

Рубидиевые стандарты частоты, представленные на российском рынке

Начальник отдела ЗАО «РУКНАР», к.т.н. Пузанов С.Л.

Разработкой и выпуском РСЧ занимаются многочисленные компании в различных странах мира, среди которых наиболее известными являются *Frequency Electronics Inc.* (США), *Stanford Research Systems* (США), *Microsemi Corporation* (США), *PerkinElmer* (США), *Quartzlock* (Великобритания), *Spectracom Pendulum* (Швеция), *Accubeat* (Израиль), *Spectratime* (Швейцария), *XHTF* (Китай). Совокупный выпуск РСЧ за рубежом (более 50-ти промышленных моделей) достигает по некоторым источникам несколько десятков тысяч штук в год.

РСЧ различных производителей отличаются между собой конструктивным исполнением, техническими и схемными решениями, технологией изготовления и составом наполнения оптических элементов, различными опциями, введенными для удобства потребителя. Все это, в свою очередь, сказывается на метрологических и эксплуатационных характеристиках данных изделий и их стоимости, поэтому при разработке РСЧ различной модификации подбирается компромисс между точностью и стабильностью частоты выходного сигнала, с одной стороны, и массогабаритными показателями, потребляемой мощностью и стоимостью изделия, с другой.

Главными поставщиками иностранной продукции на российский рынок являются компании *Frequency Electronics*, *Stanford Research Systems*, *Microsemi Corporation* и *Spectracom Pendulum*. В таблице 1 представлена продукция иностранных производителей, прошедшая испытания, по результатам которых утвержден тип средств измерений и внесен в Государственный реестр средств измерений.

Таблица 1

Характеристика	FE-5650A	FE-5680A	FS725	GPS-12R	8040C
Номинальное значение частоты выходных сигналов	5, 10, 15 или 20 МГц	5 или 10 МГц	5 и 10 МГц, 1 Гц	5 и 10 МГц, 1 Гц	1, 5 и 10 МГц, 1 Гц
Кратковременная нестабильность частоты	$<1,4 \cdot 10^{-11}/\sqrt{\tau}$	$<5 \cdot 10^{-12}/\sqrt{\tau}$	$<2 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<3 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1,4 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<3 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)
Долговременная нестабильность частоты	$\pm 2 \cdot 10^{-11}$ /сут $\pm 2 \cdot 10^{-9}$ /год	$\pm 4 \cdot 10^{-12}$ /сут $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ /год	$\pm 5 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ /год	$\pm 5 \cdot 10^{-11}$ /мес	$\pm 5 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ /год
Время прогрева до погрешности $\pm 1 \cdot 10^{-9}$	4 мин	5 мин	7 мин	10 мин	8 мин
Изменение частоты в диапазоне рабочих температур	$\pm 3 \cdot 10^{-10}$ от -5 до +50	$\pm 3 \cdot 10^{-10}$ от -5 до +50	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ от +10 до +40	$\pm 3 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50	$\pm 3 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50
Питание	+(15–18) В	+(15–18) В	~220В, 50Гц	~220В, 50Гц	~220В, 50Гц
Потребляемая мощность	8 Вт	11 Вт	50 ВА	35 ВА	25 ВА
Габаритные размеры, мм	37×77×76	25×88×125	222×88×325	210×108×395	480×44×305
Масса, кг	0,34	0,43	4,0	2,7	2,7

