

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ГНМЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев

2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Стандарты частоты и времени водородные VCH-1003М

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ЯКУР.411141.032МП**

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	6
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Требования к условиям проведения поверки	6
7 Внешний осмотр средства измерений	6
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	7
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	7
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	12
12 Оформление результатов поверки	14

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки стандартов частоты и времени водородных VCH-1003M (далее – стандарты), используемых в качестве рабочих эталонов в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики:

- пределы допускаемой основной относительной погрешности по частоте в пределах от $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ до $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$.

1.2 Поверяемые стандарты имеют прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2022 в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемых стандартов используются методы прямых измерений частоты и интервалов времени, а также метод измерения частоты с использованием компаратора.

1.4 Сокращенная поверка стандартов невозможна.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки стандартов, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
2.1 Подготовка к поверке	8.1	да	да
2.2 Опробование	8.2	да	да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
4.1 Определение номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов	10.1	да	да
4.2 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов на разъемах 5; 10; 100 МГц и параметров импульсных сигналов с периодом 1 с (полярность, амплитуда, период следования импульсов, длительность импульсов, длительность фронта импульсов)	10.2	да	да
4.3 Определение основной относительной погрешности по частоте при выпуске из производства (на интервале между поверками)	10.3	да	да
4.4 Определение среднего относительного изменения частоты (дрейф) за интервал времени измерений 1 сутки	10.4	да	да
4.5 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению	10.5	да	да

1	2	3	4
4.6 Определение нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов частотой 5 МГц (среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты) после времени установления рабочего режима	10.6	да	да
4.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала	10.7	да	да
4.8 Определение уровня гармонических составляющих и негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц в спектре выходного сигнала 5 МГц	10.8	да	да
4.9 Определение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-16}$	10.9	да	да
4.10 Определение номинальных значений частот входных сигналов и среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты, вносимого компаратором, встроенным в стандарт частоты и времени, в полосе пропускания компаратора 10 Гц	10.10	да	да
4.11 Определение погрешности синхронизации шкалы времени внешним импульсным сигналом с периодом 1 с	10.11	да	да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

3.1 Метрологические и технические требования, рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки	
		1	2
<i>Основные средства</i>			
10.1, 10.11	Рабочий эталон времени и частоты, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 5 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 с диапазоном измерений частоты от 1 до 350 МГц и погрешностью частоты опорного генератора $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$	Частотомер 53230А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (рег. № 51077-12))	
10.2	Средство измерений импульсного электрического напряжения в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463: осциллограф с полосой пропускания от 0 до 100 МГц, пределами допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения $\pm 1,5\%$ для K_0 от 10 мВ/дел	Осциллограф цифровой запоминающий RTO1044 (рег. № 50596-12)	
10.1, 10.3-10.7, 10.9,	Рабочий эталон времени и частоты, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом	Вторичный эталон единиц времени и частоты ВЭ-31-16 (рег.	

1	2	3
10.11	Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 с номинальными значениями частот выходных синусоидальных сигналов 1 Гц; 5, 10 МГц, с пределами допускаемой относительной погрешности по частоте выходного синусоидального сигнала $\pm 1 \cdot 10^{-13}$	№ 2.1.ВХН.0025.2020)
10.4-10.6, 10.9	Средство измерения времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360: компаратор частотный с частотой входных сигналов 5; 10; 100 МГц, отклонением от номинального значения $1,0 \cdot 10^{-6}$, вносимым СКДО на интервале времени измерений $1 \text{ с} - 6,0 \cdot 10^{-14}$	Компаратор фазовый многоканальный VCH-315M ЯКУР.411146.042 (рег. № 85279-22)
10.7	Средство измерения времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360: компаратор-анализатор фазовый с частотой входных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровнем собственных фазовых шумов на частоте анализа 1 Гц не более минус 135 дБн/Гц, на частоте анализа 100 кГц не более минус 163 дБн/Гц.	Компаратор-анализатор фазовый VCH-323 ЯКУР.411146.034 (рег. № 70997-18)
10.8	Средство измерения параметров спектра электрического сигнала с диапазоном рабочих частот от 1 до 10 МГц и уровнем фазовых шумов при отстройке от несущей на 1 кГц не более минус 100 дБ/Гц	Анализатор сигналов в реальном масштабе времени Rohde & Schwarz FSVR 7/13/30 (рег. № 48760-11)
<i>Вспомогательные средства</i>		
10.1-10.11	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 0 °C до 30 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30% до 95% с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 5\%$; Средства измерений абсолютного давления в диапазоне от 80 до 120 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1 \text{ кПа}$	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 44744-10)
10.6, 10.10	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 0 °C до 30 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10М1 (рег. № 19736-11)
10.6, 10.10	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 0 °C до 30 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1.1 (рег. № 50256-12)

