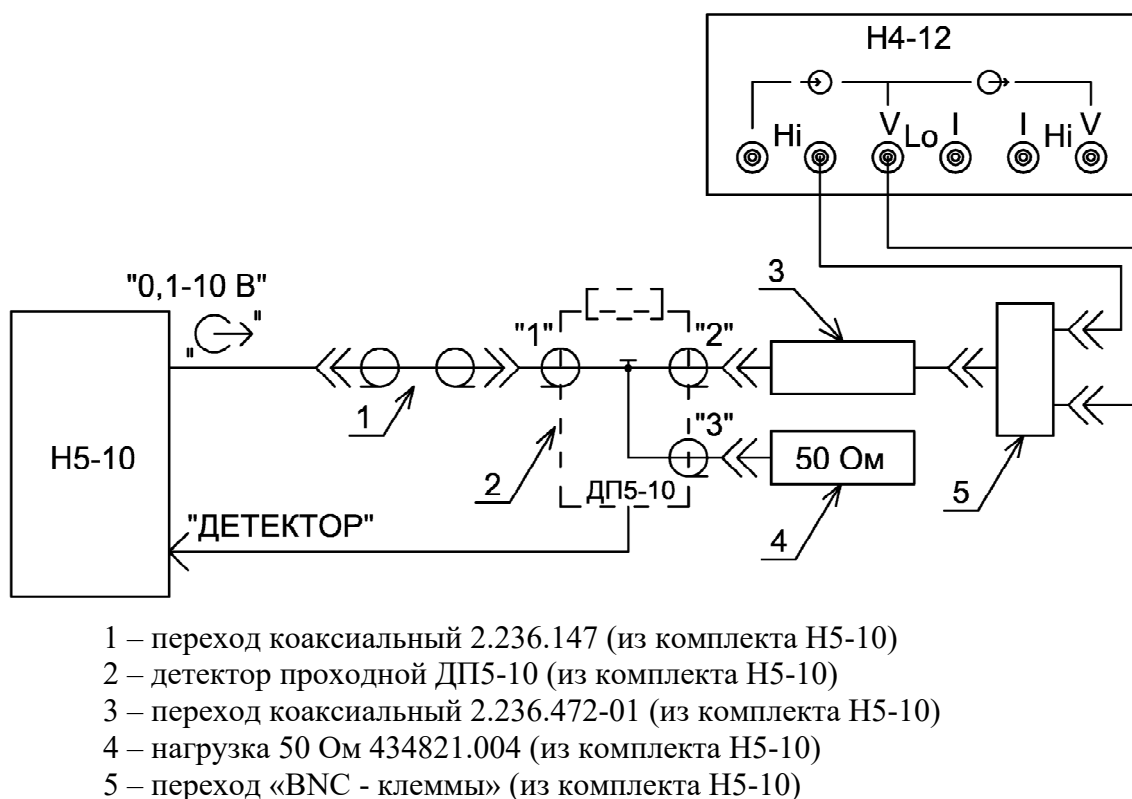


Рис. 1 – Схема соединения приборов при определении относительной погрешности воспроизведения напряжения с помощью Н4-12

Калибратор - вольтметр Н4-12 прогреть и приготовить к проведению измерений вольтметром переменного напряжения.

В калибраторе Н5-10 установить частоту 0,1 МГц, номинальное значение выходного напряжения 1 В и провести калибровку.

Зафиксировать показания (U_n) вольтметра Н4-12.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения 1 В (в процентах) на частоте 0,1 МГц рассчитать по формуле:

$$\delta = \frac{U_n - U_n}{U_n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где U_n – напряжение в поверяемой точке, измеренное по Н4-12;
 U_n – номинальное значение напряжения в поверяемой точке.

Определение относительной погрешности воспроизведения напряжений 50 мВ - 10 В произвести аналогично.

