



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54972

(13) A

(51) 7 G01K7/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

2

(21) 2002064600

(22) 05 08 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. №3, 2003р

(72) Водотовка Володимир Ілліч, Хоменко Олег  
Миколайович, Юрчик Геннадій Васильович(73) Київський національний університет технопо-  
лій та дизайну

(57) Пристрій для вимірювання температури, що містить мостову вимірювальну схему з термометром опору в одному з її плечей, підсилювач імпульсних сигналів розбалансу, до якого підключена вершинами першої діагоналі мостова вимірювальна схема, керований генератор імпульсів, джерело напруги постійного струму, який відрізняється тим, що в нього введені мостова схема живлення, синхронний амплітудний детектор, лічильник імпульсів, загальна шина, електронна обчислювальна машина, цифро-аналоговий перетворювач, керований перемикач, при цьому в одне плече мостової схеми живлення увімкнена мостова вимірювальна схема, а термометр опору своїми кінцями підключений до другої

вершини другої діагоналі мостової схеми живлення та другої вершини першої діагоналі мостової схеми живлення, до якої також підключена друга вершина першої діагоналі мостової вимірювальної схеми, вершини першої діагоналі мостової схеми живлення та друга вершина першої діагоналі мостової вимірювальної схеми підключені до виходів керованого генератора імпульсів і до входів лічильника імпульсів, вихід якого підточений до загальної шини, до якої також підключені виходи електронної обчислювальної машини та цифрового аналогового перетворювача, вхід якого підключений до керованого входу керованого перемикача, через який до одного із входів джерела напруги постійного струму підключена друга вершина другої діагоналі мостової схеми живлення, до другого входу якого підключена перша вершина другої діагоналі мостової схеми живлення, а вихід підсилювача імпульсних сигналів розбалансу через синхронний амплітудний детектор підключений до входу керованого генератора імпульсів, який має зворотний зв'язок з синхронним амплітудним детектором

Винахід відноситься до техніки вимірювання температури контрольованих середовищ і може бути використаний для управління температурними режимами різних теплових технологічних процесів

Відомий пристрій для реєстрації температури [див. патент США №3964315 кл. G01 K7/20, 1976р.] який містить вимірювальний міст, в плече якого увімкнений термометр опору, джерело постійного та змінного струмів, що підключені до діагоналі живлення вимірювального моста, мілівольтметр, підключений до вимірювальної діагоналі моста

В цьому пристрої використано одночасне живлення термометра опору постійним та змінним струмами, що дає можливість підвищити чутливість вимірювальної схеми та полегшити задачу реєстрації результату вимірювання за допомогою мілівольтметра постійного струму. Але нелінійна залежність перетворення температури в електри-

чну напругу при контролі її у відносно широкому діапазоні суттєво знижує точність вимірювання температури цим приладом

Відомий пристрій для реєстрації температури [див. А. С. СРСР №407200, кл. G01 K1/20, 1972р.], який містить вимірювальну схему з термодавачем, підключену до виходу генератора імпульсів, підсилювач, трансформатор, ключі, джерело постійного струму, джерело опорної напруги, в якому при підвищенні або зниженні температури тривалість вихідних імпульсів пристрою відповідно пропорційно збільшується або зменшується, що покращує лінійність вихідної характеристики пристрою. Застосування імпульсного живлення вимірювальної схеми дозволяє також підвищити чутливість схеми

В цьому пристрої є досить суттєва залишкова похибка, обумовлена впливом нелінійності вихідної характеристики пристрою, а також впливом похибки самого термодавача, яка може мати як

(13) A

(11) 54972

(19) UA

адитивний, так і мультиплікативний характер

Відомий також пристрій для вимірювання температури [див. А. С. СРСР №1312405, кл. G 01 K 7/24, 1983р.], який містить мостову вимірювальну схему з термометром опору в одному з її плечей, підсилювач імпульсних сигналів розбалансу, до якого підключена вершинами першої діагоналі мостова вимірювальна схема, керований генератор імпульсів, джерело напруги постійного струму. Цей пристрій забезпечує точність вимірювання за рахунок суттєвого усунення нелінійності вихідної характеристики пристрою.