В РФ производством РСЧ занимаются ЗАО «РУКНАР» (Н. Новгород), ОАО «ФНЦП «ННИПИ «Кварц» (Н. Новгород) и ООО НТЦ «ЭРПА» (Москва). Ассортимент продукции двух последних представлен в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика	Ч1-84	Ч1-81	Ч1-83	Ч1-2010
Номинальное значение частоты выходных сигналов	10 МГц	5 МГц	1, 5 и 10 МГц, 1 Гц	1, 5 и 10 МГц, 1 Гц
Кратковременная нестабильность частоты	$<3 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<2 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)
Долговременная нестабильность частоты	$\pm 4 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 4,8 \cdot 10^{-10}$ /год	$\pm 3 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 3,7 \cdot 10^{-10}$ /год	$\pm 3 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 3,7 \cdot 10^{-10}$ /год	$\pm 5 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 6 \cdot 10^{-10}$ /год
Время прогрева до погрешности $\pm 1 \cdot 10^{-9}$	7 мин			
Изменение частоты в диапазоне рабочих температур	$\pm 2 \cdot 10^{-10}$ от -40 до +55	$\pm 1,2 \cdot 10^{-10}$ от -40 до +55	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ от -5 до +40
Питание Потребляемая мощность	+(22–30) В 16 Вт	+(22–30) В 18 Вт	~220В, 50Гц 60 ВА	~220В, 50Гц 24 ВА
Габаритные размеры, мм Масса, кг	88×77×165 1,5	188×129×459 7,2	496×129×459 19	260×90×290 6,0
Дополнительные функциональные возможности			Частотные и временные измерения	Корректировка частоты по ГЛОНАСС/GPS

К достоинствам изделий ОАО «ФНЦП «ННИПИ «Кварц» Ч1-81 и Ч1-84 следует отнести более широкий диапазон рабочих температур (за счет возможности работы аппаратуры при минусовых значениях температуры), а также возможность агрегатирования стандарта частоты Ч1-81 и компаратора частотного ЧК7-51 в стандарт частоты и времени Ч1-83, обладающего широким набором измерительных функций частот сигналов 5 и 10 МГц и возможностью формирования сигналов основной и вспомогательной (задержанной) шкал времени с периодом следования импульсов 1 с. Особенностью изделия ООО НТЦ «ЭРПА» Ч1-2010 является наличие в составе приемника спутниковых радионавигационных систем (СРНС), что позволяет производить автоматическую корректировку частоты выходных сигналов по сигналам ГЛОНАСС/GPS.

ЗАО «РУКНАР», основанное в 1997, позиционирует себя как предприятие, ориентированное на разработку и выпуск РСЧ с гибкой системой удовлетворения нужд заказчика. Отсутствие барьера между разрабатываемыми участками и производственными подразделениями (то, что присуще предприятиям с крупносерийным производством) позволяет ЗАО «РУКНАР» в течение короткого срока (начиная от нескольких месяцев) пройти путь от заказа (начало разработки) до серийного выпуска. Высокий научно-технический уровень сотрудников ЗАО «РУКНАР» (большинство из которых подготовлено на научно-технической базе ННИПИ «Кварц») позволяет разрабатывать и выпускать РСЧ (включая штучные заказы) с уникально высокими техническими параметрами.

Продукция ЗАО «РУКНАР» отличается широким спектром выпускаемых приборов, характеристики которых представлены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика	Ч1-1012	Ч1-1013	Ч1-1014	Ч1-1011	ЧК7-1011
Номинальное значение частоты выходных сигналов	10 МГц	10 МГц	10 МГц	1, 5 и 10 МГц, 1 Гц	1, 5 и 10 МГц, 1 Гц
Кратковременная нестабильность частоты	$<3 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<1 \cdot 10^{-11}$ (10с) $<3 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1,4 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1,4 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1,4 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)	$<1,4 \cdot 10^{-11}$ (1с) $<5 \cdot 10^{-12}$ (10с) $<2 \cdot 10^{-12}$ (100с)
Долговременная нестабильность частоты	$\pm 4 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 4,8 \cdot 10^{-10}$ /ГОД	$\pm 1 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 1,2 \cdot 10^{-10}$ /ГОД	$\pm 2 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 2,4 \cdot 10^{-10}$ /ГОД	$\pm 2 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 2,4 \cdot 10^{-10}$ /ГОД	$\pm 2 \cdot 10^{-11}$ /мес $\pm 2,4 \cdot 10^{-10}$ /ГОД
Время прогрева до погрешности $\pm 1 \cdot 10^{-9}$	15 мин	15 мин	15 мин	15 мин	15 мин
Изменение частоты в диапазоне рабочих температур	$\pm 3,5 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50	$\pm 2 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50	$\pm 2 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +50	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ от 0 до +40	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ от +5 до +40
Питание Потребляемая мощность	+(22–28) В 12 Вт	+(22–28) В 18 Вт	+(22–28) В 18 Вт	~220В, 50Гц 60 ВА	~220В, 50Гц 60 ВА
Габаритные размеры, мм Масса, кг	52×80×110 0,7	78×87×158 1,2	78×87×158 1,2	255×170×310 6,5	480×44×305 7,0
Дополнительные функциональные возможности			Корректировка частоты по сигналу 1 с	Корректировка частоты по ГЛОНАСС/GPS	Корректировка частоты по ГЛОНАСС/GPS, измерение частотных характеристик сигналов