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с не истекшим сроком действия на время проведения поверки или знак поверки на приборе или в документации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки стандартов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-2017 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения производить только при отключенном напряжении питания стандарта.

5.2 К работе со стандартом допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °C (K)	20±5 (293±5);
- относительная влажность воздуха, %	65±15;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	100±4 (750±30);
- параметры питания от сети переменного тока:	
- напряжение, В	от 198 до 242;
- частота, Гц	50±1.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений;
- отсутствие ослабления элементов;
- четкость фиксации их положения;
- чёткость обозначений;
- чистоту и исправность разъёмов и гнёзд.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность поверяемого стандарта, органы управления находятся в исправном состоянии.

7.3 Стандарты, имеющие дефекты (механические повреждения), бракуются и направляются в ремонт.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого стандарта и используемых средств поверки.

8.1.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого стандарта на соответствие формуляру ЯКУР.411141.032ФО;

- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) требуемые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

8.2 Опробование

8.2.1 Для опробования выполнить действия согласно п.п. 3, 4, 6.1 документа «Стандарт частот и времени водородный. Программное обеспечение. Руководство оператора. RU.ЯКУР.00211-01 34 01».

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если после подключения к стандарту на экранном интерфейсе программы на ПЭВМ отображаются его текущие параметры.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее - ПО) получить при подключении аппаратуры к персональному компьютеру средствами операционной системы, основное меню/свойства файла.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Стандарт частоты и времени водородный
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.24.02.146.2
Цифровой идентификатор ПО	0a727f11
Алгоритм вычисления контрольной суммы исполняемого кода	CRC-32

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение номинальных значений частот выходных сигналов

10.1.1 Определение номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов 5, 10, 100 МГц провести путем их измерения частотометром 53230А на соответствующих разъемах стандарта.

10.1.2 На частотомере 53230А в соответствии с его руководством по эксплуатации установить усреднение измеряемых значений N=100. На разъем «REF IN» частотомера 53230А подать опорный сигнал частотой 10 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16.

10.2 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов на разъемах 5; 10; 100 МГц и параметров импульсных сигналов с периодом 1 с (полярность, амплитуда, период следования импульсов, длительность импульсов, длительность фронта импульсов)

10.2.1 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов на разъемах 5; 10; 100 МГц и параметров импульсных сигналов с периодом 1 с (полярность, амплитуда, период следования импульсов, длительность импульсов, длительность фронта импульсов) провести с помощью осциллографа цифрового запоминающего RTO1044 на нагрузке ($50,0 \pm 0,5$) Ом. Измерения проводятся для всех соответствующих выходов стандарта.

10.3 Определение основной относительной погрешности по частоте при выпуске из производства (на интервале между поверками)

10.3.1 Определение основной относительной погрешности по частоте при выпуске из производства (на интервале между поверками) провести с использованием вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042. Выходные сигналы частотой 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и стандарта подключить к разъемам « f_x » и « f_y » компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 (рисунок 1). Запустить измерения в соответствии с руководством по эксплуатации на компаратор.

10.3.2 Провести измерения на интервале времени наблюдения 5 суток.

10.3.3 В случае, если значение относительной погрешности по частоте выходит за пределы $\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$ (при выпуске из производства) или $\pm 1,0 \cdot 10^{-12}$ (на интервале между поверками), но находится в пределах $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$, необходимо скорректировать значение корректора частоты (п.6.3 документа «Стандарт частот и времени водородный. Программное обеспечение. Руководство оператора. RU.ЯКУР.00211-01 34 01»). После коррекции частоты необходимо снова проверить относительную погрешность по частоте.

