

Кварцевые генераторы ГКД-01 со встроенным кварцевым датчиком температуры

Валерий Симонов (Москва)

В статье описан кварцевый генератор с малым энергопотреблением и высокой стабильностью частоты в широких интервалах температуры и времени. Генератор может использоваться как базовый элемент для хронометров и систем хронометрирования.

Кварцевые генераторы играют особую роль в устройствах связи. Они являются времязадающими элементами в электронных таймерах. Повышенной стабильности частоты выходного сигнала генератора можно добиться используя вакуумированные резонаторы толщинно-сдвиговых колебаний. Чтобы частота генератора мало зависела от температуры окружающей среды, кварцевые резонаторы изготавливают из кристаллических элементов термостабильных срезов, например, АТ или SC. Дополнительное повышение температурной стабильности достигается с помощью так называемой температурной компенсации. При этом управление частотой осуществляется реактивным элементом, например варикапом, по определённому алгоритму на основе данных, полученных от датчика температуры [1]. В качестве датчика температуры могут использоваться термометры, резисторы или полупроводниковые датчики. Однако такие аналоговые цепи коррекции температурных «уходов» частоты в значительной степени ухудшают долговременную стабильность генератора.

Более высокой стабильности удаётся достичь, если использовать в качестве датчика температуры кварцевый резонатор с повышенной температурной чувствительностью или одну из побочных мод колебаний, существ-

ующих в некоторых типах резонаторов (например, SC-среза) [2]. Однако последний способ сопряжён с проблемой разделения частот термочувствительной и термостабильной мод колебаний. Это приводит к чрезмерному усложнению электронной схемы и увеличению потребляемой мощности.

Была поставлена задача создания кварцевого генератора, являющегося базовым элементом для хронометров и систем хронометрирования с высокой стабильностью частоты в широких интервалах температуры и времени и с малым потреблением энергии.

Эта задача была решена благодаря тому, что в пьезокристаллическом генераторе, содержащем квазитермостабильный кварцевый генератор (ТСКГ) и термочувствительный кварцевый генератор (ТЧКГ), ТСКГ был реализован на прецизионном гармониковом резонаторе АТ- или SC-среза, а ТЧКГ – на термочувствительном микрокамертоне [3].

Использование в качестве датчика температуры генератора на микрокамертонном термочувствительном резонаторе позволило получить высокие технические характеристики устройства, что объясняется высокой кратковременной и долговременной стабильностью такого генератора. Средний температурный коэффициент частоты микрокамертонного ре-

зонатора составляет 50×10^{-6} ед./°С, а годовой дрейф не превышает величину $\pm 3 \times 10^{-6}$. Нетрудно подсчитать, к каким погрешностям термокомпенсации это может привести. В таблице представлены максимальные значения этих погрешностей. При этом предполагается, что частота ТЧКГ измеряется с точностью до 10^{-7} , а значения погрешностей соответствуют краям температурного диапазона, где крутизна температурной характеристики ТСКГ максимальна.

Пьезоэлементы термостабильного и термочувствительного резонаторов помещены каждый в свой корпус. Корпус термочувствительного резонатора имеет меньшие, чем корпус опорного резонатора, габариты и находится с ним в тепловом контакте. Благодаря этому поправки, определяемые по значениям частоты ТЧКГ, оказываются достаточно точными и увеличение динамической погрешности термокомпенсации из-за разнесённости резонаторов в пространстве незначительно.

После сборки генератора проводится операция градуировки его температурной характеристики. При этом через каждые $1...3^\circ\text{C}$ в рабочем диапазоне температур одновременно записываются значения частот ТСКГ и ТЧКГ с точностью до восьмого знака. Эти значения используются для расчёта градуировочной характеристики, которая имеет вид полинома третьей или четвёртой степени. Градуировочную характеристику заносят в паспорт генератора. Такая «подробная» градуировка в сочетании со стабильностью кварцевого датчика температуры позволяет получить высокую точность определения частоты ТСКГ (на уровне нескольких единиц восьмого знака) в любой точке диапазона температур.

