

УДК 621. 396

DOI:10.36815/2073-8250-2020-258-3-72-76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ, ОСНОВАННОЙ НА ЭФФЕКТЕ ПЕЛЬТЬЕ, – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫСОКОЙ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ КВАРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА

А.П. Зверев, В.А. Зверев

*Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов
Московская обл., 141002, г. Мытищи, ул. Колпакова, д. 2а*

В статье приведена электрическая схема, позволяющая производить измерения температуры кварца генератора. Используемое в ней сопротивление позволяет производить калибровку датчика температуры путём регулировки тока за счёт изменения сопротивления. Данный эффект позволяет уменьшить уход частоты кварцевого генератора.

Ключевые слова: *эффект Пельтье, операционный усилитель, стабилизация частоты, диапазоны температур, кварцевый резонатор, термостабилизация*

Сведения об авторах: *Зверев Алексей Петрович, к.т.н., moizver62@mail.ru; Зверев Владислав Алексеевич*

SEMICONDUCTOR THERMOELECTRIC BATTERY BASED ON PELTIER EFFECT AS A METHOD TO MAINTAIN THERMAL STABILITY OF A CRYSTAL OSCILLATOR

A.P. Zverev, V.A. Zverev

*Mytishchinskiy nauchno-issledovatel'skiy institut radioizmeritel'nykh priborov, FSUE
141002, Moscow region, Mytishi, Kolpakova str., 2a*

In this paper we present an electrical circuit suitable for temperature measurements of the crystal in the crystal oscillator. The resistance of this circuit can be changed to calibrate the temperature sensor by adjusting the current. This effect can be used to reduce the frequency drift of the oscillator.

Keywords: *the Peltier effect, operational amplifier, frequency stabilization, temperature range, quartz-crystal resonator, thermal stabilization*

Data on Authors: *Aleksey Petrovich Zverev, Ph.D., moizver62@mail.ru; Vladislav Alekseevich Zverev*

Высокостабильные автогенераторы, в которых используют кварцевые резонаторы, находят широкое применение в самых различных областях техники: в устройствах генерирования и формирования радиосигналов, в телекоммуникационных и навигационных системах, в космической технике, в системах сбора и обработки информации, в устройствах мобильной связи и др. К кварцевым генераторам при использовании их в навигационном оборудовании и космической аппаратуре предъявляются высокие требования по стабильности частоты в широком диапазоне температур, по массогабаритным характеристикам, по энергопотреблению [1, 2, 3, 4].

Обеспечение высокой стабильности частоты в широком диапазоне температур в генераторах осуществляется двумя способами: построением схемы генератора на термокомпенсируемых элементах; помещением его в термостабильные условия, то есть созданием генератора с термостатированием [1, 2].

Создание генераторов с термокомпенсацией в широком диапазоне температур – очень сложная и трудоёмкая задача, поэтому наряду с кварцевыми резонаторами и конструкцией термостабилизирующей камеры большое значение имеет применяемая схема термостата, так как термостабильные кварцевые генераторы должны

обеспечивать высокую стабильность частоты, в том числе и в критических условиях эксплуатации, а следовательно, и в широком диапазоне температур.

В последнее время совершенствование радиоаппаратуры требует постоянного совершенствования термостатированных генераторов, практически не допускающих нарушения стабильности частоты.

Полученные в настоящее время достижения в области проектирования термокомпенсированных кварцевых генераторов с резонаторами позволяют реализовать температурную стабильность частоты порядка $\Delta f/f = (1 \dots 5) \cdot 10^{-7}$ в диапазоне температур от минус 60 °С до плюс 85 °С [1, 3].

Температурная стабильность частоты в большой степени зависит как от точности поддержания температуры в термостате регулятором температуры, так и от конструкции самого термостата. Рассмотрим процесс поддержания температуры внутри кварца.

Схема управления температурой в термостатированных генераторах отображена на рис. 1.

Схема управления состоит из датчика температуры (ДТ), усилителя, который выдаёт команду на поддержание определённой температуры в термостате, и самого нагревателя.