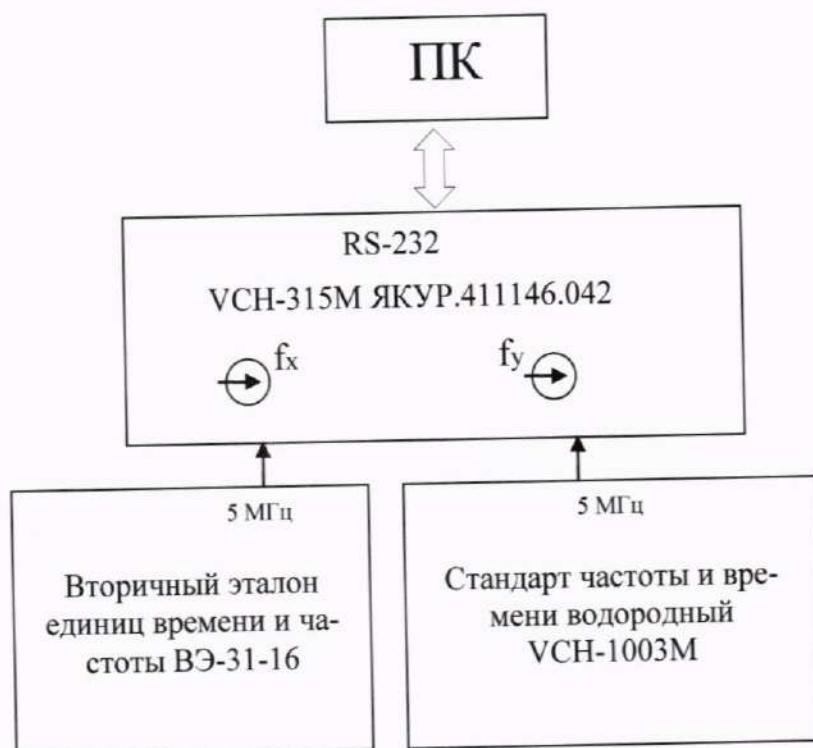


Рисунок 1 - Схема соединения приборов

10.4 Определение среднего относительного изменения частоты (дрейф) за интервал времени измерений 1 сутки

10.4.1 Определение среднего относительного изменения частоты за интервал времени измерений 1 сутки в режиме хранения частоты осуществить по результатам измерения систематического изменения частоты выходного сигнала 5 МГц стандарта на интервале $n=10$ суток относительно выходного сигнала 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, с помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 по схеме, представленной на рисунке 1.

10.4.2 С помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 определить значения относительной погрешности по частоте за каждые сутки на интервале времени наблюдения не менее 10 суток.

10.5 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению

10.5.1 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению осуществить по результатам измерения изменения частоты выходного сигнала 5 МГц стандарта относительно выходного сигнала 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, с помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 по схеме, представленной на рисунке 1.

10.5.2 Определить относительную разность частоты стандарта относительно вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, после чего с использованием программы перевести стандарт в ручной режим, в котором выключить генератор высокой частоты (ГВЧ), очиститель и насосы, оставляя включенными только термостаты. Через 4 часа включить ГВЧ, очиститель и насосы и через 30 мин после их включения вновь определить разность частот за время наблюдения 1 ч. Повторить данные измерения n раз ($n \geq 10$).

10.6 Определение нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов частотой 5 МГц (среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты) после времени установления рабочего режима

10.6.1 Определение нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов частотой 5 МГц (среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты) провести с помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 и вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 согласно схеме, приведенной на рисунке 1.

10.6.2 Используя руководство по эксплуатации на компаратор фазовый многоканальный VCH-315M ЯКУР.411146.042, установить на нем полосу пропускания равную 3 Гц, а затем запустить измерения.

10.6.3 Через интервал времени наблюдения не менее 1 час зафиксировать значения СКДО сигнала 5 МГц для интервалов времени измерения 1 и 10 сек.