Проте в цьому пристрої кінцевий результат вимірювання температури залежить від появи неконтрольованих додаткових похибок реєструючого аналогового або цифрового приладу, крім того, для підвищення точності вимірювання необхідно, щоб температура перегріву термометра опору була як можна більшою, що підвищує початкову напругу на вході операційного підсилювача, а це, у свою чергу, приводить до збільшення часу циклу вимірювання, тому що температура перегріву  $\Delta T$  прямо пропорційна часу і потужності теплового потоку. У даному випадку потужність, яка підводиться до термометра, є постійною величиною. Це призводить до того, що при здійсненні вимірювання температури на початку і в кінці діапазону час виходу на режим термометра опору суттєво коливається, тобто час циклу вимірювання необхідно враховувати по максимуму контрольованої температури.

Оскільки струм, який проходить через термометр опору, обмежується баластовим опором  $R_{\text{бал}} \gg R_{\text{терм}}$ , то від термостабільності цього опору залежить величина і стабільність імпульсного струму, при проходженні якого через вимірювальний опір фіксується падіння напруги мілівольтметром, що не є перевагою схем, які експлуатуються в умовах промислових перешкод.

Це пов'язане з тим, що струм, який проходить по ланцюгу баластового опору  $R_{\text{бал}}$  і мостовій схемі, буде створювати вимірюване падіння напруги

$$U_{\text{вим}} = U \cdot \frac{R_{\text{мосту}}}{R_{\text{мосту}} + R_{\text{бал}}}$$

Вважаючи, що  $R_{\text{бал}} \gg R_{\text{терм}}$ , значення  $U_{\text{вим}}$  близьке до нуля.

Крім того, у діапазоні вимірювань змінна потужності, яка розсіюється на баластовому опорі  $R_{\text{бал}}$ , знаходиться в межах від нуля до максимальної потужності  $P_{\text{мах}}$  при вимірюванні максимальної температури  $T_{\text{мах}}$ , що викликає нестабільність температурного режиму цього опору, а це призводить до небажаних коливань живлячого імпульсного струму.

Таким чином, відомий пристрій для вимірювання температури має невисоку точність вимірювання.

В основу винаходу покладена така задача створення пристрою для вимірювання температури, у якому шляхом введення нових елементів і зв'язків між ними досягалось б підвищення точності вимірювання.

Поставлена задача досягається тим, що пристрій для вимірювання температури, що містить

мостову вимірювальну схему з термометром опору в одному з її плечей, підсилювач імпульсних сигналів розбалансу, до якого підключена вершинами першої діагоналі мостова вимірювальна схема, керований генератор імпульсів, джерело напруги постійного струму, згідно з винаходом в нього введені мостова схема живлення, синхронний амплітудний детектор, лічильник імпульсів, загальна шина, електронна обчислювальна машина, цифро-аналоговий перетворювач, керований перемикач, при цьому в одне плече мостової схеми живлення увімкнена мостова вимірювальна схема, а термометр опору своїми кінцями підключений до другої вершини другої діагоналі мостової схеми живлення та другої вершини першої діагоналі мостової схеми живлення, до якої також підключена друга вершина першої діагоналі мостової вимірювальної схеми, вершини першої діагоналі мостової схеми живлення та друга вершина першої діагоналі мостової вимірювальної схеми підключені до виходів керованого генератора імпульсів і до входів лічильника імпульсів, вихід якого підключений до загальної шини, до якої також підключені виходи електронної обчислювальної машини та цифрового аналогового перетворювача, вхід котрого підключений до керованого входу керованого перемикача, через який до одного із входів джерела напруги постійного струму підключена друга вершина другої діагоналі мостової схеми живлення, до другого входу якого підключена перша вершина другої діагоналі мостової схеми живлення, а вихід підсилювача імпульсних сигналів розбалансу через синхронний амплітудний детектор підключений до входу керованого генератора імпульсів, який має зворотній зв'язок з синхронним амплітудним детектором.