Так, в системах стабилизации в качестве нагревателя используются резистор или

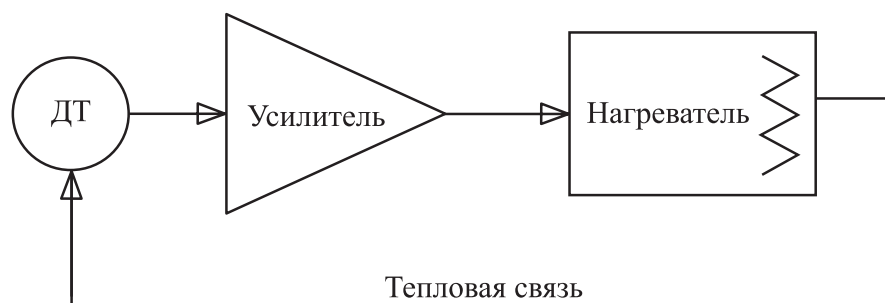


Рис. 1

Схема управления температурой, где ДТ – датчик температуры

транзистор. Данное техническое решение позволяет поддерживать температуру в области положительных значений.

Однако вышеуказанные технические решения не всегда точно обеспечивают высокую скорость достижения необходимой температуры термостата. С целью минимизации времени термостатирования предлагается использовать в качестве термостатирующего элемента два полупроводника, соединённых вместе.

Особенность данных полупроводников состоит в том, что они обеспечивают реализацию эффекта Пельтье.

Суть эффекта Пельтье состоит в следующем: при протекании электрического тока в цепи, состоящей из разнородных проводников, в местах контактов (спаях) проводников в зависимости от направления тока поглощается или выделяется тепло. Выделенное или поглощённое тепло пропорционально полному заряду, прошедшему через спай, и равно произведению силы тока на время. Количество выделенного тепла или охлаждения будут зависеть от типов применяемых полупроводников. При определённом подборе полупроводников

возможно добиться выделения энергии до 50 Дж в секунду.

Достоинства эффекта Пельтье состоят в следующем: во-первых, полупроводники имеют сравнительно небольшие габаритные размеры; во-вторых, они способны работать как на нагревание, так и на охлаждение; в-третьих, они не имеют движущихся частей, что практически не позволит достигать износа в процессе эксплуатации; в-четвёртых, потребляют незначительное количество энергии.

В качестве исследуемого был взят кварцевый генератор «Гиацинт». При этом все элементы крепления были выбраны с низкой теплопроводностью.

Для уменьшения теплового сопротивления между соприкасающимися элементами наносится теплопроводящая паста КПТ-8. В генераторе отключается система термостатирования. В качестве датчика температуры корпуса используется терморезистор, закреплённый на корпусе генератора, ранее используемый в системе термостатирования для определения температуры генератора.

