

УДК 621.373.1

А.В. КЛЕПІКОВСЬКИЙ

Буковинський державний медичний університет, м.Чернівці

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СПОСОБУ АКТИВНОГО ТЕРМОСТАТУВАННЯ ІЗ ПЕРЕДБАЧЕННЯМ

В роботі представлено розробку алгоритму активного термостатування кварцових генераторів частоти. Реалізація активного термостатування передбачає охолодження та підігрів внутрішнього об'єму кварцового резонатора. Запропоновано використовувати активний алгоритм термостатування із передбаченням внутрішньої температури мікроелектронного модуля.

Ключові слова: кварцовий резонатор, термостат, охолодження, нагрів.

A.V. KLEPIKOVSKYY

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi

DEVELOPING AN ALGORITHM METHOD OF ACTIVE TEMPERATURE CONTROL USING PREDICTIVE

This paper presents the development of active temperature control algorithm crystal oscillator frequency. Implementation of active temperature control provides cooling and heating of the internal volume of the quartz crystal. A use active temperature control algorithm using predictive internal temperature microelectronic module. To further improve the algorithm of active thermal control system using predictive necessary to control not only power consumption but also the temperature on the outer surface of the shell and the output frequency. The proposed method thermostatic quartz resonance systems based on monitoring the dynamics of current resonator and using semiconductor thermoelectric Peltier modules, which allows to significantly reduce system impedance of incubation.

Keywords: crystal, thermostat, cooling and heating.

Відомо різноманітні методи та способи підтримання стабільності роботи кварцових резонаторів частоти [1-2]. До них відносяться методи і схемо-технічні, і конструкторські способи. Найбільш частото застосовувемими є методи термостатування [3-4]. Основна частина існуючих методів термостатування ґрунтується на «однапраленому» температурному впливі (підігрів чи охолодження) або використанні термоінертних засобів, що значно знижують вплив різких перепадів температури навколишнього простору. Такі підходи дають змогу значно знизити температурну нестабільність резонаторів, проте задачу термостатування в умовах різких перепадів зовнішньої температури не вирішують. Актуальною залишається і проблема оперативного контролю температури п'єзокристалу, оскільки не всім зрізам кристалів притаманна наявність термочутливих мод, а розміщення термодатчиків на їх поверхні в принципі неможливе [5-6].

Підвищення ефективності роботи системи термостатування можна шляхом застосування як охолодження так і підігріву об'єму кварцового резонатора, а також передбачення зміни його внутрішньої енергії [7]. Для створення системи активного термостатування із передбаченням необхідно розробити алгоритм за яким дана система буде працювати.

Відповідно до [7] прискорення відводу тепла можна робити за рахунок збільшення різниці температури $t_c^I - t_c^{II}$. І саме в той час коли температура тільки починає підвищуватись в середині корпусу, необхідно зменшувати температуру на його зовнішній поверхні. Тоді можна досягнути постійності відводу надлишкового тепла $W = const$.

В загальному алгоритм роботи системи термостатування повинен складатись із двох блоків. А саме із блоку виходу на режим стабільний режим роботи і блок підтримання стабільного режиму роботи термостатування.

Для розробки алгоритму визначимо ряд вхідних змінних та вихідних параметрів які будуть забезпечувати стабільну роботу алгоритму. До вхідних змінних відносяться:

- струм, що протікає через кристал кварцового резонатора I_{\max} ;
- зовнішня температура корпусу кварцового резонатора $T_{\text{зовн.}}$;
- точність підтримання температури кварцового резонатора ΔT .

Вихідними параметрами є:

- зміна температури термостатування корпусу кварцового резонатора.

Отже, можна запропонувати наступний етапи роботи термостатуючої системи для забезпечення стабільності частоти синтезаторів та генераторів частот:

- 1) вимірюємо температури на зовнішній поверхні корпусу, яка відповідає температурі кристалу кварцового резонатора;
- 2) змінюючи температуру всередині корпусу термостату шляхом нагріву чи охолодження, досягаємо необхідного значення температури корпусу кварцового резонатора, а отже і кристалу;
- 3) підключаємо навантаження до синтезатора чи генератора частоти;
- 4) вимірюємо зміну струму споживання у колі кварцового резонатора за невеликій проміжок часу;
- 5) вимірюємо температуру на поверхні корпусу кварцового резонатора;

- 6) розраховуємо зміну температури в середині корпусу;
- 7) формуємо сигнали на зміну зовнішньої температури корпусу для досягнення постійності різниці температур на зовнішній та внутрішній поверхнях корпусу.
- 8) Повертаємось до пункту 4).

