

## ТЕРМОСТАТУВАННЯ ЧАСТОТИ КВАРЦОВОГО РЕЗОНАТОРА ІЗ ПЕРЕДБАЧЕННЯМ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ

*Клепиковський А. В.*

*Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна*

Системи контролю температури, які застосовують для термостатування різноманітних радіоелектронних пристроїв має ряд дестабілізуючих факторів. Огляди цих системи можна виділити декілька основних вузлів: об'єкт, давач температури, система автоматичного регулювання і прийняття рішень, блок активної компенсації температури, теплообмінна система [1, 2]. При застосуванні таких систем, коли наперед встановлене значення температури порівнюється із вимірним, виникає деякий гістерезис у температурах при прийнятті рішень. Це призводить до виникнення явища биття і резонансу температур. Що є неприпустимим при термостатуванні об'єктів чутливих до зміни температури. До таких об'єктів можна віднести і кварцові резонатори, у яких при зміні температури на одиниці градусів можливі зміни частоти резонансу на 1 – 10 ppm в залежності від типу резонатора [3 – 4]

Аналіз даного виразу дозволяє зробити наступні висновки. Зміна струму, що протікає через кристал кварцового резонатора призводить до зміни його температури. Миттєва зміна струму призводить до поступового підвищення температури. Тому можна використовувати значення струму для визначення зміни температури резонатора, а і для визначення необхідних температурних режимів активної системи термостатування, які забезпечать постійне значення тепловідведення.

Розглядаючи процес само розігріву кристалу кварцового резонатора та теплопередачі теплової потужності назовні та розв'язуючи спільне рівняння відносно приросту температури, отримано залежність зміни температури при протіканні струму:

$$\Delta T = -R_{T_0} i_{\max}^2 x (2 + \cos(\omega t))^2 (R_{T_0} i_{\max}^2 x T K C (2 + \cos(\omega t))^2 - 4 \lambda s). \quad (1)$$

Проінтегрувавши отриманий вираз по часу в межах від 0 до t:

$$T = -\frac{R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x}{\omega} \cdot (16 \cdot R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x \cdot T K C \cdot \omega \cdot t - 32 \cdot R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x \cdot T K C \cdot \sin(\omega t) + 6 \cdot R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x \cdot T K C \cdot (\sin(2\omega t) + 2\omega t) - 16 \lambda s \omega t - \frac{8}{3} \cdot R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x \cdot T K C \cdot \sin(\omega t) \times (2) \\ \times (\cos^2(\omega t) + 1) + 16 \lambda s \cdot \sin(\omega t) + R_{T_0} \cdot i_{\max}^2 \cdot x \cdot T K C \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \cos^3(\omega t) \cdot \sin(\omega t) + \frac{3}{8} \cdot \cos(\omega t) \cdot \sin(\omega t) + \frac{3}{8} \cdot \omega t\right) - \lambda s (\sin(2\omega t) + 2\omega t))$$

Вираз для знаходження частоти від струму наступний:

$$f(T) = a_1(T_0 - T) + a_3(T_0 - T)^3. \quad (3)$$

Якщо з отриманого виразу (2) з урахуванням (1) знайти струм, отримуємо вираз який дозволить знайти припустиме значення струму при якому буде забезпечуватись припустима нестабільність частоти кварцового резонатора:

$$i_{\max} = \pm \frac{Rxta_3k\sqrt{-12^{1/3}k^2 + a_1a_312^{2/3} + 6a_3T_0ks\lambda}}{Rxta_3k}, \quad (4)$$

$$\text{де } k = \left( \left( 9\Delta f + \sqrt{3} \sqrt{\frac{4a_1^3 + 27\Delta f^2 a_3}{a_3}} \right) a_3^2 \right)^{1/3}.$$

Даний вираз (4) дозволяє знайти значення струму через кварцовий резонатор при заданих фізичних і частотних параметрах.

Застосування виразів (1) та (3) дозволяє передбачати зміни температури та встановлювати значення термостатування наперед, з метою недопущення перегріву кварцового резонатора, а отже і неприпустимого уходу частоти від заданого. З іншого боку використання виразу (2) дозволяє визначати значення частоти від значення струму що протікає через кварцовий резонатор, що в свою чергу дозволяє керувати резонансною частотою резонатора в невеликих межах, шляхом встановлення заданого струму і проводити підстроювання частоти. Отже схема термостатування повинна включати в себе давач струму через кварцовий резонатор, давач температури, високошвидкісний вимірювач частоти, термоелектричний елемент [5 – 6].

### Література

1. Кравченко А. В. Активное термостатирование полупроводниковых СВЧ-генераторов / А. В. Кравченко, С. В. Плаксин, И. И. Соколовский // 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. Офіційний сайт ЗАО «Промэлектроника» Режим доступу до журн.: [http://www.promelec.ru/catalog\\_info/](http://www.promelec.ru/catalog_info/) — Назва з екрана.
4. Офіційний сайт ООО НПП «Метеор-Курс» Режим доступу до журн.: <http://www.meteor-kurs.ru/products.html> — Назва з екрана.
5. Термоэлектрический эффект: Методические указания к выполнению лабораторной работы Э-14а по курсу общей физики для студентов всех специальностей. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 15 с.
6. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. — Киев: Вища школа, 1983. — 455 с.