На рис. 2 приведена схема измерения

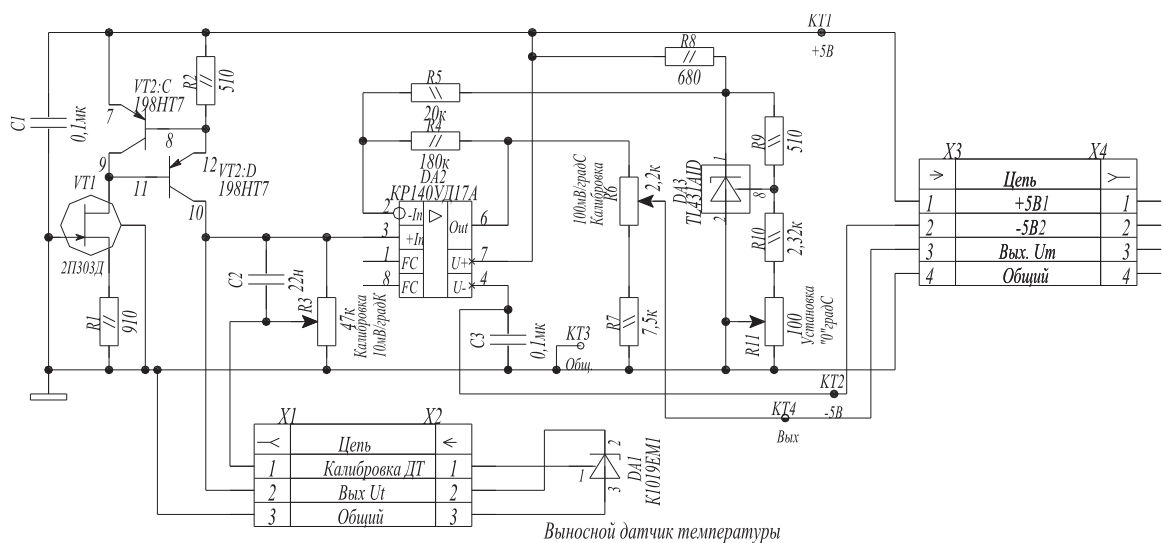


Рис. 2

Схема термодатчика измерения температуры

температуры генератора. Она построена на операционном усилителе КР140УД17А, датчике температуры К1019ЕМ1, источнике опорного напряжения 78L05, генераторе тока на транзисторах 198НТ7, подстроечном резисторе R4. Обеспечение калибровки датчика температуры производится сопротивлением R8, которое осуществляет коррекцию нуля.

Схема работает следующим образом: задаём ток 1 мА и производим калибровку датчика температуры (10 мВ/°С), на выходе которого напряжение поступает на вход микросхемы КР 140УД17А, где происходит масштабирование и привязка к нулю шкалы температуры с выходов операционного усилителя КР 140 УД17А на выходное устройство индикации цифровой вольтметр. Далее изменяя сопротивление R4, получаем изменение выходного напряжения пропорционально 10 мВ/°С. Путём регулировки сопротивления R8 устанавливаем выходное напряжение на контактах КТ – 30 В при температуре 0 °С. Используя эталонный термометр, добиваемся калибровки датчика DA1 в двух точках – при температуре 0 °С и 30 °С. Регулируя ток,

через элементы устанавливаем заданную температуру, измеряемую датчиком.

Определение зависимости частоты кварцевого резонатора от температуры показано на рис. 3.

В результате исследования кварцевого генератора на частоте 5 МГц были получены следующие значения частоты кварцевого резонатора. Температура измерялась в пределах от 14,44 °С до 22,66 °С, при этом частота составляла 5000000,150 Гц и 5000000,120 Гц соответственно. Данные отклонения частоты являются величиной незначительной. Заслуживает внимания тот факт, что время выхода на режим кварцевого генератора сокращается примерно на 14-17 %.

В результате использования данной установки при исследовании кварцевого генератора на частоте 5 МГц был получен график времени выхода генератора на заданную частоту (рис. 4).

Следовательно, если в обратной связи поставить термоэлемент, настроенный на определённую температуру и имеющий пределы регулирования 0,5 °С, то возможно сократить выход на режим термостабилизации примерно на 25 % быстрее.