Введення в структуру пристрою з двома мостами та джерела напруги постійного струму дозволяє вирішити задачу лінеаризації перетворювальної характеристики термометра опору в заданому діапазоні вимірювання температури контрольованого середовища і усунути таким чином похибку від нелінійності, а також автоматично скоректувати виникаючі в процесі тривалої експлуатації пристрою суттєві систематичні похибки, обумовлені нестабільністю перетворювальної характеристики термометра опору і реєструючого приладу.

На кресленні зображена функціональна схема пристрою для вимірювання температури.

Пристрій містить мостову вимірювальну схему з плечами-резисторами 1, 2, 3 та термометром опору 4 в одному з її плечей, підсилювач 5 імпульсних сигналів розбалансу, до входу якого підключена мостова вимірювальна схема вершинами 6 та 7 першої діагоналі. До виходу підсилювача 5 імпульсних сигналів розбалансу підключен синхронний амплітудний детектор 8, вихід якого під'єднаний до входу керованого генератора 9 імпульсів, який містить зворотній зв'язок з синхронним амплітудним детектором 8. До виходів керованого генератора 9 імпульсів під'єднані лічильник імпульсів 10 та вершинами 7 і 11 першої діагоналі мостова схема живлення з резисторами 12, 13 та 14. В одне плече мостової схеми живлення увімкнена мостова вимірювальна схема з термомет-

ром опору 4, який своїми кінцями підключений до вершини 15 другої діагоналі мостової схеми живлення та до загальної вершини 7 першої діагоналі мостової схеми живлення і першої діагоналі мостової вимірювальної схеми. Один з виходів джерела напруги постійного струму 16 підключен до вершини 17 другої діагоналі мостової схеми живлення, а другий через керований перемикач 18 до вершини 15 другої діагоналі мостової схеми живлення. До керованого входу перемикача 18 підключений цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) 19, який через загальну шину 20 з'єднаний з електронною обчислювальною машиною (ЕОМ) 21, до складу якої входять керуючий блок 22, блок пам'яті 23, обчислювальний блок 24, термінал 25. До загальної шини 20 також підключений лічильник імпульсів 10.

Пристрій працює наступним чином. Термометр опору 4 розміщується в середовищі, температура якого  $\Theta_x$  вимірюється. Мостова вимірювальна схема, що складається з однакових, незалежних від температури опорів 1, 2, 3 та термометру опору 4 спочатку знаходиться в розбалансованому стані. Це пояснюється тим, що термометр опору 4 має опір, який відрізняється від однакових опорів 1, 2, 3, а також від таких же за значенням опорів 12, 13, 14 зовнішньої мостової схеми живлення. Напруга розбалансу з вимірювальної діагоналі надходить до входу підсилювача 5 імпульсних сигналів розбалансу, вихідна напруга якого після детектування блоком 8 змінює частоту керованого генератора імпульсів 9 до такого значення, при якому поєднана з виходом генератора 9 мостова схема живлення не збалансує мостової вимірювальної схеми. Така автобалансна схема після закінчення врівноваження вимірювального мосту має таку функцію вимірювального перетворення  $n(t_1)$  в момент часу  $t_1$

$$n(t_1) = \frac{16R_0}{U_m^2 \cdot \tau_1} \cdot t_n [H(T - \Theta_x)] + \Delta n \quad (1)$$

де  $R_0$  - опір однакових резисторів 1 - 3, 12 - 14 в т ч термометру опору 4,

$U_m$  - амплітуда вихідних імпульсів керованого генератора 9,

$\tau_1$  - тривалість імпульсу,

$t_n$  - відрізок часу, на протязі якого керований генератор імпульсів 9 подає на вхід лічильника імпульсів 10 кількість імпульсів  $n(t_1)$ ,

$H$  - коефіцієнт розсіювання термометра опору, Вт/°С,

$T$  - температура тіла термометра опору,

$\Delta n$  - адитивна абсолютна похибка врівноваження мостової вимірювальної схеми