10.6.4 Через интервал времени наблюдения не менее 10 сут зафиксировать значения СКДО сигнала 5 МГц для интервалов времени измерения 100 сек, 1 ч, 1 сут.

10.6.5 В процессе измерений стандарт должен располагаться в терmostатированном помещении (термокамере), в котором изменение температуры окружающей среды находится в пределах ± 0.2 °C в рабочем диапазоне температур при изменении температуры со скоростью не более ± 0.3 °C/час. Контроль температуры осуществлять измерителем температуры многоканальным прецизионным МИТ 8.10М1 совместно с термометром сопротивления платиновым вибропрочным ТСПВ-1.1. В случае выхода температуры окружающей среды за пределы допущенных значений, произвести проверку данного пункта методики поверки повторно.

10.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала

10.7.1 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала произвести путем ее измерения компаратором-анализатором фазовым VCH-323 ЯКУР.411146.034.

10.7.2 На вход «X» VCH-323 подключить сигнал частотой 5 МГц от стандарта, а на вход «Y» сигнал частотой 5 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16. Измерить и зафиксировать значения спектральной плотности мощности фазовых шумов на частотах 1; 10; 100 Гц, 1; 10; 100 кГц.

10.7.3 Отключить от входа «X» VCH-323 сигнал частотой 5 МГц от стандарта и подключить сигнал частотой 10 МГц. Отключить от входа «Y» VCH-323 сигнал частотой 5 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и подключить сигнал частотой 10 МГц. Измерить и зафиксировать значения спектральной плотности мощности случайных отклонений фазы на частотах 1; 10; 100 Гц, 1; 10; 100 кГц.

10.7.4 Отключить от входа «X» VCH-323 сигнал частотой 10 МГц от стандарта и подключить сигнал частотой 100 МГц. Отключить от входа «Y» VCH-323 сигнал частотой 10 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и подключить сигнал частотой 100 МГц. Измерить и зафиксировать значения спектральной плотности мощности случайных отклонений фазы на частотах 1; 10; 100 Гц, 1; 10; 100 кГц.

10.7.5 С учетом использования равноточных стандартов частоты и времени полученные значения необходимо уменьшить на 3 дБ/Гц.

10.8 Определение уровня гармонических составляющих и негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц в спектре выходного сигнала 5 МГц

10.8.1 Определение уровня гармонических составляющих и негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц произвести с помощью анализатора сигналов в реальном масштабе времени FSVR30.

10.8.2 Соединить выход «5 МГц» стандарта со входом FSVR30. Провести измерение уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц.

10.8.3 Провести измерение уровня негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц в спектре выходного сигнала 5 МГц.

10.9 Определение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-16}$

10.9.1 Определение диапазона и разрешающей способности коррекции частоты провести путем измерения компаратором фазовым многоканальным VCH-315M ЯКУР.411146.042 относительной разности частот сигналов 5 МГц поверяемого стандарта и вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 при разных значениях кода корректора частоты стандарта.

10.9.2 Последовательно установить код корректора частоты равным 000000 и 999999 и определить среднее значение относительного отклонения частоты стандарта от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 при каждом значении кода коррекции частоты при интервале времени наблюдения 100 с. Полученные значения являются пороговыми и определяют диапазон перестройки частоты.

10.9.3 Установить код коррекции частоты последовательно от 000000 до 900000 через 100000. При каждом установленном значении корректора частоты определить среднее значение относительного отклонения частоты стандарта от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16. Полученные значения разделить на 100000. Разницы между смежными значениями являются шагом коррекции.

10.10 Определение номинальных значений частот входных сигналов и вносимой компаратором нестабильности частоты (СКДО) в полосе пропускания флюктуаций 10 Гц

10.10.1 Определение номинальных значений частот входных сигналов и СКДО результата измерений частоты, вносимого компаратором, встроенным в стандарт, провести согласно схеме, приведенной на рисунке 2.