На графике, показанном на рис. 1, для двух произвольно взятых генераторов приведена фактическая погрешность определения частоты тер-

Погрешности термокомпенсации, вызванные флуктуациями и дрейфом частоты ТЧКГ

Характеристика	Диапазон рабочих температур, °С		
	-20...60	-40...80	-60...100
Погрешность измерения частоты ТСКГ, вызванная кратковременной флуктуацией частоты ТЧКГ	$\pm 1 \times 10^{-9}$	$\pm 2 \times 10^{-9}$	$\pm 4 \times 10^{-9}$
Погрешность измерения частоты ТСКГ, вызванная долговременным дрейфом частоты ТЧКГ	$\pm 0,3 \times 10^{-7}$	$\pm 0,7 \times 10^{-7}$	$\pm 1,4 \times 10^{-7}$

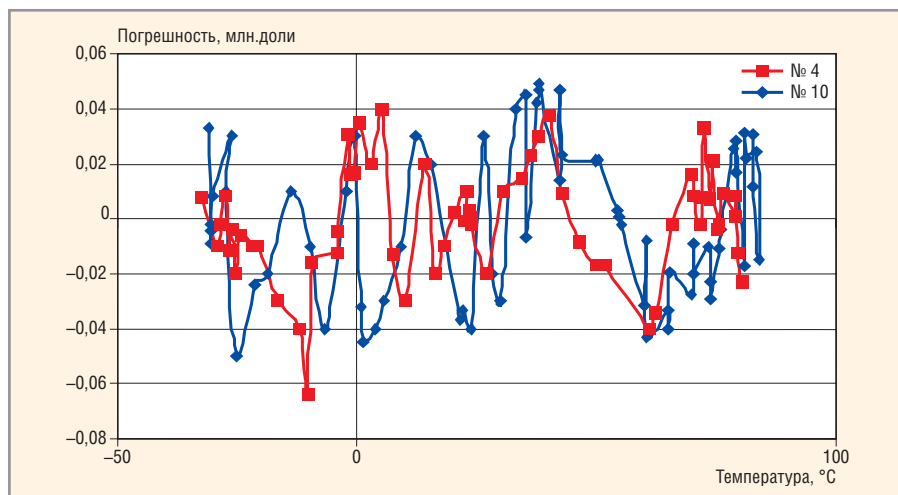


Рис. 1. Погрешность определения частоты ТСКГ по частоте ТЧКГ в температурном диапазоне

мостабильного сигнала генератора в диапазоне температур $-30...+80^{\circ}\text{C}$. По оси X этого графика отложена температура, а по оси Y – величина относительной погрешности, выраженная в миллионных долях. Эти данные получены на генераторах через неделю после их градуировки и не содержат составляющую временного дрейфа. Погрешность находится в пределах $\pm 5 \times 10^{-8}$ и является случайной величиной, вызванной такими факторами, как погрешность задания температуры при градуировке (основная составляющая), погрешность измерения частот выходных сигналов при градуировке и т.д.

К преимуществу предлагаемых генераторов по сравнению с аналогами относится малое потребление электрической мощности наряду с высокой стабильностью задаваемых временных интервалов, величину которых можно вычислить с погрешностью на уровне нескольких единиц восьмого знака и учесть при формировании сигнала хронирования.

Генератор не содержит в своём корпусе схему цифровой термокомпенсации. При этом подразумевается,

что потребитель может реализовать её с использованием тех элементов цифровых (микропроцессорных) устройств, которые, как правило, уже имеются в его системе. Применение низкочастотного микрокамертонного термочувствительного резонатора упрощает передачу сигнала с термодатчика на схему обработки сигнала без искажений и вызываемых этими искажениями погрешностей термокомпенсации, что является дополнительным преимуществом описываемого устройства.

Генераторы ГКД-01 освоены серийным производством и успешно используются в автономных донных сейсмических станциях. Внешний вид генератора приведён на рис. 2.