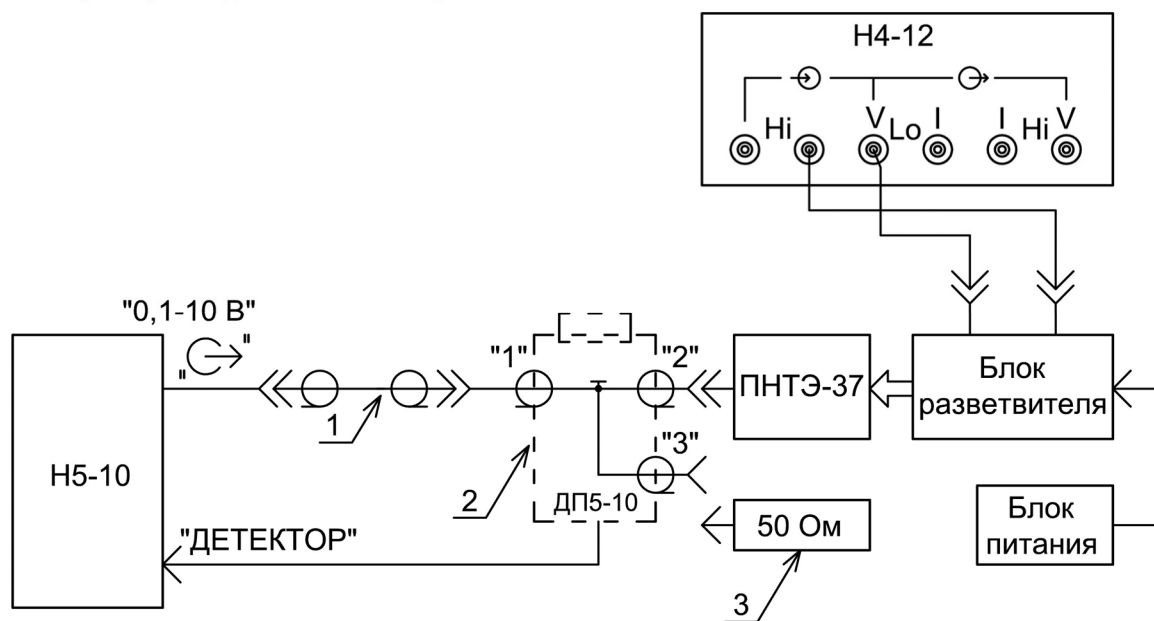
Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.

Таблица 4

Частота	Напряжение калибратора, (U_n), В	Измерено, (U_n), В	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
0,1 МГц	10			±0,03
	5			
	3			
	1			
	0,5			
	0,3			
	0,1			±0,04
	0,05			±0,05

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности воспроизведения напряжения в поверяемых точках не превышают значений пределов допускаемой погрешности, приведенных в таблице 4.

10.1.2 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения на частотах (0,3-20) МГц для напряжений, указанных в таблице 3, с использованием преобразователей напряжения термоэлектрических ПНТЭ-37. Измерения проводят в соответствии со схемой соединения приборов, приведенной на рис.2.



- 1 – переход коаксиальный 2.236.147 (из комплекта Н5-10)
- 2 – детектор проходной ДП5-10 (из комплекта Н5-10)
- 3 – нагрузка 50 Ом 434821.004 (из комплекта Н5-10)

Рис. 2 – Схема соединений при определении относительной погрешности воспроизведения напряжения с помощью преобразователей напряжения термоэлектрических ПНТЭ-37

В калибраторе Н5-10 включить частоту 0,1 МГц и уровень выходного напряжения 1 В. Выключить напряжение на выходе калибратора кнопкой «ВЫХ ОТКЛ» с передней панели калибратора.

Подключить термоэлектрический преобразователь ПНТЭ-37-1В к разъему «2» детектора проходного. Включить повторным нажатием кнопки «ВЫХ ОТКЛ» напряжение на выходе калибратора.

Прогреть термопреобразователь под сигналом в течении 10 минут. Провести полную калибровку калибратора Н5-10.

Устанавливая последовательно в калибраторе несущие частоты (0,1-20) МГц, по вольтметру Н4-12 на выходе термопреобразователя зафиксировать уровни постоянного напряжения ($U_{01}, U_{03}, \dots U_f, \dots U_{20}$), соответствующие напряжению 1В.

Частотная погрешность воспроизведения выходного напряжения 1В (в процентах) на каждой из частот относительно частоты 0,1 МГц определить по формуле:

$$\delta_f = \frac{U_f - U_{01}}{U_{01}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где U_f - показания вольтметра на измеряемой частоте ;
 U_{01} – показания вольтметра на частоте 0,1 МГц.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения вычислить по формуле:

$$\delta = \delta_{01} + \delta_f + \delta_{f\text{ПНТЭ}} \quad (3)$$

где δ_{01} – относительная погрешность воспроизведения напряжения 1 В на частоте 0,1 МГц, которая была определена при измерениях в п. 10.1.1;

δ_f – частотная погрешность воспроизведения напряжения в поверяемой точке на установленной частоте относительно частоты 0,1 МГц;

$\delta_{f\text{ПНТЭ}}$ – частотная поправка для ПНТЭ-37 в поверяемой точке на установленной частоте относительно частоты 0,1 МГц из протокола поверки ПНТЭ-37.

Результаты измерений и расчетов относительной погрешности воспроизведения напряжения на частотах (0,3-20) МГц для напряжения 1 В занести в таблицу 5.