Пункти 1-3 запропонованого алгоритму відносяться до етапі виходу на стаціонарний режим. Пункти 4-8 відносяться до роботи пристрою у стаціонарному режимі. Для забезпечення виходу на стаціонарний режим необхідно деталізувати пункти 1-3 запропонованого алгоритму. Для виходу на стаціонарний режим підтримання постійної температури необхідно підігрівати або охолоджувати корпус резонатора. Для визначення напрямку зміни температури можна порівнювати зовнішню температуру корпусу ($T_{зовн}$) та температуру статкування ($T_{стат}$). Якщо температура корпусу більша за температуру статкування, то необхідно включати режим підігріву. Якщо температура корпусу менша за температуру статкування, то необхідно включати режим охолодження. Рекомендується вибирати робочу температур устаткування більшою з температури навколишнього середовища, для зменшення енергетичних витрат на охолодження, тому як енергетичні витрати на підігрів в три рази нижчі ніж на охолодження. Закінчення етапу виходу на стаціонарний режим відбувається коли модуль різниці температур корпусу ($T_{зовн}$) та статкування ($T_{стат}$) не буде перевищувати деяке значення ΔT , яке буде відповідати похибці встановлення температури.

На рис. 1 наведено блок-схему алгоритму етапу виходу на стаціонарний режим.

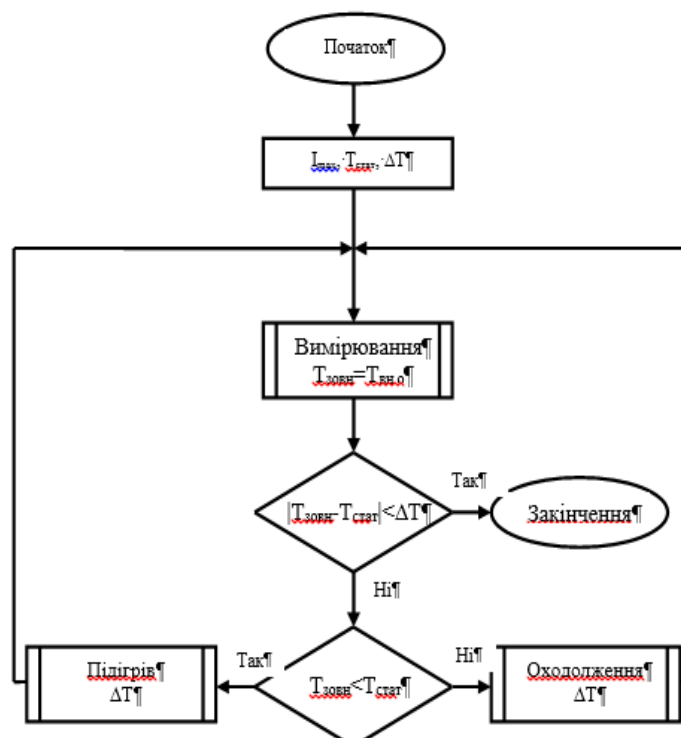


Рис. 1 Блок-схема алгоритму етапу виходу на стаціонарний режим

Особливістю даного алгоритму є те, що перевірка модуля різниці температур відбувається до початку перевірки зовнішньої температури та температури статкування. Таким чином, усувається можливість зайвого кроку роботи програми за якою буде відбуватись вихід на режим роботи пристрою термостаткування.

Етап алгоритму стаціонарної роботи пристрою термостаткування працює за алгоритмом нескінченного циклу. В середині циклу виконується лінійний алгоритм, який відповідає наведеним вище пунктам. На рис. 2 наведено блок-схему алгоритму стаціонарного режиму роботи пристрою термостаткування із передбаченням.

Підпрограми вимірювання струму та температури відповідають класичним методам вимірювання, які забезпечують необхідну точність та швидкодію. Внаслідок малої швидкості процесів нагріву, охолодження та теплопередачі, швидкодія методів вимірювання може буди невеликою. Тому як струм який протікає через кварцовий резонатор є незначним, одиниці чи десятки мікроампер, а точність підтримання температури необхідно забезпечити не гірше 0,03 °C, то це висуває особливі вимоги до вимірювальних здавачів та методів та засобів вимірювання.