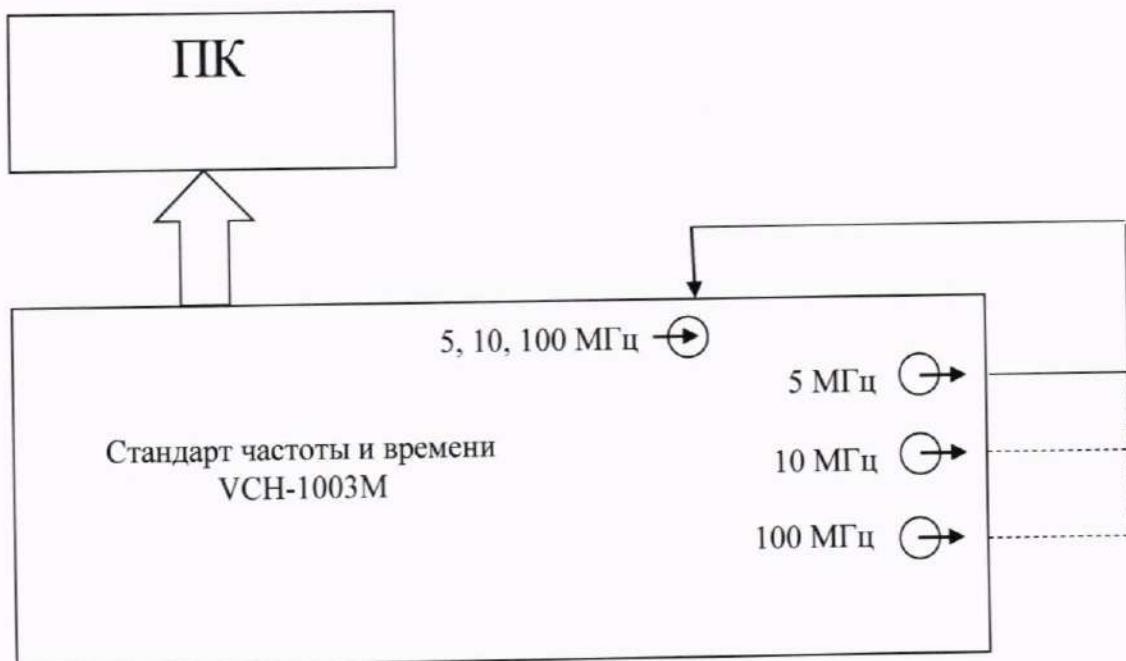


Рисунок 2 - Схема соединения приборов для определения номинальных значений частот входных сигналов и СКДО результата измерений частоты, вносимого компаратором, встроенным в стандарт частоты и времени

10.10.2 Соединить кабелем разъем выходного синусоидального сигнала 5 МГц поверяемого стандарта с его входным разъемом «5, 10, 100 MHz».

10.10.3 Через интерфейс программного обеспечения запустить начало измерений параметров входного сигнала встроенным компаратором. Для подтверждения номинальных значений частот входных сигналов и вносимой компаратором нестабильности частоты, проверить:

- индицирование текущих значений результатов измерений относительной разности частот и СКДО в соответствующих окнах;

- значение СКДО на интервале времени наблюдения 10 часов не превышает:
для интервала времени измерения 1 с - $1,0 \cdot 10^{-13}$;
для интервала времени измерений 10 с - $1,0 \cdot 10^{-14}$;
для интервала времени измерений 100 с - $1,5 \cdot 10^{-15}$;
для интервала времени измерений 3600 с - $5,0 \cdot 10^{-16}$;

10.10.4 Отключить кабель от разъема выходного сигнала 5 МГц и подключить к разъему выходного сигнала 10 МГц. Повторить действия согласно пункту 10.10.3.

10.10.5 Отключить кабель от разъема выходного сигнала 10 МГц и подключить к разъему выходного сигнала 100 МГц. Повторить действия согласно пункту 10.10.3.

10.10.6 В процессе измерений стандарт должен располагаться в термостатированном помещении (термокамере), в котором изменение температуры окружающей среды находится в пределах ± 0.2 °C в рабочем диапазоне температур при изменении температуры со скоростью не более ± 0.3 °C/час. Контроль температуры осуществлять измерителем температуры многоканальным прецизионным МИТ 8.10М1 совместно с термометром сопротивления платиновым вибропрочным ТСПВ-1.1. В случае выхода температуры окружающей среды за пределы допущенных значений, произвести проверку данного пункта методики поверки повторно.

