

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Стандарты частоты и времени водородные Ч1-1035

#### Назначение средства измерений

Стандарты частоты и времени водородные Ч1-1035 (далее – Ч1-1035) предназначены для формирования и хранения высокостабильных, высокоточных по частоте спектрально чистых синусоидальных сигналов 5, 10, 100 МГц и импульсных сигналов 1 Гц для проведения время-частотных измерений.

#### Описание средства измерений

Принцип действия Ч1-1035 основан на фазовой синхронизации сигнала локального кварцевого генератора по сигналу, генерируемому водородным лазером.

Основной причиной, определяющей нестабильность частоты стандарта на длительных интервалах времени (более 1 суток), является нестабильность резонансной частоты СВЧ резонатора (частота резонатора). Поэтому для обеспечения требуемой нестабильности частоты (СКДО) для интервала времени измерения 1 сутки необходима система автоматической подстройки частоты резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода (система АНР).

Для обеспечения требований к выходным сигналам в Ч1-1035 реализована система регулирования, выполняющая две основные функции:

- автоматическую подстройку выходной частоты стандарта 5; 10; 100 МГц по сигналу водородного лазера;
- автоматическую настройку частоты резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода.

Основой Ч1-1035 является водородный лазер, где осуществляется генерация высокостабильного сигнала с частотой 1420,405 МГц и мощностью порядка  $10^{-13}$  Вт.

Водородный лазер состоит из следующих основных элементов:

- СВЧ резонатора с накопительной колбой. Частота резонатора изменяется варикапом, на который подается управляющее напряжение, формируемое цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) блока водородного генератора (ВГ). Управляющий код для ЦАП формируется микропроцессором того же блока на основании команд, поступающих из местного терминала;
- системы формирования пучка возбужденных атомов водорода, осуществляющих излучение сигнала в СВЧ резонаторе.

Кроме собственно лазера в состав блока ВГ входит собственный микропроцессор, цепи управления и питания.

Пучок атомов водорода формируется следующим образом. В качестве источника водорода используется интерметаллическое соединение  $(\text{LaNi}_5\text{H})_x$ , при нагревании которого выделяется молекулярный водород, поступающий в очиститель. Очиститель водорода представляет собой тонкостенную никелевую трубку, свернутую в спираль. Регулирование проницаемости трубки осуществляется путем ее нагрева электрическим током до 1 А (ток очистителя) при напряжении до 1 В.

После очистителя молекулярный водород подвергается диссоциации в разрядной колбе. Электрический разряд в колбе возбуждается высокочастотным генератором (ГВЧ), обеспечивающим электромагнитное поле с частотой от 100 до 120 МГц и напряженностью порядка 1000 В/см. Интенсивность разряда контролируется с помощью фотодатчика.

Из разрядной колбы атомы водорода через коллиматор попадают в поле квадрупольного магнита, осуществляющего сортировку атомов водорода по энергетическим состояниям.

Отсортированные возбужденные атомы водорода инжектируются в накопительную колбу, находящуюся в центре СВЧ резонатора. На колбу накладывается слабое продольное магнитное поле. Это поле обеспечивает расщепление сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода, возникающей в результате взаимодействия спина электрона и спина ядра.

В накопительной колбе происходит вынужденное излучение атомов водорода. Полученный сигнал через петлю связи, ферритовый вентиль и коаксиальный разъем подается на малошумящий предусилитель системы ФАПЧ.

Для стабилизации пучка атомов водорода используется система автоподстройки давления молекулярного водорода в разрядной колбе, где в качестве датчика используется терморезисторный вакуумметр Пирани.

Для устранения зависимости частоты излучаемого сигнала от внешних магнитных полей и температуры используются системы термостатирования (внешний и внутренний термостаты) и магнитного экранирования, внутрь которых помещается СВЧ резонатор лазера. Коэффициент экранирования системы, состоящей из четырех магнитных экранов, составляет примерно  $10^5$ .

Двухступенчатая, многозонная термостатирующая система обеспечивает поддержание температуры СВЧ резонатора с точностью  $0,001$  °С. Контроль температуры осуществляется с помощью датчиков, помещенных в разных точках системы.