Таблица 5

Установленная (номинальная) частота, f_n	Измеренное по ПНТЭ напряжение 1 В, (U_f), В	Частотная погрешность калибратора (δ_f), %	Частотная поправка ПНТЭ-37 ($\delta_{f\text{ПНТЭ}}$), %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
100 кГц		-	-	δ_{01}	-
300 кГц					$\pm 0,04$
500 кГц					$\pm 0,05$
1 МГц					$\pm 0,06$
3 МГц					$\pm 0,10$
5 МГц					$\pm 0,10$
10 МГц					$\pm 0,10$
15 МГц					$\pm 0,10$
20 МГц					$\pm 0,12$

Установить уровень выходного напряжения 0,5 В.

Устанавливая последовательно в калибраторе несущие частоты 0,1; 1; 10 МГц, по вольтметру Н4-12 на выходе термопреобразователя зафиксировать уровни постоянного напряжения (U_{01}, U_1, U_{10}), соответствующие напряжению 0,5 В.

Вычислить относительную погрешность воспроизведения напряжения 0,5 В по формулам (2) и (3).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 6.

Таблица 6

Установленная (номинальная) частота, f_H	Измеренное по ПНТЭ напряжение 0,5 В, (Uf), мВ	Частотная погрешность калибратора (δ_f), %	Частотная поправка ПНТЭ-37 ($\delta_{fПНТЭ}$), %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
100 кГц		-	-	δ_{01}	-
1 МГц					$\pm 0,06$
10 МГц					$\pm 0,10$

Выключить напряжение на выходе калибратора.

Подключить к разъему «2» детектора проходного термоэлектрический преобразователь ПНТЭ-37-3В. Включить напряжение на выходе калибратора. Включить частоту 0,1 МГц и уровень выходного напряжения 3 В.

Устанавливая последовательно в калибраторе несущие частоты 0,1; 1; 10 МГц, по вольтметру Н4-12 на выходе термопреобразователя зафиксировать уровни постоянного напряжения (U_{01} , U_1 , U_{10}), соответствующие напряжению 3 В.

Вычислить относительную погрешность воспроизведения напряжения 3 В по формулам (2) и (3).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 7.

Таблица 7

Установленная (номинальная) частота, f_H	Измеренное по ПНТЭ напряжение 3 В, (Uf), мВ	Частотная погрешность калибратора (δ_f), %	Частотная поправка ПНТЭ-37 ($\delta_{fПНТЭ}$), %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
100 кГц		-	-	δ_{01}	-
1 МГц					$\pm 0,06$
10 МГц					$\pm 0,10$

Выключить напряжение на выходе калибратора.

Подключить к разъему «2» детектора проходного термоэлектрический преобразователь ПНТЭ-37-10В. К разъему «3» детектора проходного подсоединить нагрузку 50 Ом из комплекта принадлежностей Н5-10. Включить напряжение на выходе калибратора. Включить частоту 0,1 МГц и уровень выходного напряжения 5 В.

Устанавливая последовательно в калибраторе несущие частоты 0,1; 1; 10 МГц, по вольтметру Н4-12 на выходе термопреобразователя зафиксировать уровни постоянного напряжения (U_{01} , U_1 , U_{10}), соответствующие напряжению 5 В.

Вычислить относительную погрешность воспроизведения напряжения 5 В по формулам (2) и (3).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 8.

Таблица 8

Установленная (номинальная) частота, f_H	Измеренное по ПНТЭ напряжение 5 В, (Uf), мВ	Частотная погрешность калибратора (δ_f), %	Частотная поправка ПНТЭ-37 ($\delta_{fПНТЭ}$), %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
100 кГц		-	-	δ_{01}	-
1 МГц					$\pm 0,06$
10 МГц					$\pm 0,10$

Установить уровень выходного напряжения 10 В.

Устанавливая последовательно в калибраторе несущие частоты 0,1; 1; 10 МГц, по вольтметру Н4-12 на выходе термопреобразователя зафиксировать уровни постоянного напряжения (U_{01} , U_1 , U_{10}), соответствующие напряжению 10 В.

Вычислить относительную погрешность воспроизведения напряжения 10 В по формулам (2) и (3).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 9.

Таблица 9

Установленная (номинальная) частота, f_n	Измеренное по ПНТЭ напряжение 10 В, (U_f), мВ	Частотная погрешность калибратора (δ_f), %	Частотная поправка ПНТЭ-37 ($\delta_{f\text{ПНТЭ}}$), %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
100 кГц		-	-	δ_{01}	-
1 МГц					$\pm 0,06$
10 МГц					$\pm 0,10$

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности воспроизведения напряжения в поверяемых точках не превышают значений пределов допускаемой погрешности, приведенных в таблицах 5 - 9.

