

УДК 621.317.39:536.53

**В.А. Голембо\***, **В.Л. Котляров**, **Л.В.Ольшевська**  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра “Електронні обчислювальні машини”\*,  
 НДКІ ЕЛВІТ

## **ЦИФРОВИЙ КВАРЦОВИЙ ТЕРМОМЕТР З АНАЛОГОВИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ЙОГО ЮСТУВАННЯ**

© Голембо В.А., Котляров В.Л., Ольшевська Л.В., 2002

**Описується принцип дії і схема цифрового кварцового термометру, для юстування якого застосовуються аналогові регулюючі вузли (змінні резистори), що дозволяє просто виконувати операції встановлення нуля і калібрування приладу.**

**Operation concert and diagram for digital quartz thermometer with analogous controller nodes (alternative resistances) allowing for simple zero-setting and device calibration is described.**

Ефективним засобом збирання інформації про температуру навколишнього середовища є цифрові прилади та багатоканальні системи, які використовують термочутливі кварцові резонатори як давачі температури [1-4]. При розробці та виготовленні таких приладів та систем треба враховувати розкид параметрів термочутливих кварцових резонаторів, який виникає у процесі їх виробництва.

Прийнято розподіляти розкид параметрів термочутливих кварцових резонаторів за номінальною частотою (для зменшення похибки, яка виникає внаслідок розкиду за номінальною частотою, використовується операція встановлення нуля) та крутизною термочастотної характеристики (для зменшення похибки, яка виникає внаслідок розкиду за крутизною, використовується операція калібрування).

Номінальна частота термочутливого кварцового резонатора, а також генератора опорної частоти змінюється внаслідок старіння. Номінальна крутизна термочастотної характеристики термочутливого кварцового резонатора може змінюватись в процесі експлуатації приладу або системи внаслідок теплових ударів та "гістерезисного" ефекту. Тому актуальним є пошук більш ефективних методів та засобів юстування, тобто встановлення нуля та калібрування, які були б зручними та надійними як при виготовленні приладів та систем, так і при їх експлуатації.

Сьогодні описано декілька типів цифрових кварцових термометрів з різноманітними цифровими органами для їх юстування: перемички, які встановлюються безпосередньо шляхом запаювання в друковану плату, лінійки перемикачів або тумблерів, перемички, які запаюються на відповідному боці роз'єма тощо. Органи юстування, виконані у вигляді перемичок, мають невелику вартість, але користуватись ними незручно, тому що перемикаються вони шляхом перепаювання, а органи юстування, які виконані у вигляді лінійок перемикачів або тумблерів, дорогі, хоча зручні в користуванні. Існують цифрові кварцові термометри із спеціалізованими обчислювачами для визначення положення органів юстування, що так само збільшує вартість приладів. Найбільш зручними є цифрові кварцові термометри, в яких забезпечено незалежне юстування, тобто після виконання операції встановлення нуля виконання операції калібрування не призводить до зміщення нуля термометра.

Водночас аналогові елементи (змінні резистори) забезпечують похибку встановлення значення резистора не більше 1%, що відповідає двом перемикачам на 10 положень кожний або лінійці з 7-8 тумблерів. Тому для юстування цифрового кварцового термометра бажано застосування цих елементів. У даній статті описано кварцовий термометр з двома резисторами для юстування – встановлення нуля та калібрування, причому дія резистора встановлення нуля не залежить від положення калібрувального резистора.

Для двотактного інтегратора з часом прямого ходу  $T_0$ , резистором у колі заряду (під час прямого ходу)  $R_{01}$ , регулюючим резистором у колі розряду (під час зворотного ходу)  $R_{p1}$  та при рівних за модулем напругах на вході інтегратора під час прямого та зворотного ходу відоме співвідношення:

$$\frac{T_0}{R_{01}} = \frac{T_{1p}}{R_{p1}},$$

звідки

$$T_{1p} = T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}}. \quad (1)$$

Аналогічно для другого інтегратора, в якого час прямого ходу – це час зворотного ходу першого інтегратора, резистор у колі заряду  $R_{02}$  та регулюючий резистор у колі розряду  $R_{p2}$ :

$$T_{2p} = T_{1p} \frac{R_{p2}}{R_{02}}. \quad (2)$$

За час  $T_{1p}$  у лічильнику термометра накопичується число:

$$N_{1ліч} = f_{\partial} \cdot T_{1p}, \quad (3)$$

а на кінець  $T_{2p}$  у лічильнику залишається число:

$$N_{2ліч} = N_{1ліч} - f_{01} \cdot T_{2p}, \quad (4)$$

де  $f_{01}$  – допоміжна опорна частота.

