



УКРАЇНА

(19) UA (11) 74904 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01P 5/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВИХ І РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ

1

2

(21) 2004010174

(22) 09.01.2004

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Гайський Віталій Олександрович, Гайський Павло Віталійович

(73) МОРСЬКИЙ ГІДРОФІЗИЧНИЙ ІНСТИТУТ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) SU 1645903, 1991

SU 1814731, 1993

RU 5065472, 1995

US 6450024, 2002

RU 2217765, 2003

(57) Спосіб вимірювання параметрів газових і рідинних середовищ датчиком температури з підігріванням по періодичній функції на фоні постійної складової, що включає фіксацію температури датчика і потужності підігрівання і використання градуючих залежностей параметрів середовища від параметрів датчика, який відрізняється тим, що виконують по три відліки температури датчика і потужності нагріву на одному періоді функції підігрівання, і параметри датчика і температуру середовища визначають по

формулах для інтегрального коефіцієнта теплообміну

$$\alpha S = \frac{\int_0^T P(t) dt - \int_0^T P(t) dt}{\int_0^T \theta(t) dt - \int_0^T \theta(t) dt};$$

для теплоємності датчика

$$mc = \frac{\int_0^T P(t) dt - \int_0^T P(t) dt}{\int_0^T \theta(t) dt - \int_0^T \theta(t) dt};$$

для температури середовища

$$\bar{\theta}_c = \frac{1}{3} \cdot \sum_{t=1}^3 \left[\theta(t) - \frac{P(t) \cdot mc \cdot \theta'(t)}{\alpha S} \right],$$

де $\theta(t)$ і $\theta'(t)$ - миттєва температура датчика і її похідна;

$P(t)$ - миттєва потужність нагріву; де

$t = 1, 2, 3$ - моменти часу, відповідно;

α - коефіцієнт теплообміну датчика із середовищем;

S - площа поверхні датчика;

m - маса датчика;

c - питома теплоємність матеріалу датчика.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки може бути використаний для вимірювання параметрів потоків рідин і газів.

Відомі способи вимірювання параметрів потоку (наприклад, швидкості) одним датчиком температури, з постійним або змінним підігріванням, фіксацією зміни температури датчика у часі і визначенням швидкості потоку за градуючими характеристиками швидкості від температури датчика при заданій потужності нагріву в статичному режимі або швидкості від параметра термічної інерції (сталої часу) датчика в динамічному режимі [1.2].

Недоліком цих способів є обмежена точність через мінливість температури середовища, значення якої не контролюється і не враховується, і погіршеність значення теплоємності датчика, яка має технологічний розкид при виготовленні, може змінитися в процесі експлуатації за рахунок корозії

та обростання і не контролюється в процесі роботи.

Прототипом способу, що пропонується, прийнятий спосіб вимірювання параметрів газових і рідинних середовищ [2], що полягає в пропущенні через вміщений в середовище, що контролюється термочутливий елемент електричного струму, що періодично змінюється по синусоїдній функції на фоні постійної складової, контролі температури термочутливого елемента і визначенні параметра, що вимірюється по різницях фаз між змінними складовими сигналів температури термочутливого елемента і струму нагріву.

Недоліком прототипу є відсутність роздільного контролю інтегрального коефіцієнта теплообміну і теплоємності датчика і контролю температури середовища.

Такі ознаки прототипу, як використання датчика температури з підігріванням періодичним

(13) C2

(11) 74904

(19) UA

струмом на фоні постійної складової, фіксація температури датчика і потужності підігрівання, а також використання градуючих залежностей параметрів середовища від параметрів датчика, співпадають з істотними, ознаками заявленого винаходу.

В основу винаходу поставлене рішення задачі вимірювання параметрів газових і рідинних середовищ за допомогою датчика з підігріванням періодичним струмом, при якому період періодичної функції підігрівання приймається настільки малим, що в його тривалості зміною температури середовища і коефіцієнта теплообміну датчика зі середовищем можна нехтувати, причому фіксацією температури датчика і потужності підігрівання в три моменти часу . на протязі одного періоду функції підігрівання забезпечується одночасне і роздільне визначення інтегрального коефіцієнта теплообміну датчика зі середовищем, теплоємності датчика і температури середовища.

Це забезпечує технічний результат винаходу - підвищення точності вимірювання і розширення функціональних можливостей способу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання параметрів газових і рідинних середовищ датчиком температури з підігріванням по періодичній функції на фоні постійної складової, що включає фіксацію температури датчика і потужності підігрівання і використання градуючих залежностей параметрів середовища від параметрів датчика, згідно з винаходом, виконують по трьох відліків температури датчика і потужності нагріву на одному періоді функції підігрівання і параметри датчика, і температуру середовища визначають по формулах для інтегрального коефіцієнта теплообміну

$$\alpha S = \frac{[P(1) - P(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [P(1) - P(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]}{[\theta(1) - \theta(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]},$$

для теплоємності датчика

$$mc = \frac{[\theta(1) - \theta(2)][P(1) - P(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][P(1) - P(2)]}{[\theta(1) - \theta(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]},$$

для температури середовища

$$\theta_c = \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 [\theta(t) - \frac{P(t) + mc\theta'(t)}{\alpha S}],$$

де $\theta(t)$ і $\theta'(t)$ - миттєва температура датчика і її похідна;

$P(t)$ - миттєва потужність нагріву;

α - коефіцієнт теплообміну датчика зі середовищем;

S - площа поверхні датчика;

m - маса датчика;

c - питома теплоємність матеріалу датчика.