10.1.3 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения 1 В на частоте 30 МГц проводят методом сличения с Вторичным эталоном напряжения переменного тока в диапазоне частот от 30 до 2000 МГц. При сличении используется вольтметр ВЗ-100. Измерения производятся на нагрузке 50 Ом.

В калибраторе установить частоту 30 МГц, напряжение 1 В и провести калибровку. Провести и зафиксировать измерение напряжения 1 В вольтметром ВЗ-100.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения 1 В (в процентах) на частоте 30 МГц рассчитать по формуле:

$$\delta = \frac{U_u - U_{\text{э}}}{U_{\text{э}}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где U_u – напряжение на выходе калибратора, измеренное вольтметром ВЗ-100;
 $U_{\text{э}}$ – напряжение на выходе эталона, измеренное вольтметром ВЗ-100.

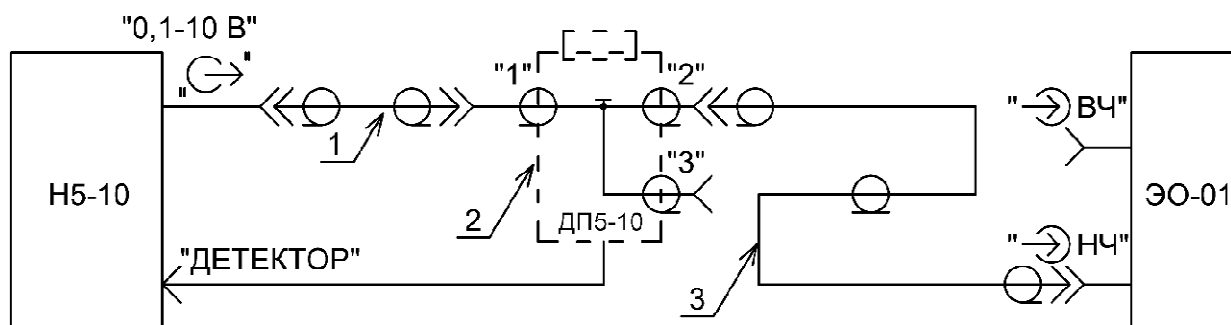
Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 10.

Таблица 10

Установленная (номинальная) частота, f_n	Напряжение эталона, ($U_{\text{э}}$), В	Напряжение калибратора, (U_u), В	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
30 МГц				$\pm 0,12$

Результаты поверки считаются положительными, если значение относительной погрешности воспроизведения напряжения 1 В на частоте 30 МГц не превышают значений пределов допускаемой погрешности, приведенных в таблице 10.

10.1.4 Определение относительной погрешности воспроизведения напряжения на частотах 0,1; 1; 10 и 30 МГц для напряжений, указанных в таблице 3 проводят путем точного измерения отношения установленного в калибраторе напряжения относительно опорного напряжения на каждой из частот с использованием эталонной установки ЭО-01. Структурные схемы измерений приведены на рис.4 - 6.



- 1 - переход коаксиальный 2.236.147 (из комплекта Н5-10)
 2 - детектор проходной ДП5-10 (из комплекта Н5-10)
 3 - кабель ВЧ 685671.001(из комплекта ЭО-01)

Рис. 4 – Структурная схема при определении относительной погрешности воспроизведения напряжения на частоте 0,1 МГц с использованием эталонной установки ЭО-01

Измерения на частоте 0,1 МГц проводят в следующей последовательности:

- в калибраторе установить частоту 0,1 МГц и значение выходного напряжения 50 мВ;
- установить в приемнике установки ЭО-01 режим измерений по входу НЧ, фильтр 150 кГц и значение входного сопротивления приемника 50 Ом;
- нажать в установке ЭО-01 кнопку «Опорный уровень» и установить в установке ЭО-01 требуемую шкалу измерений;
- нажать кнопку «Измерить» и произвести сброс на «00,000» дБ показаний индикатора «Измерение» приемника ЭО-01;
- установить в калибраторе уровень выходного напряжения 30 мВ;
- установить в Установке ЭО-01 требуемую шкалу измерений и зафиксировать показания шкалы «Измерение» в децибелах (N_n) для напряжения 30 мВ;
- аналогично провести и зафиксировать измерения ослаблений относительно опорного уровня 50 мВ для напряжений 10, 5, 3 и 1 мВ.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения (в процентах) на частоте 0,1 МГц при значениях напряжения (1-30) мВ рассчитать по формуле:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2, \quad (5)$$

где δ_1 – относительная погрешность воспроизведения напряжения в реперной точке 50 мВ на установленной частоте;