В наступний момент часу  $t_2$  керуючий блок 22 ЕОМ 21 за допомогою ЦАП 19 замикає коло мостової схеми живлення вимикачем 18 від джерела напруги постійного струму 16

Мостова вимірювальна схема зрівноважується при наступній кількості імпульсів  $n(t_2)$

$$n(t_2) = \frac{16R_0}{U_m^2 \cdot \tau_1} \cdot t_n [H(T - \Theta_x) - P_0] + \Delta n \quad (2)$$

Де  $P_0 = \frac{U_0^2}{16R_0}$  - потужність, що додатково роз-

сіюється термометром опору 4,

$U_0$  - вихідна напруга джерела напруги постійного струму 16

Калібровка пристрою для вимірювання температури виконується при розміщенні термометра опору 4 в середовищі, реперна температура якого відповідає Міжнародній практичній температурній шкалі (МІПТШ), наприклад, в танучому льоді, де  $\Theta_0 = 0^\circ\text{C}$ . При цьому мостова вимірювальна схема зрівноважується після надходження такої кількості імпульсів в момент часу  $t_3$  до термометра опору 4

$$n(t_3) = \frac{16R_0}{U_m^2 \cdot \tau_1} \cdot t_n [H(T - \Theta_0)] + \Delta n \quad (3)$$

Всі кількості імпульсів  $n(t_1)$ ,  $n(t_2)$ ,  $n(t_3)$  підраховується лічильником імпульсів 10 та запам'ятовується блоком пам'яті 23 ЕОМ 21

Обчислювальний блок 24 ЕОМ 21 виконує такі обчислення

$$n(t_3) - n(t_1) = \frac{16R_0}{U_m^2 \cdot \tau_1} \cdot t_n [H(\Theta_x - \Theta_0)] \quad (4)$$

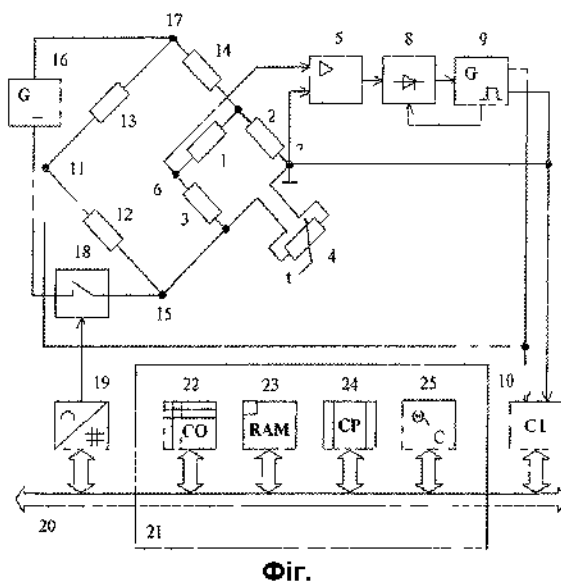
$$n(t_1) - n(t_2) = \frac{16R_0}{U_m^2 \cdot \tau_1} \cdot t_n \cdot H \cdot P_0 \quad (5)$$

$$N = \frac{n(t_3) - n(t_1)}{n(t_1) - n(t_2)} = \frac{\Theta_x - \Theta_0}{P_0} \quad (6)$$

Враховуючи, що  $\Theta_0 = 0^\circ\text{C}$ , а також, що значення  $R_0$  та  $U_0$  внесені в блок пам'яті 23 ЕОМ 21, на екрані терміналу 25 реєструється таке значення температури контрольованого середовища

$$\Theta_x = N \cdot \frac{U_0^2}{16R_0} \quad (7)$$

Таким чином, згідно з виразом (7), точність вимірювання температури визначається стабільністю напруги  $U_0$  опорного джерела напруги 16, ідентичністю опорів  $R_0$  всіх резисторів 1 - 3, 12 - 14 в тому числі термометра опору 4 та точністю обчислення ЕОМ 21 величини  $N$ . Похибка вимірювання температури в діапазоні  $20 - 100^\circ\text{C}$  не перевищує  $\pm 0,05^\circ\text{C}$



Фиг.