10.11 Определение погрешности синхронизации шкалы времени внешним импульсным сигналом с периодом 1 с

10.11.1 Определение погрешности синхронизации шкалы времени внешним импульсным сигналом с периодом 1 с, провести с применением частотомера 53230А и вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16.

10.11.2 На разъем «REF IN» частотомера 53230А подать опорный сигнал частотой 10 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16.

10.11.3 Подключить импульсный сигнал с периодом 1 с с выхода вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 одновременно на вход внешней синхронизации («1 PPS») стандарта и на вход «A» частотомера 53230А.

10.11.4 В программе для ПЭВМ нажать кнопку «Синхронизация 1 Гц», синхронизировав тем самым шкалу стандарта и шкалу времени вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16.

10.11.5 Подать импульсный сигнал с периодом 1 с с выхода стандарта на вход «B» частотомера 53230А, настроенного в режим измерений временных интервалов. Уровень срабатывания (триггер) установить равным 1,5 В.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Подтверждение номинальных значений частот выходных сигналов

11.1.1 Результаты проверки считать положительными, если измеренные значения соответствующих частот находятся в пределах $(5000000 \pm 0,1)$ Гц, $(10000000 \pm 0,1)$ Гц, (100000000 ± 1) Гц, что подтверждает номинальные значения частот выходных синусоидальных сигналов $5 \cdot 10^6$; $10 \cdot 10^6$; $100 \cdot 10^6$ Гц.

11.2 Подтверждение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов на разъемах 5; 10; 100 МГц и параметров импульсных сигналов с периодом 1 с (полярность, амплитуда, период следования импульсов, длительность импульсов, длительность фронта импульсов)

11.2.1 Результаты проверки считать положительными, если:

- среднеквадратическое значение напряжение выходных синусоидальных сигналов частотой 5; 10; 100 МГц на нагрузке $(50 \pm 0,5)$ Ом, В находится в пределах от 0,8 до 1,2 В;
- полярность импульсных сигналов положительная;
- амплитуда на нагрузке $(50 \pm 0,5)$ Ом импульсных сигналов находится в пределах от 2,5 до 5 В;
- период следования импульсов находится в пределах $(1 \pm 1 \cdot 10^{-6})$ с;
- длительность импульсов находится в пределах от 10 до 20 мкс;
- длительность фронта импульсов не более 3 нс.

11.3 Подтверждение основной относительной погрешности по частоте при выпуске из производства (на интервале между поверками)

11.3.1 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной погрешности по частоте находится в пределах:

при выпуске из производства (первичная поверка) $\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$;
на интервале между поверками (периодическая поверка) $\pm 1,0 \cdot 10^{-12}$.

11.4 Подтверждение среднего относительного изменения частоты (дрейф) за интервал времени измерений 1 сутки

11.4.1 При условии линейного характера систематического изменения частоты на интервале n суток значение среднего относительного изменения частоты за сутки v вычислить по формуле:

$$v = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{\Delta_0 f_{i+1} - \Delta_0 f_i}{n-1} \right), \quad (1)$$

где $n \geq 10$ – количество суток;

$i = \overline{1, n}$;

$\Delta_{0f_1}, \Delta_{0f_2}, \Delta_{0f_3} \dots \Delta_{0f_n}$ - значения относительной погрешности по частоте в i -ые сутки, соответственно.

11.4.2 Результаты проверки считать положительными, если значение среднего относительного изменения частоты (дрейф) за интервал времени измерений 1 сутки находится в пределах $\pm 3,0 \cdot 10^{-16}$ при условии непрерывной работы в течение года, либо $\pm 2,0 \cdot 10^{-15}$ в противном случае (стандарт не применялся в режиме непрерывной работы на интервале времени 1 год).

11.5 Подтверждение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению

11.5.1 Значение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению вычислить по формуле:

$$\delta_i = \Delta_{0f_{i+1}} - \Delta_{0f_i}, \quad (2)$$

где Δ_{0f_i} - i -ое значение измерения относительной разности частоты стандарта относительно стандарта частоты и времени водородного Ч1-1033.