Суть способу складається в наступному. Датчик температури, що має теплоємність mc (m - маса, c - питома теплоємність матеріалу) і площу поверхні S , вміщений в потік з температурою $\theta_c(t)$ і підігрівається зсередини миттєвою потужністю $P(t)$.

Для такого датчика справедливе рівняння теплового балансу

$$P(t) = [\theta(t) - \theta_c(t)]\alpha(t)S + mc\theta'(t), \quad (1)$$

де $\theta(t)$ - миттєва температура датчика, $\theta'(t)$ - миттєва похідна температури датчика;

$\alpha(t)$ - миттєвий коефіцієнт теплообміну датчика зі середовищем.

Значення $\alpha(t)$ пов'язані зі значенням швидкості потоку $v(t)$ градуючою характеристикою $v(t) = \varphi[\alpha(t)]$.

Забезпечується змінний режим нагріву $P(t)$, наприклад, згідно з синусоїдним законом на фоні постійної складової. При цьому період функції нагріву приймається такий, щоб зміною температури середовища $\theta_c(t)$ і інтегрального коефіцієнта теплообміну $\alpha(t)S$ можна було б нехтувати, а амплітуди функції було досить для зміни температури датчика з необхідним розрихненням. Якщо немає обмежень на потужність нагріву, такий режим завжди здійснимий.

У принципі, замість синусоїдної функції можливе використання будь-якої іншої періодичної функції, наприклад, прямокутної.

Для трьох моментів часу на періоді функції підігрівання фіксуються значення температури датчика $\theta(t)$, її похідної $\theta'(t)$ і потужності нагріву $P(t)$.

З рівняння (1) можна записати

$$\begin{aligned} [\theta(1) - \theta_c]\alpha S + mc\theta'(1) &= P(1), \\ [\theta(2) - \theta_c]\alpha S + mc\theta'(2) &= P(2), \\ [\theta(3) - \theta_c]\alpha S + mc\theta'(3) &= P(3), \end{aligned} \quad (2)$$

Вирішуємо цю систему рівнянь відносно невідомих $\theta_c, \alpha S$ і mc . Віднімаючи з першого рівняння друге і третє, отримаємо

$$\begin{aligned} [\theta(1) - \theta(2)]\alpha S + mc[\theta'(1) - \theta'(2)] &= P(1) - P(2), \\ [\theta(1) - \theta(3)]\alpha S + mc[\theta'(1) - \theta'(3)] &= P(1) - P(3), \end{aligned} \quad (3)$$

З рішення системи рівнянь (3) отримаємо

$$\alpha S = \frac{[P(1) - P(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [P(1) - P(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]}{[\theta(1) - \theta(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]}, \quad (4)$$

$$mc = \frac{[\theta(1) - \theta(2)][P(1) - P(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][P(1) - P(2)]}{[\theta(1) - \theta(2)][\theta'(1) - \theta'(3)] - [\theta(1) - \theta(3)][\theta'(1) - \theta'(2)]}, \quad (5)$$

$$\theta_c = \theta(1) - \frac{P(1) + mc\theta'(1)}{\alpha S}. \quad (6)$$

З першого рівняння системи 1 для температури середовища отримаємо (6)

Доцільно обчислювати середню температуру середовища по формулі

$$\theta_c = \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 [\theta(t) - \frac{P(t) + mc\theta'(t)}{\alpha S}]. \quad (7)$$

Пакет трьох, послідовних відліків $\theta(t), \theta'(t)$ може виконуватися як ковзний зі зсувом на один або два відліки, так і послідовно без пауз або з паузами. Вибір того або іншого режиму відліків залежить від вимог до точності вимірювань, мінливості параметрів середовища і можливостей апаратури.

Послідовність відліків похідних температури датчика $\theta'(t)$ обчислюється з послідовності відліків температури $\theta(t)$ відомим способом по двох або більш точкам.

Таким чином, в способі визначення параметрів, що пропонується, газових і рідинних середовищ з одним датчиком, що підігрівається

одночасно визначаються температура середовища, інтегральний коефіцієнт теплообміну датчика зі середовищем і теплоємність датчика. Це підвищує точність і розширює функціональні можливості.

Використані джерела:

1. Коротков П.А., Лондон Г.Е. Динамічні контактні вимірювання теплових величин. Л., "Машинобудування", Л.О., 1974, 224 с.

2. Патент РФ №1814731 на винахід, кл. G01P5/12, G01F1/68. Пріоритет 20.12.88. Опубл. в бюл. РФ "Винаходи" №17, 1993. Ю.Н. Кабанов, А.Н. Семенов. Спосіб вимірювання параметрів газових і рідинних середовищ – прототип.