Технические характеристики генератора:

Номинальное значение частоты выходного сигнала ТСКГ5...15 МГц
Точность настройки частоты ТСКГ (по заказу точность настройки может быть повышена) $\pm 10 \times 10^{-6}$
Частота выходного сигнала ТЧКГ32 600...32 800 Гц
Температурный коэффициент частоты ТЧКГ $-1,8...-2,2 \text{ Гц}/^{\circ}\text{C}$

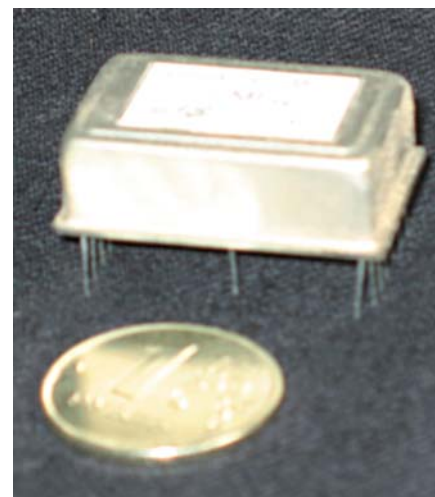


Рис. 2. Внешний вид генератора

Диапазон рабочих температур

любой в интервале $-60...+100^{\circ}\text{C}$

Старение ТСКГ за год (после 30 дней непрерывной работы) 5×10^{-8}

Старение ТЧКГ за год, не более $\pm 3 \times 10^{-6}$

Напряжение питания $5 \pm 0,05 \text{ В}$ при токе потребления не более6 мА

Амплитуда выходных сигналов

ТСКГне менее 2 В

ТЧКГне менее 1,5 В

Размеры КГ, не более $25 \times 15 \times 10 \text{ мм}$

Температурная зависимость частоты ТСКГ от частоты ТЧКГ с точностью до 5×10^{-8} записывается в паспорт КГ в виде коэффициентов полинома или таблицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shuji Shibuya; Hisato Takeuchi; Junichi Matsuura; Yuichi Tateyama; Takabaru Saeki. Function generator, crystal oscillation device and method of adjusting crystal oscillation device. Pat. USA 6292066. Sept. 18, 2001.
2. Schodowski Resonator Self-Temperature-Sensing Using a Dual-Harmonic-Mode Crystal Oscillator. 43 Annual Symp. on Frequency Control. 1989. PP. 2-7.
3. Симонов В.Н. Пьезокристаллический генератор. Патент РФ № 2277292. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Модуль контроллера с Wi-Fi и ZigBee

Фирма Rabbit предлагает две беспроводные технологии, которые интегрированы в RabbitCore-модули. RCM4400W является Core-модулем на базе Wi-Fi/802.11. Модуль RCM4510W на базе ZigBee/802.15.4 открывает ZigBee-рынок для сенсорных сетей с малым потреблением тока. Потребителям предоставляется выбор между проводным Ethernet, беспроводным Ethernet/Wi-Fi или

беспроводным ZigBee/802.15.4. RCM4400W позволяет подключение по Wi-Fi/802.11 и базируется на микропроцессоре Rabbit 4000 с тактовой частотой 58,98 МГц. К характеристикам относится до 35 GPIO-подключений с 6 последовательными портами, Hardware-DMA, квадратурный декодер, ШИМ и до 4 уровней альтернативных Pin-функций. RCM4400W может эксплуатироваться при температуре $-20...+85^{\circ}\text{C}$. У RCM4510W подключение осуществляется

через ZigBee/802.15.4 и используется Max-Stream-технология, причём в RabbitCore-решении содержится ZigBee-модуль Xbee серии 2. К характеристикам относится до 49 GPIO-подключений с 6 последовательными портами и 4 аналоговыми входными каналами, Hardware-DMA, квадратурный декодер, ШИМ и до 4 уровней альтернативных Pin-функций. RCM4510W может эксплуатироваться при температуре $-40...+85^{\circ}\text{C}$.

www.rabbit.com