11.5.2 Результаты проверки считать положительными, если все значения относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению находятся в пределах $\pm 5,0 \cdot 10^{-14}$.

11.6 Подтверждение нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов частотой 5 МГц (среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты) после времени установления рабочего режима

11.6.1 Результаты проверки считать положительными, если подтверждаются значения нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов (СКДО) частоты не более:

- для интервала времени измерений 1 с $1,5 \cdot 10^{-13}$;
- для интервала времени измерений 10 с $2,5 \cdot 10^{-14}$;
- для интервала времени измерений 100 с $6,0 \cdot 10^{-15}$;
- для интервала времени измерений 1000 с $2,0 \cdot 10^{-15}$;
- для интервала времени измерений 1 час $1,5 \cdot 10^{-15}$;
- для интервала времени измерений 1 сутки $5,0 \cdot 10^{-16}$.

11.7 Подтверждение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала

11.7.1 Результаты проверки считать положительными, если спектральная плотность мощности случайных отклонений фазы в спектре выходных сигналов не более:

для сигнала частотой 5 МГц

- на частоте отстройки 1 Гц минус 118 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 Гц минус 135 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 Гц минус 149 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 1 кГц минус 156 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 кГц минус 158 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 кГц минус 158 дБ/Гц;

для сигнала частотой 10 МГц

- на частоте отстройки 1 Гц минус 112 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 Гц минус 129 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 Гц минус 143 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 1 кГц минус 149 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 кГц минус 150 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 кГц минус 150 дБ/Гц;

для сигнала частотой 100 МГц

- на частоте отстройки 1 Гц минус 92 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 Гц минус 109 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 Гц минус 122 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 1 кГц минус 122 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 кГц минус 152 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 кГц минус 152 дБ/Гц.

11.8 Подтверждение уровня гармонических и негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц в спектре выходного сигнала 5 МГц

11.8.1 Результаты проверки считать положительными, если в спектре выходного сигнала 5 МГц:

- уровень гармонических составляющих не более минус 30 дБ;

- уровень негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц не более минус 100 дБ.

11.9 Подтверждение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $\pm 1,0 \cdot 10^{-16}$

11.9.1 Результаты проверки считать положительными, если диапазон коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-16}$ находится в пределах $1,0 \cdot 10^{-10} \pm 1,0 \cdot 10^{-12}$;

- шаг (разрешающая способность) перестройки частоты при изменении кода коррекции (п. 10.9.3) находится в пределах $(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-16}$.

11.10 Подтверждение номинальных значений частот входных сигналов и вносимой компаратором нестабильности частоты (СКДО) в полосе пропускания флуктуаций 10 Гц

11.10.1 Результаты проверки считать положительными, если подтверждаются номинальные значения частот входных сигналов 5; 10; 100 МГц, а значения вносимой нестабильности (СКДО) частоты не превышают:

для интервала времени измерения 1 с - $1,0 \cdot 10^{-13}$;

для интервала времени измерений 10 с - $1,0 \cdot 10^{-14}$;

для интервала времени измерений 100 с - $1,5 \cdot 10^{-15}$;

для интервала времени измерений 3600 с - $5,0 \cdot 10^{-16}$.

11.11 Подтверждение погрешности синхронизации шкалы времени внешним импульсным сигналом с периодом 1 с

11.11.1 Результаты проверки считать положительными, если значения, полученные на частотомере, не превышают 25 нс (с учетом задержки кабелей).

11.12 Оценка соответствия средства измерений обязательным метрологическим и техническим требованиям

11.12.1 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной погрешности по частоте (при выпуске из производства или на интервале между поверками) находится в пределах от $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ до $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$, что соответствует рабочему эталону 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с нанесением знака поверки в виде оттиска клейма, на оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки. Знак поверки дополнительно наносится на лицевую панель стандарта в виде наклейки.

12.2 Параметры, определенные при поверке, заносят в формуляр.

12.3 Сведения о результатах поверки стандарта должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.4 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый стандарт к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

С.Г. Серко

Научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

А.А. Мусин