В лазере используются две независимые вакуумные системы, состоящие из геттерного насоса и трех магниторазрядных насосов. Геттерный насос, в совокупности с первым магниторазрядным насосом, создает и поддерживает вакуум в системе формирования пучка атомарного водорода. Второй магниторазрядный насос обеспечивает вакуум в накопительной колбе, а третий в СВЧ резонаторе.

Активация адсорбента в геттерных насосах осуществляется на заводе изготовителе путем нагрева электрическими нагревателями до температуры  $800$  °С. Включение магниторазрядных насосов осуществляется в условиях высокого вакуума с давлением остаточных газов не более  $2 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст.

Уровень вакуума контролируется по величине тока магниторазрядных насосов.

Блок АПЧ в качестве основной функции обеспечивает формирование выходных сигналов стандарта с помощью фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) кварцевого генератора  $5$  МГц по сигналу водородного лазера. Кроме того, блок АПЧ содержит узлы системы АНР.

Общий вид Ч1-1035 представлен на рисунке 1.

Схема пломбировки от несанкционированного доступа, обозначение места нанесения знака поверки представлены на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид Ч1-1035

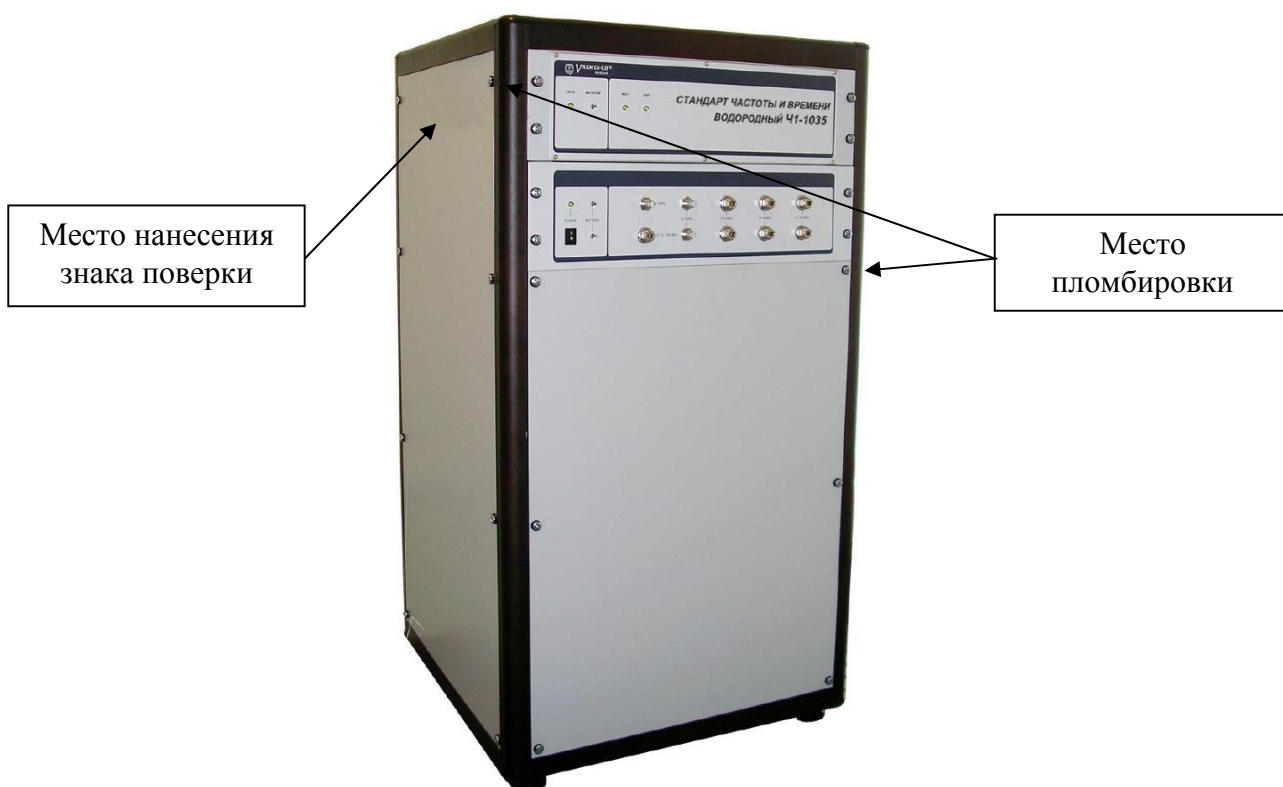


Рисунок 2 – Схема пломбировки от несанкционированного доступа, обозначение места нанесения знака поверки

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) Ч1-1035 делится на встроенное и внешнее. Встроенное ПО записывается на предприятии изготовителе, конструкция Ч1-1035 исключает несанкционированный доступ к ПО.

Внешнее ПО поставляется на компакт диске и предназначено для контроля рабочего режима работы Ч1-1035, корректировки кода частоты при периодической поверке, а также получения измерительной информации со встроенного компаратора частотного.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «средний» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Таблица 1 - Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
	1	2	3	4
Идентификационное наименование ПО	сервер	Стандарт частоты и времени Ч1-1035. Программа Менеджер	Компаратор частотный стандарта частоты и времени водородного	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже v.20.16.35	Не ниже 35.1.4	Не ниже v.20.4.4	

### Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Номинальные значения частот выходных сигналов, Гц	1; $5 \cdot 10^6$ ; $1,0 \cdot 10^7$ ; $1,0 \cdot 10^8$
Среднее квадратическое значение напряжения выходных синусоидальных сигналов на нагрузке 50 Ом, В	от 0,8 до 1,2
Параметры импульсного сигнала частотой 1 Гц на нагрузке 50 Ом: - полярность - период следования, с - амплитуда импульсов, В; - длительность импульсов, мкс; - длительность фронта, нс, не более	положительная 1 от 2,5 до 5,0 от 10 до 20 3,0
Пределы допускаемой погрешности синхронизации сигнала 1 Гц относительно внешнего импульсного сигнала 1 Гц, нс	$\pm 25$
Предел допускаемого среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения (СКДО) частоты выходного сигнала 5 МГц при интервале времени измерения: 1 с 10 с 100 с 1000 с 1 ч 1 сутки	$7,0 \cdot 10^{-14}$ $1,5 \cdot 10^{-14}$ $4,0 \cdot 10^{-15}$ $1,5 \cdot 10^{-15}$ $1,5 \cdot 10^{-15}$ $5,0 \cdot 10^{-16}$
Пределы допускаемого относительного среднего изменения частоты за 1 сутки, через год непрерывной работы	$\pm 5,0 \cdot 10^{-16}$

Окончание таблицы 2

Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте при выпуске из поверки	$\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$
Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте на интервале между поверками	$\pm 1,0 \cdot 10^{-12}$
Предел допускаемой спектральной плотности мощности фазовых шумов в одной боковой полосе сигнала 5 МГц при отстройке от несущей частоты, дБ/Гц: 1 Гц 10 Гц 100 Гц 1 кГц 10 кГц 100 кГц	-130 -148 -153 -158 -158 -158
Предел допускаемого СКДО частоты входного сигнала 5 МГц, вносимого встроенным компаратором в полосе пропускания флуктуаций 10 Гц, при интервале времени измерения: 1 с 10 с 100 с 1 ч	$1,0 \cdot 10^{-13}$ $1,0 \cdot 10^{-14}$ $1,5 \cdot 10^{-15}$ $5,0 \cdot 10^{-16}$

Таблица 3 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - изменение температуры окружающего воздуха в любой точке диапазона рабочих температур, °С - относительная влажность окружающего воздуха при температуре 30 °С, %, не более - атмосферное давление, кПа	от 10 до 30  ±1  90 от 60 до 106,7
Параметры электропитания: - напряжение переменного тока, В - частота переменного тока, Гц - напряжение питания от сети постоянного тока, В	от 198 до 242 от 49 до 51 от 22 до 30
Потребляемая мощность от сети переменного тока, В·А, не более	150
Габаритные размеры, мм, не более: длина ширина высота	550 550 1010
Масса, кг, не боле	105

### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации и формуляр типографским способом и на самоклеющуюся наклейку на переднюю панель Ч1-1035, обеспечивающим четкое изображение знака, его стойкость к внешним воздействующим факторам, а также сохранность его изображения в течение всего установленного срока службы Ч1-1035

### Комплектность средства измерений

Таблица 4 – Комплектность стандарта частоты и времени водородного Ч1-1035

Наименование	Обозначение	Количество
Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1035	ЯКУР.411141.046	1 шт.
Кабель питания 220 В	Кабель питания, 5м, евростандарт	1 шт.
Кабель интерфейсный	ЯКУР.685670.026-01	1 шт.
Переход интерфейсный	UC232R-10	1 шт.
Комплект ЗИП-О стандарта частоты и времени в составе:		
Розетка 2РМ14КПН4Г1В1	ГЕ0.364.126 ТУ	2 шт.
Вставка плавкая	ВП2Б-1В 2 А 250 В ОЮ0.480.005ТУ-Р	2 шт.
Вставка плавкая	ВП2Б-1В 3,15 А 250 В ОЮ0.480.005ТУ-Р	2 шт.
Вставка плавкая	ВП2Б-1В 5 А 250 В ОЮ0.480.005ТУ-Р	2 шт.
Вставка плавкая	ВП1Б-1В 1 А 250 В ОЮ0.480.003ТУ-Р	2 шт.
Вставка плавкая	ВП1Б-1В 2 А 250 В ОЮ0.480.003ТУ-Р	2 шт.
Руководство по эксплуатации	ЯКУР.411141.046РЭ	1 шт.
Инструкция пользователя	ЯКУР.411141.046РЭ1	1 шт.
Методика поверки	411141.046-714-19 МП	1 шт.
Формуляр	ЯКУР.411141.046ФО	1 шт.
Программное обеспечение стандарта частоты и времени водородного Ч1-1035	RU.ЯКУР.00159-01	На CD-диске
Упаковка	ЯКУР 411915.023	1 шт.

### Поверка

осуществляется по документу 411141.046-714-19 МП «Стандарты частоты и времени водородные Ч1-1035. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИФТРИ» 28.08.2019 г.

Основные средства поверки:

- Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2018;
- компаратор частотный VCH-314 (регистрационный номер 35266-07 в Федеральном информационном фонде)
- частотомер универсальный CNT-90 (регистрационный номер 41567-09 в Федеральном информационном фонде)
- анализатор фазовых шумов TSC 5120A (регистрационный номер 30822-05 в Федеральном информационном фонде)
- осциллограф цифровой DSO-X3012A (регистрационный номер 48998-12 в Федеральном информационном фонде);

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого Ч1-1035 с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на переднюю панель корпуса Ч1-1035 и на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

**Сведения о методиках (методах) измерений**  
приведены в эксплуатационном документе.

**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к стандартам частоты и времени водородным Ч1-1035**

Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты (Приказ Росстандарта № 1621 от 31.07.2018г.)

Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1035. Технические условия. ЯКУР.411141.046ТУ

**Изготовитель**

Закрытое акционерное общество «Время-Ч» (ЗАО «Время-Ч»)

ИНН 5262007965

Адрес: 603105, г. Нижний Новгород, ул. Ошарская, д. 67

Телефон (факс) +7 (831) 421-02-94

Web-сайт: [www.vremya-ch.com](http://www.vremya-ch.com)

E-mail: [admin@vremya-ch.com](mailto:admin@vremya-ch.com)

**Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

Адрес: 141570, Московская область, Солнечногорский район, г. Солнечногорск, рабочий поселок Менделеево, промзона ФГУП «ВНИИФТРИ»

Телефон (факс): +7 (495) 526-63-00

E-mail: [office@vniiftri.ru](mailto:office@vniiftri.ru)

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИФТРИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30002-13 от 11.05.2018 г.

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

А.В. Кулешов

М.п. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.