

УДК 621.317.76

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ СЧВ-74

© Юшкова А.С., Жирнова Е.А.

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

e-mail: mais_mais@inbox.ru

Эталоны для измерения времени основываются на таких процессах, период которых постоянен с большой точностью. Долгое время единственным подобным процессом было вращение Земли вокруг своей оси, единица времени – секунда. Она определялась как $1/86400$ часть периода этого вращения. В современном мире в качестве эталона времени в 1 с международными соглашениями принят интервал времени, за который происходит 9192631770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. Квантово-механический первичный мировой эталон частоты и времени выполнен на основе прецизионного цезиевого дискриминатора – атомно-лучевой трубки. Фаза его колебаний периодически корректируется по результатам астрономических измерений, которые учитывают «звездное» время [1]. Вторичные эталоны, в свою очередь, синхронизируются с передаваемыми по каналам связи сигналами мирового эталона. Существует несколько возможных исполнений вторичных стандартов частоты: на основе водородных молекулярных генераторов, на основе цезиевых или рубидиевых квантовых дискриминаторов, на основе прецизионных кварцевых автогенераторов, снабженных средствами периодической синхронизации по первичному локальному эталону.

В качестве характеристик стандартов частоты указывают погрешность воспроизведения частоты от одного включения к другому за определенное время наблюдения T и погрешность установки частоты $\sigma_{уст}$ – относительное СКО (далее – среднеквадратическое отклонение) от частоты стандарта. Эта величина определяет количество разрядов номинала частоты, которые можно считать достоверными.

Чаще всего вторичные эталоны в процессе сравнения с эталоном более высокой точности подвергаются подстройке встроенного генератора, что позволяет установить номинальную частоту и компенсировать долговременную нестабильность частоты. В таблице приведены параметры некоторых моделей стандартов частоты.

Таблица. Параметры стандартов частоты

Тип генератора	Выходная частота	Нестабильность частоты $\sigma_{уст}$ за 1 с	Нестабильность частоты $\sigma_{уст}$ за 1 год	Тип средства измерения
Водородный генератор [2]	5; 10; 100 МГц	$5 \cdot 10^{-15}$	$4 \cdot 10^{-15}$	Ч1-1007
Цезиевый стандарт частоты	100 кГц; 1; 5; 10 МГц	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$8,5 \cdot 10^{-15}$	Cs4000
Рубидиевый стандарт частоты и времени [3]	1; 5; 10 МГц	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	FS 725
Прецизионный кварцевый генератор [4]	100 кГц; 1; 5 МГц	$1 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-11}$	СЧВ-74

Одним из примеров таких приборов можно назвать стандарт частоты и времени 74 (далее – СЧВ-74). Он предназначен для использования в качестве высокостабильного источника сигнала для поверки частотно-временной измерительной аппаратуры в условиях стационарных и подвижных поверочных органов, а также для хранения шкалы времени [2–4].

Главными достоинствами СЧВ-74 являются его технические характеристики и сравнительно небольшие габаритные размеры и вес (рис. 1):

– Номинальные значения частот выходных сигналов 5 МГц; 1 МГц; 100 кГц.

Относительная погрешность по частоте:

– среднеквадратическое относительное изменение частоты за одни сутки при $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ не более $\pm 3 \cdot 10^{-12}$;

– среднеквадратическое относительное отклонение частоты:

• за 1 с – не более $2 \cdot 10^{-9}$;

• за 10 с – не более $1,4 \cdot 10^{-11}$.

СЧВ-74 обеспечивает на выходе сигналы основной и вспомогательной шкал времени с параметрами:

– период следования: 1 с – основная шкала, 1 с или 0,1 с – вспомогательная;

– полярность сигналов положительная;

– длительность импульсов 10–20 мкс;

– длительность фронта $\leq 0,03$ мкс между уровнями 0,1–0,9;

– амплитуда импульса не менее 2,5 В на нагрузке 50 Ом.



Рис. Внешний вид СЧВ-74

В настоящее время существует большое разнообразие стандартов частоты и времени, главной задачей которых является генерация основных частот с высокой степенью точности, а составляющие гармоники этой основной частоты используются в качестве опорных точек. Высокая стабильность квантового стандарта частоты и времени объясняет их широкое распространение: они используются не только в метрологии и в измерительной технике, но и в навигации. Автоподстройка частоты позволяет СЧВ-74 хранить высокие показатели точности долгое время, что дает возможность при проведении поверки и калибровки получать высокоточные результаты.

Библиографический список

1. Белов Л.А. Радиотехника. Формирование стабильных частот и сигналов: учебник для бакалавриата и магистратуры М.: Юрайт, 2018. 242 с.
2. 40466-09 – Стандарты частоты и времени водородные. Описание типа.
3. 31222-06 – Стандарты частоты рубидиевые FS 725. Описание типа.
4. ЕЭ2.721.191 ТО – Техническое описание и инструкция по эксплуатации «Стандарт частоты и времени СЧВ-74».