δ_2 – частная составляющая погрешности воспроизведения напряжения в процентах на поверяемой частоте в поверяемой точке относительно опорного уровня 50 мВ, которая рассчитывается по формуле:

$$\delta_2 = \left(10^{\frac{(N_n - N_p)}{20}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (6)$$

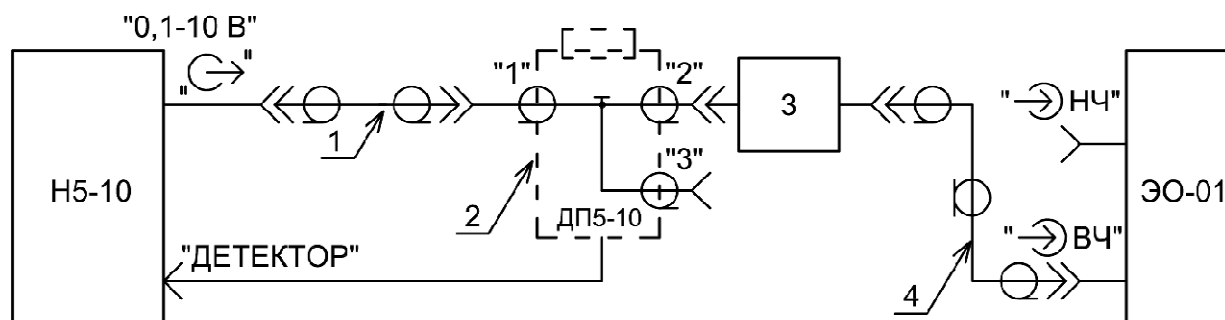
где N_n – измеренное значение ослабления по шкале установки ЭО-01,
 N_p – расчетное значение ослабления, соответствующее поверяемой точке (приведено в таблице 11).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 11.

Таблица 11

Частота, МГц	Напряжение калибратора, (U_n), мВ	Расчетное значение ослабления, (N_p), дБ	Измеренное значение ослабления, (N_u), дБ	Погрешность, %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
0,1	50	0,000	-	-	δ_2	-
	30	-4,437				$\pm 0,05$
	10	-13,979				$\pm 0,1$
	5	-20,000				$\pm 0,2$
	3	-24,437				$\pm 0,25$
	1	-33,979				$\pm 0,25$

Структурная схема измерений относительной погрешности воспроизведения напряжений 1 мВ – 0,3 В на частоте 1 МГц относительно опорного напряжения 0,5 В приведена на рис. 5.



- 1 - переход коаксиальный 2.236.147 (из комплекта Н5-10)
- 2 - детектор проходной ДП5-10 (из комплекта Н5-10)
- 3 - аттенюатор 20 дБ 434821.005 (из комплекта Н5-10)
- 4 - кабель ВЧ 685671.001 (из комплекта ЭО-01)

Рис. 5 – Структурная схема при определении относительной погрешности воспроизведения напряжения на частоте 1 МГц с использованием эталонной установки ЭО-01

Измерения на частоте 1 МГц проводят в следующей последовательности:

- в калибраторе установить частоту 1 МГц и значение выходного напряжения 0,5 В;
- установить в приемнике установки ЭО-01 режим измерений по входу ВЧ, частоту настройки приемника 1 МГц, фильтр ПЧ «0...3 кГц»;
- нажать в установке ЭО-01 кнопку «Опорный уровень» и установить в установке ЭО-01 требуемую шкалу измерений;
- нажать кнопку «Измерить» и произвести сброс на «00,000» дБ показаний индикатора «Измерение» приемника ЭО-01;
- установить в калибраторе уровень выходного напряжения 0,3 В;
- установить в Установке ЭО-01 требуемую шкалу измерений и зафиксировать показания шкалы «Измерение» в децибелах (N_u) для напряжения 0,3 В;
- аналогично провести и зафиксировать измерения ослаблений относительно опорного уровня 0,5 В для напряжения 0,1 В;
- запомнить значение ослабления для напряжения 0,1 В;
- включить напряжение 100 мВ в режиме «Напряжение (1-100 мВ)»;
- с помощью функции «Отклонение» точно установить значение ослабления для напряжения 0,1 В;
- установить в калибраторе уровень выходного напряжения 50 мВ;

- установить в Установке ЭО-01 требуемую шкалу измерений и зафиксировать показания шкалы «Измерение» в децибелах (N_u) для напряжения 50 мВ;
- аналогично провести и зафиксировать измерения ослаблений относительно опорного уровня 0,5 В для напряжений 30; 10; 5; 3 и 1 мВ.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения (в процентах) на частоте 1 МГц при значениях напряжения 0,3 В - 1 мВ рассчитать по формуле (5).

Расчетное значение ослабления (N_p), соответствующее поверяемой точке, приведено в таблице 12.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 12.