График зависимости частоты кварцевого генератора от температуры

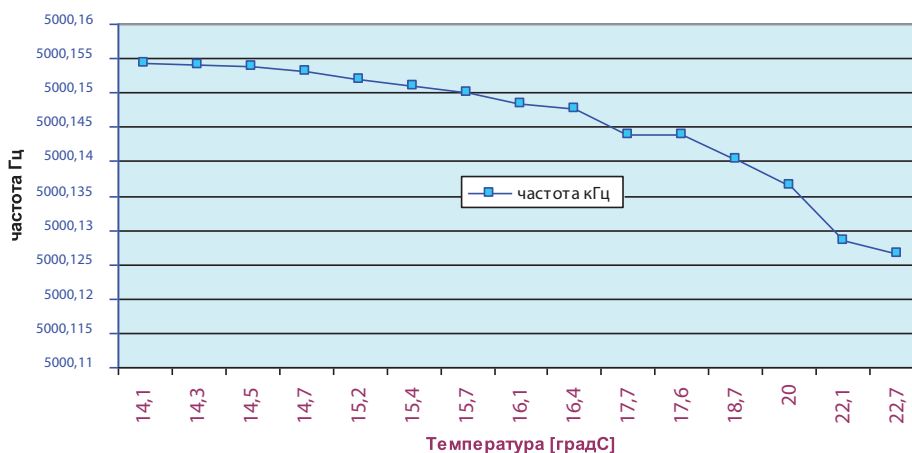


Рис. 3

График зависимости частоты кварцевого генератора от температуры

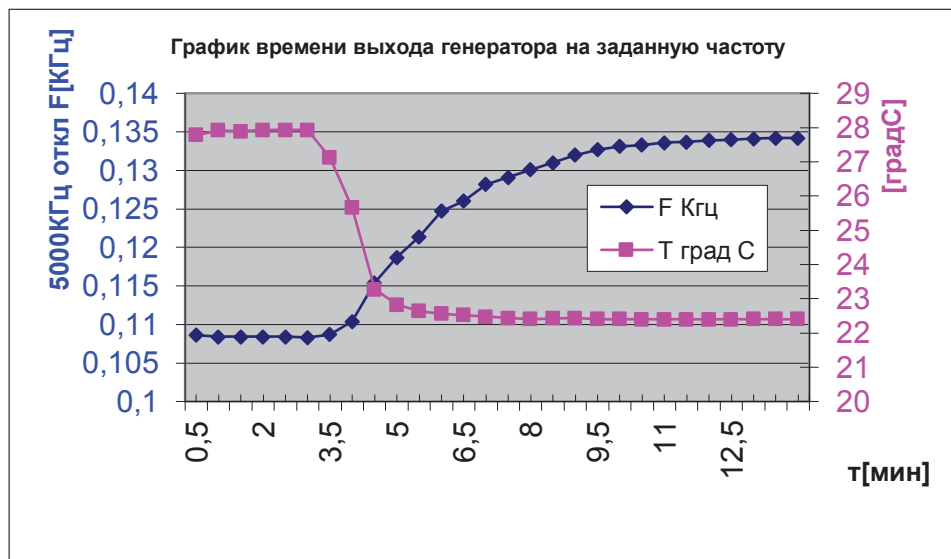


Рис. 4

График времени выхода генератора на заданную частоту

Таким образом, используя эффект элемента Пельтье, возможно сократить время выхода в режим заданной частоты в пределах 4,5 минут и улучшить относительную

нестабильность частоты кварцевого генератора, что особенно важно в холодное время для техники связи, а также для использования данной техники в условиях Арктики.

Литература

1. Альтшуллер, Г.Б. Кварцевые резонаторы / Г. Б. Альтшуллер, Н.Н. Елфимов, В.Г. Шакулин // М.: Радио и связь. – 1984. – 232 с.
2. Альтшуллер, Г.Б. Цифровая компенсация температурной нестабильности частоты кварцевых генераторов / Г.Б. Альтшуллер, Н.Н. Елфимов, В.Л. Завьялов // Техника средств связи. Сер. ТРС. – 1981. – Вып. 7. – С. 139-145.
3. Альтшуллер, Г.Б. Управление частотой кварцевых генераторов / Г.Б. Альтшуллер // М.: Радио и связь. – 1980. – 132 с.
4. Пат. №2265274 Российская Федерация, МПК Н03В 5/32 (2000.01). Устройство для стабилизации частоты / Дикиджи А.Н., Безматерных Г.В., Косых А.В., Зинаков С.В.; заявитель и патентообладатель ФГУП Омский НИИ приборостроения. – 2004104500/09 заявл. 16.02.20; опубл. 27.11.2005.

References

1. Altshuller G. B., Elfimov N. N., Shakulin V. G. Kvaritseviye rezonatory [Crystal oscillators], Moscow, Radio i Svyaz', 1984, 232 p.
2. Altshuller G. B., Elfimov N. N., Zavyalov V. L. Tsifrovaya kompensatsiya temperaturnoy nestabil'nosti chastoty kvartsevykh generatorov [Digital compensation of thermal instability of crystal oscillator frequency]. Tekhnika sredstv svyazi, 1981, iss, 7, pp. 139-145.
3. Alshuller G. B. Upravleniye chastotoy kvartsevykh generatorov [Frequency control of crystal oscillators]. Moscow, Radio i svyaz, 1980, 132 p.
4. Dikidzhi A. N., Bezmaternykh G. V., Kosykh A. V., Zinakov S. V. Ustroystvo dlya stabilizatsii chastoty [Frequency stabilization device] Patent of the Russian Federation no. 2265274 (2005).