Число  $N_{2ліч}$  виводиться на індикатор як результат вимірювання температури. Підставляючи в (4)  $N_{1ліч}$  з (3), а  $T_{1p}$  та  $T_{2p}$  з (1) та (2), отримуємо:

$$N_{2ліч} = f_{\partial} \cdot T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}} - f_{01} \cdot T_{1p} \frac{R_{p2}}{R_{02}}. \quad (5)$$

Параметри схеми повинні бути такими, щоб при нульовій температурі ( $f_{\partial} = f_{\partial 0}$ )  $N_{2ліч}$  дорівнювало 0, тобто

$$f_{\partial 0} \cdot T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}} = f_{01} \cdot T_{1p} \frac{R_{p2}}{R_{02}}. \quad (6)$$

Виконання цього співвідношення забезпечується зміною величини опору регулюючого резистора  $R_{p2}$  (встановлення нуля). Підставляючи в (6) значення  $T_{1p}$  з (1), отримаємо:

$$f_{\partial} \cdot T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}} = f_{01} \cdot T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}} \cdot \frac{R_{p2}}{R_{02}}, \quad (7)$$

при цьому переконаємось, що  $R_{p1}$ ,  $R_{01}$  та  $T_0$  не впливають на нульові покази термометра

$$f_{\partial 0} = f_{01} \cdot \frac{R_{p2}}{R_{02}}.$$

При виконанні співвідношення (7) вираз (5) набуде вигляду:

$$N_{2ліч} = (f_{\partial} - f_{\partial 0}) \cdot T_0 \frac{R_{p1}}{R_{01}}. \quad (8)$$

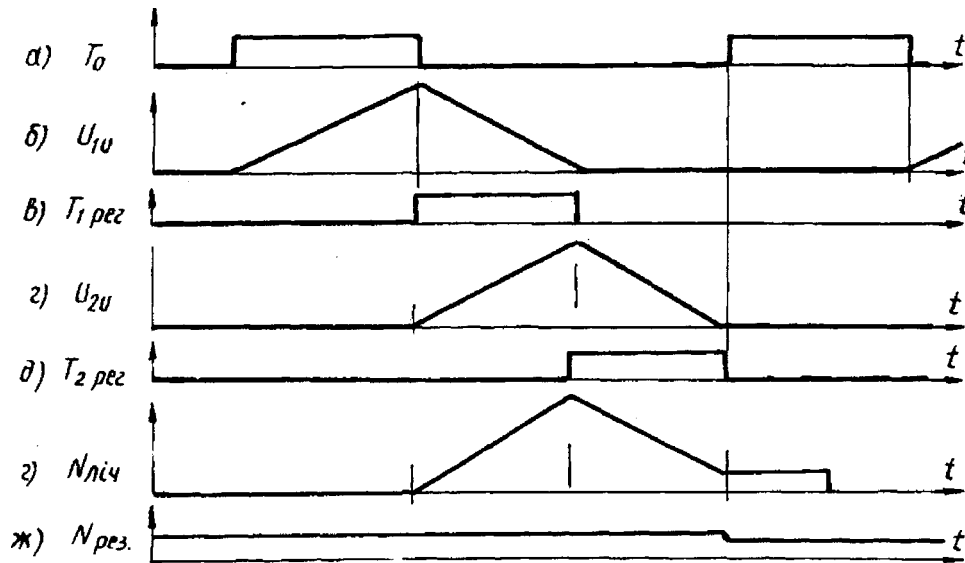


Рис. 1. Часова діаграма роботи цифрового кварцового термометра з незалежним юстуванням

Алгоритм роботи цифрового кварцового термометра з незалежним юстуванням резисторами для встановлення нуля й калібрування полягає в наступному (рис. 1):

- формується зразковий інтервал часу  $T_0 = N/f_0$  (рис. 1а), де  $f_0$  – високостабільна частота;

- протягом часу  $T_0$  відбувається лінійний заряд першої інтегруючої ємності від нульового значення постійним струмом, який задається опорним резистором  $R_0$  (рис. 1, б);

- по закінченню  $T_0$  відбувається лінійний розряд першої інтегруючої ємності від накопиченого значення напруги до нуля постійним струмом, який задається першим регулюючим резистором з опором  $R_{p1}$ , після чого відбувається стабілізація нульової лінії першого інтегратора (рис. 1, в). Інтервал  $T_{1рег}$  триває протягом лінійного розряду першої інтегруючої ємності (рис. 1);

- під час інтервалу  $T_{1рег}$  відбувається лінійний заряд другої інтегруючої ємності від нульового значення струмом, який задається опорним резистором  $R_0$  (рис. 1г);

- формується інтервал  $T_{2рег}$  під час лінійного розряду другої інтегруючої ємності від накопиченого на ній значення напруги до нуля постійним струмом, який задається другим регулюючим резистором  $R_{p2}$ ; після досягнення нуля відбувається стабілізація нульового рівня другого інтегратора (рис. 1, д). Після закінчення  $T_{2рег}$  знову формується інтервал  $T_0$ .