Таблица 12

Частота, МГц	Напряжение калибратора, (U_n), мВ	Расчетное значение ослабления, (N_p), дБ	Измеренное значение ослабления, (N_u), дБ	Погрешность, %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
1	500	0,000	-	-	δ_2	-
	300	-4,437				$\pm 0,06$
	100	-13,979				$\pm 0,10$
	50	-20,000				$\pm 0,12$
	30	-24,437				$\pm 0,15$
	10	-33,979				$\pm 0,25$
	5	-40,000				$\pm 0,40$
	3	-44,437				$\pm 0,70$
	1	-53,979				$\pm 0,70$

Аналогично провести измерения на частоте 10 МГц (опорное напряжение 0,5 В).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 13.

Таблица 13

Частота, МГц	Напряжение калибратора, (U_n), мВ	Расчетное значение ослабления, (N_p), дБ	Измеренное значение ослабления, (N_u), дБ	Погрешность, %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
10	500	0,000	-	-	δ_2	-
	300	-4,437				$\pm 0,1$
	100	-13,979				$\pm 0,2$
	50	-20,000				$\pm 0,3$
	30	-24,437				$\pm 0,4$
	10	-33,979				$\pm 0,5$
	5	-40,000				$\pm 0,6$
	3	-44,437				$\pm 0,7$
	1	-53,979				$\pm 0,7$

Аналогично провести измерения на частоте 30 МГц для напряжений (1–500) мВ относительно опорного напряжения 1 В.

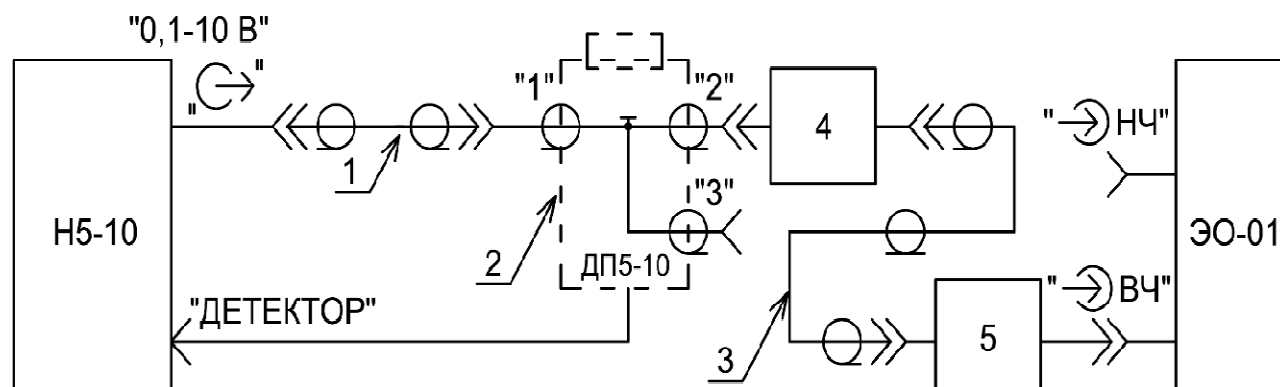
Расчетное значение ослабления (N_p), соответствующее поверяемой точке, приведено в таблице 14.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 14.

Таблица 14

Частота, МГц	Напряжение калибратора, (U_n), В	Расчетное значение ослабления, (N_p), дБ	Измеренное значение ослабления, (N_u), дБ	Погрешность, %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
30	1	0,000	-	-	δ_2	-
	0,5	-6,0206				$\pm 0,12$
	0,3	-10,4576				$\pm 0,12$
	0,1	-20,000				$\pm 0,2$
	0,05	-26,0206				$\pm 0,3$
	0,03	-30,4576				$\pm 0,4$
	0,01	-40,000				$\pm 0,5$
	0,005	-46,0206				$\pm 0,6$
	0,003	-50,4576				$\pm 0,7$
	0,001	-60,000				$\pm 0,7$

Структурная схема измерений на частоте 30 МГц для напряжений (3–10) В относительно опорного напряжения 1 В приведена на рис. 6.



- 1 - переход коаксиальный 2.236.147 (из комплекта Н5-10)
- 2 - детектор проходной ДП5-10 (из комплекта Н5-10)
- 3 - кабель ВЧ 685671.001(из комплекта ЭО-01)
- 4 - аттенюатор 20 дБ 434821.005 (из комплекта Н5-10)
- 5 - аттенюатор 20 дБ 434821.004 (из комплекта ЭО-01)

Рис. 6 – Структурная схема измерений погрешности воспроизведения напряжений (3-10) В на частоте 30 МГц

Провести измерения на частоте 30 МГц для напряжений (3-10) В относительно опорного напряжения 1 В.