Малогобаритные рубидиевые стандарты частоты Ч1-1012, Ч1-1013 и Ч1-1014 предназначены для использования в качестве источника высокостабильного сигнала частотой 10 МГц в различных частотно-измерительных приборах и системах, системах навигации, радиотелеметрии, связи, тактовой сетевой синхронизации. Малые габариты, вес, потребляемая мощность делают возможным применение этих приборов в мобильных системах и комплексах. Модели имеют одинаковый набор радиотехнических блоков и различаются габаритными размерами и точками крепления. Квантовый дискриминатор стандарта частоты Ч1-1012 построен по схеме с интегральной ячейкой поглощения, выполняющей одновременно функции ячейки поглощения и ячейки-фильтра. В схемных решениях радиотехнических блоков реализованы оригинальные технические решения, позволившие, в конечном счете, создать миниатюрные РСЧ с метрологическими характеристиками на уровне лучших зарубежных аналогов.

Изделия Ч1-1011 и ЧК7-1011, выполненные в настольном варианте исполнения, предназначены для формирования и выдачи потребителю высокостабильных синусоидальных сигналов и импульсного сигнала с периодом следования 1 с, которые могут использоваться в качестве опорных сигналов в различных частотно-измерительных системах, в системах навигации, радиосвязи, в системах тактовой сетевой синхронизации.

Приборы Ч1-1011 и ЧК7-1011 выпускаются в различных модификациях. Модульная конструкция приборов позволяет легко выбрать нужную конфигурацию изделия, тем самым максимально удовлетворить пожелания заказчиков. Встроенные средства диагностики позволяют в реальном времени осуществлять контроль работоспособности и текущего состояния основных составных частей прибора на экране персонального компьютера (для прибора Ч1-1011) или на экране встроенного дисплея (для прибора ЧК7-1011). В варианте поставки с приемником СРНС появляется возможность в процессе работы проводить автоматическую корректировку частоты выходных сигналов прибора по сигналам ГЛОНАСС/GPS.

В состав прибора ЧК7-1011 входит частотный компаратор, который позволяет в полном объеме проводить анализ сигналов частоты: измерить относительное отклонение частоты от номинального значения, нестабильность частоты, определить характер флуктуаций частоты и определить источник нестабильности частоты сигнала.

Прибор формирует местную шкалу времени и выводит хронометрическую информацию на встроенный дисплей. Прибор может принимать хронометрическую информацию от спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS и использовать её для синхронизации местной шкалы времени. Прибор имеет два режима измерения отклонения формируемой шкалы времени: от шкалы времени встроенного приемника СРНС и от внешней шкалы времени. Применение вновь разработанного модуля синтезатора частоты в данном приборе позволяет потребителю получить сигнал с частотой от 100 Гц до 100 МГц с дискретностью 0,068 Гц и с высокой стабильностью рубидиевого стандарта частоты.

Все перечисленное выше делает прибор ЧК7-1011 уникальным измерительным прибором в области измерений частоты и времени, которому нет аналогов в мире.