Під час інтервалу  $T_{1рег}$  в лічильник результату надходять імпульси від давача з частотою  $f_d$ , а під час інтервалу  $T_{2рег}$  лічильник результату переключується на віднімання, і на його вхід подаються імпульси з частотою  $f_{01}$ . По закінченню інтервалу  $T_{2рег}$  надходження імпульсів у лічильник припиняється (рис. 1, г). Під час наступного інтервалу  $T_0$  вміст лічильника результату переноситься до індикаторного регістра термометра (рис. 1, ж), а лічильник встановлюється на нуль (рис. 1, а).

Блок-схему цифрового кварцового термометра з двома лінійними резисторами для його юстування наведено на рис. 2.

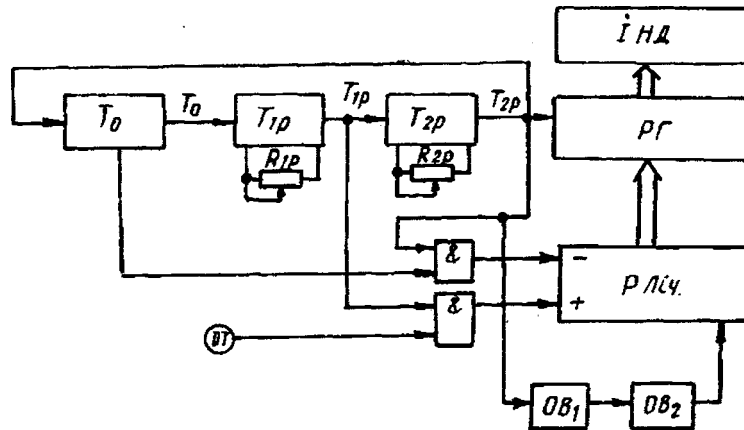


Рис. 2. Блок-схема цифрового кварцового термометра

Термометр складається з джерела зразкового інтервалу часу  $T_0$ , джерела першого інтервалу часу  $T_{1p}$ , що регулюється, джерела другого інтервалу часу  $T_{2p}$ , що регулюється, реверсивного лічильника РЛіч, регістра результату РГ та індикатора ІНД. Вихідним сигналом для роботи джерела першого інтервалу часу  $T_{1p}$  є інтервал  $T_0$ . Сигнал цього джерела є вихідним для роботи джерела другого інтервалу часу  $T_{2p}$ .

Джерела  $T_{1p}$  та  $T_{2p}$  генерують імпульси, тривалість яких залежить від величин регулюючих резисторів  $R_{1p}$  та  $R_{2p}$ . Джерело сигналу  $T_{2p}$  під'єднано до входу джерела  $T_0$  для запуску приладу на наступний цикл роботи. Джерела високостабільних інтервалів, що регулюються, через логічні елементи І під'єднано до входів додавання та віднімання реверсивного лічильника РЛіч. До інших входів елементів І під'єднані датчики температури та джерело імпульсів опорної частоти  $f_{01}$ , які виробляються високостабільним кварцовим генератором, що знаходиться в джерелі інтервалу  $T_0$ .

Отже, юстування цифрового кварцового термометра здійснюється двома резисторами: одним – при розміщенні датчика в середовищі з нульовою температурою (встановлення нульового показу резистором  $R_{2p}$ ), другим – при розміщенні датчика в середовищі з будь-якою ненульовою температурою (встановлення показів приладу, які відповідають температурі середовища, резистором  $R_{1p}$ ). При цьому нульові покази термометра зберігаються.

Запропонована система юстування є більш простою при виготовленні та користуванні, що дає можливість пропонувати її при проектуванні широкого класу цифрових приладів та вимірювально-обчислювальних систем, які отримують інформацію від датчиків з частотним вихідним сигналом.

1. Голембо В.А., Котляров В.Л., Швецький Б.И. Пьезокварцевые аналого-цифровые преобразователи температуры. – Львов, 1977. – 172 с. 2. Голембо В.А., Котляров В.Л., Губанов О.А. Пути повышения метрологических характеристик цифровых кварцевых термометров // Приборы и системы управления, 1987, №4. – С. 23–25. 3. Швецький Б. И. Электронные цифровые приборы. – К., 1991. – 191 с. 4. I. Vishenchuk, V. Golembo, V. Kotlarov. The Problems of Improvement of Hydrophysical Measuring Computer Systems Parameters. – Black Sea '92 Proceeding (Exhibition and Technical Conference on Ocean and Marine Engineering, Shipbuilding and Maritime Technology), Varna, Bulgaria, 1992, p. 27.