Относительную погрешность воспроизведения напряжения (в процентах) на частоте 30 МГц при значениях напряжения (3-10) В рассчитать по формуле (5).

Расчетное значение ослабления (N_p), соответствующее поверяемой точке, приведено в таблице 15.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 15.

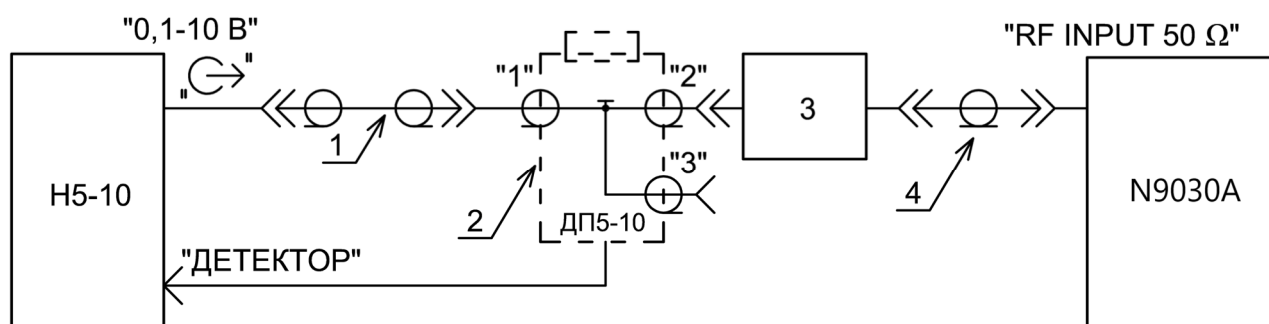
Таблица 15

Частота, МГц	Напряжение калибратора, (U_n), В	Расчетное значение ослабления, (N_p), дБ	Измеренное значение ослабления, (N_u), дБ	Погрешность, %	Относительная погрешность воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
30	1	0,0000	-	-	δ_2	-
	3	9,5424				$\pm 0,12$
	5	13,9794				
	10	20,0000				

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности воспроизведения напряжения в поверяемых точках не превышают значений пределов допускаемой погрешности, приведенных в таблицах 11 - 15.

10.2 Определение коэффициента гармоник выходного напряжения калибратора проводят путем измерения относительного уровня второй и третьей гармоник с использованием анализатора сигналов Agilent N9030A для напряжения 10 В на всех несущих частотах 0,1; 0,3; 0,5; 1; 3; 5; 10; 15; 20 и 30 МГц.

Измерения проводят согласно структурной схеме, приведенной на рис. 7.



- 1 – переход коаксиальный 2.236.147 (из комплекта Н5-10)
- 2 – детектор проходной ДП5-10 (из комплекта Н5-10)
- 3 – аттенюатор 20 дБ (из комплекта Н5-10)
- 4 – кабель ВЧ 685671.001(из комплекта ЭО-01)

Рис. 7 – Структурная схема измерений коэффициента гармоник.

В калибраторе включить напряжение 10 В, частоту 0,1 МГц и уровень выходного напряжения 10 В. Провести полную калибровку и измерить коэффициент гармоник для каждой из несущих частот для напряжения 10 В.

Для этого с помощью анализатора спектра измерить и зафиксировать относительные уровни (по отношению к уровню первой гармоники) второй (K_2) и третьей (K_3) гармоник в децибелах.

Коэффициент гармоник выходного напряжения калибратора рассчитать по формуле:

$$K_r = \sqrt{K_2^2 + K_3^2} \quad (7)$$

где K_2 и K_3 – коэффициенты второй и третьей гармоник в процентах.

Значения коэффициентов K_2 и K_3 из децибел переводят в процентные отношения (по таблице перевода) или по формуле:

$$K_{2(3)} = 10^{(\text{дБ} / 20)} \cdot 100\% \quad (8)$$

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 16.

Таблица 16

Частота, МГц	Относительные уровни гармоник, дБ		Коэффициент гармоник, %		Суммарный коэффициент гармоник, %	Допустимое значение К _Г , %
	К ₂	К ₃	К ₂	К ₃		
0,1						±0,01
0,3						±0,01
0,5						±0,02
1						±0,02
3						±0,02
5						±0,02
10						±0,03
15						±0,03
20						±0,03
30						±0,03

Результаты поверки считаются положительными, если измеренные значения коэффициента гармоник выходного напряжения калибратора не превышают значений, указанных в графе «Допустимое значение К_Г, %» таблицы 16.

10.3 Определение абсолютной погрешности установки частоты проводят с помощью частотомера ЧЗ-63/1.

Подключить частотомер ЧЗ-63/1 к розетке «2» детектора проходного ДП5-10.