Потрібно розробити пристрій термостаткування, що автоматично підтримував температуру генератора або синтезатора частоти на постійному рівні із малою нестабільністю температури, а отже і частоти. Запропоновані раніше структурні схеми [7] показують принцип побудови системи термостаткування кварцового генератора частоти. Проте застосування аналогових елементів при розробці високоточних схем автоматичного керування на сучасному етапі розвитку техніки є невиправданим. Доцільним є розробка

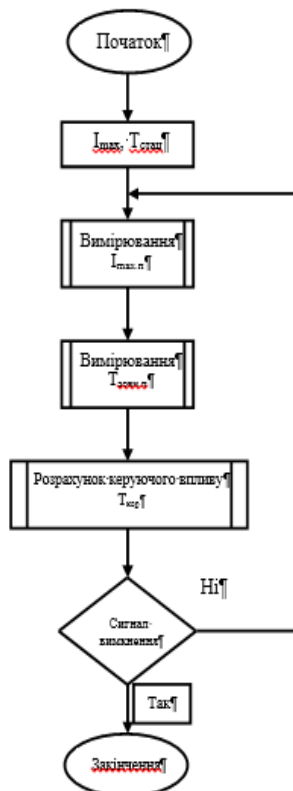


Рис. 2 Блок-схема алгоритму стаціонарного режиму роботи пристрою термостатування із передбаченням

перетворювача, аналоговий вихід якого до входу напівпровідникового термостатуючого елемента.

Для визначення величини сигналів нагріву чи охолодження визначається приріст струму за деякій проміжок часу. Знаходячи різницю струму і підсилюючи відповідно до [7], формується сигнал зміни внутрішньої температури кристалу резонатора чи генератора. Давач температури вимірює зовнішню температуру корпусу кварцового резонатора або генератора. Сигнал на виході давача температури пропорційний температурам навколишнього повітря, сигналу напівпровідникового термостатуючого елемента, впливів температур від інших електрорадіоелементів розташованих в середині корпусу радіоелектронного пристрою. Сигнали з підсилювачі від давача струму та з давача температури додаються і формується сигнал на охолодження чи нагрівання напівпровідникового термостатуючого елемента. Стабілізація температури кристалу на постійному рівні дозволяє стабілізувати вихідну частоту синтезатора частоти чи генератора.

Для подальшого покращення алгоритму активної системи термостатування із передбаченням необхідно контролювати не тільки струм споживання, але і температуру на зовнішній поверхні корпусу та вихідну частоту. Запропонований метод термостатування кварцових резонансних систем на основі контролю динаміки струму резонатора і використанням напівпровідникових термоелектричних модулів Пельтьє, що дає змогу значно знизити імпеданс системи термостатування.

системи автоматичної системи термостатування із передбаченням. Основною перевагою даної системи є використання обчислювального пристрою який відповідно до вхідних сигналів розраховував би необхідні керуючі впливи нагрівання чи охолодження термостатуючого елемента. Мікроконтролерний пристрій повинен автоматично знімати показання струму споживання кварцового резонатора та генератора частоти, температури зовнішньої поверхні корпусу, проводити розрахунки необхідної зміни температури елемента термостатування та керувати нагріванням чи охолодженням.

Узагальнена структурна схема мікроконтролерної термостатуючої системи із передбаченням з додатковим елементом – здавачем температури може бути представлена наступним чином (Рис. 3).

Дана структурна схема складається з наступних елементів: синтезатору частот (кварцового генератора частоти, кварцового резонатора), блоку живлення, давача струму, давача температури, комутатора сигналів, аналого-цифрового мікроконтролерного обчислювального пристрою, підсилювача, напівпровідникового термостатуючого елемента. Синтезатор частот підключено до блоку живлення через давач струму. Вихід синтезатора частоти підключається до зовнішніх пристроїв. Сигнал з давача струму подається на комутатор аналогових сигналів. Давач температури розміщено на зовнішній поверхні кварцового резонатора та генератора, вихід якого підключено до другого входу комутатора сигналів. Вихід комутатора підключено до входу аналого-цифрового перетворювача, цифрові виходи якого підключено до вхідного порта мікроконтролерного обчислювального пристрою. Вихідний порт обчислювального пристрою підключено до цифрових входів цифро-аналогового пристрою підключено до входу підсилювача. Вихід підсилювача підключено

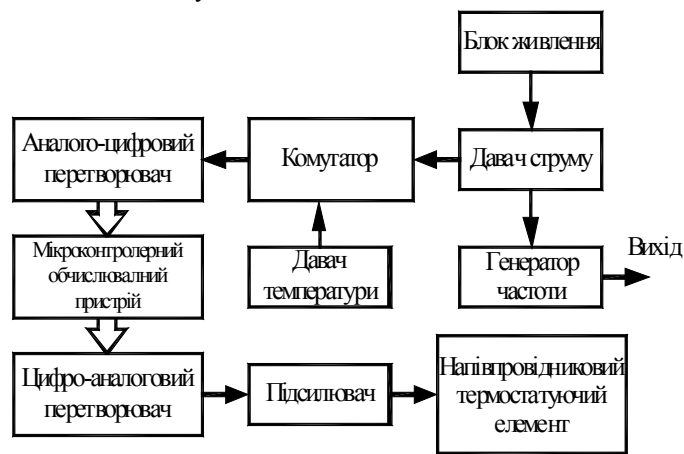


Рис. 3. Структурна схема мікроконтролерної активної термостатуючої системи із передбаченням з здавачем температури

Література

1. Кравченко А.В., Плаксин С.В., Соколовский И.И. Активное термостатирование полупроводниковых СВЧ-генераторов// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2005, №3, С.63-64.

2. Хоменко И.В. Терморегулятор термостатированного генератора и способ настройки данного терморегулятора. Патент России №2463700, 20.04.2011, Опубл. 10.10.2012, Бюл. №28.
3. Закс Д. И. Параметры теплового режима микросхем.– М.: Радио и связь. 1983.–176 с.
4. Конструкции корпусов и тепловые свойства полупроводниковых приборов/Под общ. ред. Н.Н.Горюнова.– М.:Энергия, 1972–120 с.
5. Сергеев В.А., Горюнов Н.Н., Широков А.А. Измерение параметров теплоэлектрической модели мощных полупроводниковых приборов.– Электронная техника, сер. 8, вып. 6., 1982.– с.40-41.
6. Сергеев В.А., Васильев А.Н. Умножитель частоты инфранизкочастотных сигналов на терморезисторе. Тезисы докладов II ежегодной школы семинара «Актуальные проблемы физической и функциональной электроники» –Ульяновск, УлГТУ, 1999 –с.37-38.
7. Клепиковський А.В. Стабілізація частоти напівпровідниковими термостатуючими елементами / А.В. Клепиковський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013, № 1 (197). – С. 144-147.

References

1. Kravchenko A.V., Plaksin S.V., Sokolovskiy I.I. Aktivnoe termostatirovanie poluprovodnikovyyh SVCh-generatorov// Tehnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature, 2005, #3, S.63-64.
2. Homenko I.V. Termoregulyator termostatirovannogo generatora i sposob nastroyki dannogo termoregulyatora. Patent Rossii #2463700, 20.04.2011, Opubl. 10.10.2012, Byul. #28.
3. Zaks D. I. Parametryi teplovogo rezhima mikroshem.– М.: Radio i svyaz. 1983.–176 s.
4. Konstruktsii korpusov i teplovyie svoystva poluprovodnikovyyh priborov/Pod obsch. red. N.N.Goryunova.– М.:Energiya, 1972–120 s.
5. Sergeev V.A., Goryunov N.N., Shirokov A.A. Izmerenie parametrov teploelektricheskoy modeli moschnyyh poluprovodnikovyyh priborov.– Elektronnyaya tehnika, ser. 8, vyip. 6., 1982.– s.40-41.
6. Sergeev V.A., Vasilev A.N. Umnozhitel chastoty infranizkochastotnykh signalov na termorezistore. Tezisyi dokladov II ezhegodnoy shkolyi seminar «Aktualnyie problemyi fizicheskoy i funktsionalnoy elektroniki» –Ulyanovsk, UIGTU, 1999 –s.37-38.
7. Kleplkovskiy A.V. Stablilzatsiya chastoty naplvprovldnikovimi termostatuyuchimi elementami / A.V. Kleplkovskiy // VIsnik Hmelnitskogo natsionalnogo unlvrsitetu. – 2013, # 1 (197). – S. 144-147.

Рецензія/Peer review : 14.8.2014 р.

Надрукована/Printed :1.10.2014 р.
Рецензент: к.т.н., доцент В.Р. Любчик