В калибраторе установить частоту 0,1 МГц и уровень выходного напряжения 1 В. Частотомер установить в режим измерений частоты при времени счета 10 секунд и зафиксировать показания частотомера.

Аналогично вышеизложенному, проводят измерения частот выходного напряжения калибратора для установленных значений частоты 1; 10; и 30 МГц.

Абсолютную погрешность установки частоты на каждой из частот рассчитать по формуле:

$$\Delta f = f_{\text{изм}} - f_{\text{н}} \quad (9)$$

где $f_{\text{изм}}$ – измеренная частотомером частота калибратора;
 $f_{\text{н}}$ – установленная (номинальная) частота калибратора.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 17.

Таблица 17

Установленная (номинальная) частота, $f_{\text{н}}$	Измеренное значение частоты, Гц	Абсолютная погрешность установки частоты, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц
100 кГц			±5
1 МГц			±50
10 МГц			±500
30 МГц			±1500

Результаты поверки считаются положительными, если абсолютная погрешность установки частоты не превышает значений, указанных в графе «Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц» таблицы 17.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Соответствие калибраторов напряжения переменного тока высокочастотных Н5-10 метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным требованиям к рабочим эталонам 1-го разряда в диапазоне напряжений от 0,001 до 10 В и диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц в соответствии с ГПС для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706, подтверждается положительными результатами поверки по каждому пункту раздела 10 данной методики поверки.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки метрологических характеристик заносятся в протоколы в соответствии с формой протокола, установленной организацией, проводящей поверку. Примеры таблиц для оформления результатов измерений приведены в приложении А.

12.2 Положительные результаты поверки оформляются протоколом, подтверждающим соответствие калибраторов напряжения переменного тока высокочастотных Н5-10 обязательным требованиям к рабочим эталонам 1-го разряда в диапазоне напряжений от 0,001 В до 10 В и диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц в соответствии с ГПС для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706.

12.3 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 калибратор наносится давлением на специальную мастику двух пломб, расположенных в крепежных отверстиях упоров задней панели калибратора.

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

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

Приложение А

Рекомендуемая форма таблиц для оформления результатов измерений

1.1 Таблица для оформления результатов измерений относительной погрешности воспроизведения напряжения 1 В.

Номинальное значение частоты, МГц	Номинальное значение напряжения	Значение относительной погрешности воспроизведения напряжения, %	Пределы допускаемой погрешности воспроизведения напряжения, %
0,1	1 В		±0,03
0,3			±0,04
0,5			±0,05
1			±0,06
3			±0,10
5			±0,10
10			±0,10
15			±0,10
20			±0,12
30			±0,12

1.2 Таблица для оформления результатов измерений относительной погрешности воспроизведения напряжений в диапазоне от 1 мВ до 10 В.

Номинальные значения напряжения	Относительная погрешность воспроизведения напряжения на частотах, %							
	100 кГц		1 МГц		10 МГц		30 МГц	
	Измерено	Допуск	Измерено	Допуск	Измерено	Допуск	Измерено	Допуск
10 В		±0,03		±0,06		±0,10		±0,12
5 В		±0,03		±0,06		±0,10		±0,12
3 В		±0,03		±0,06		±0,10		±0,12
1 В	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 В		±0,03		±0,06		±0,10		±0,12
0,3 В		±0,03		±0,06		±0,10		±0,12
0,1 В		±0,04		±0,10		±0,20		±0,20
50 мВ		±0,05		±0,12		±0,30		±0,30
30 мВ		±0,05		±0,15		±0,40		±0,40
10 мВ		±0,10		±0,25		±0,50		±0,50
5 мВ		±0,20		±0,40		±0,60		±0,60
3 мВ		±0,25		±0,70		±0,70		±0,70
1 мВ		±0,25		±0,70		±0,70		±0,70

1.3 Таблица для оформления результатов измерений коэффициента гармоник выходного напряжения калибратора.

Номинальное значение частоты, МГц	Суммарный коэффициент гармоник, %	Пределы допустимых значений Кг, %
0,1		$\pm 0,01$
0,3		$\pm 0,01$
0,5		$\pm 0,02$
1		$\pm 0,02$
3		$\pm 0,02$
5		$\pm 0,02$
10		$\pm 0,03$
15		$\pm 0,03$
20		$\pm 0,03$
30		$\pm 0,03$

1.4 Таблица для оформления результатов измерений абсолютной погрешности установки номинальных значений фиксированных частот.

Номинальное значение частоты, МГц	Измеренное значение частоты, Гц	Абсолютная погрешность установки частоты, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц
0,1			± 5
1			± 50
10			± 500
30			± 1500