

В. Ю. Кучерук, д.т.н., професор; О. О. Кучерук, студент

ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНИЙ ДАТЧИК ШВИДКОСТІ ПОТОКУ

Ключові слова: витратомір, швидкість потоку, термоанемометр, коефіцієнт теплопередачі, чутливість.

Вимірювання параметрів рідких та газоподібних речовин широко застосовують у різних галузях народного господарства, зокрема, в нафтодобувній промисловості, нафтогазотранспортних системах, харчовій промисловості тощо.

Головними параметрами руху потоків рідин та газоподібних речовин є витрати – кількість речовини, що протікає через поперечний переріз трубопроводу за одиницю часу [1].

Похибки вимірювань витрат в промислових умовах становлять 1–2 %, хоча в окремих галузях спостерігається тенденція її зменшення до рівня 0,2–0,5 %.

Актуальність вимірювання витрати рідини, газу та пари полягає в необхідності максимальної економії енергетичних і водних ресурсів країни. Зниження похибки вимірювань хоча б на 1% може забезпечити багатомільйонний економічний ефект.

Термоанемометричні датчики засновані на зміні коефіцієнту теплопередачі, який є функцією швидкості потоку. Такі датчики використовують принципи теплопередачі, щоб визначити швидкість потоку середовища.

Швидкість потоку змінює втрати теплової енергії нагрівачем: коли потік проходить через датчик, тепло переноситься з датчику в потік. По мірі збільшення швидкості потоку, збільшується і кількість тепла, яке передається, а це означає, що збільшення швидкості призводить до охолодження. Цей ефект призводить до зміни коефіцієнта теплопередачі. Отже, охолодження є функція потоку маси [2].

Застосовуючи контролери, може бути досягнута постійна різниця температур між нагрівачем і датчиком температури. Цей принцип вимірювання називається «анемометр постійної температури» (Constant Temperature Anemometer - СТА). Додана електрична потужність, яка контролює різницю температур, є функцією від швидкості потоку.

Потужність перетворюється в вихідний сигнал напруги з мостовою схемою, і може бути легко зчитана. Знаючи температуру середовища, швидкість потоку може бути визначена з кількості компенсації напруги, необхідної для підтримки постійної різниці температур. Діапазон вимірювань витрати дуже широкий і може бути відрегульований для конкретного застосування. Через електронний ланцюг, можна збільшити температуру нагрівача відповідно до температури середовища. СТА-режим складається з простого ланцюга зворотного зв'язку для регулювання температури нагрівача на датчику витрати, а швидкість потоку змінює втрати теплової енергії нагрівачем.

Дослідимо вплив температури перенагрівання ΔT ЧЕ (чутливого елемента) на чутливість термоанемометра постійної температури. Відомо, що коефіцієнт розсіяння визначається як кількість теплоти, що віддається ТЧЕ (термочутливий елемент) в одиницю часу при різниці температур між поверхнею і повітряним потоком, рівній одному градусу:

$$H = \frac{P_1}{T_w - T_g}, \quad (1)$$

де P_1 – потужність, що розсіюється ТЧЕ; T_w і T_g – температура ЧЕ і газу відповідно. В усталеному режимі роботи термоанемометра потужність, що розсіюється в потоці, P_1 рівна потужності P_2 , що підводиться до ТЧЕ:

$$P_1 = P_2 = \frac{U^2}{R_t}, \quad (2)$$

де U – напруга, прикладена до ЧЕ; R_t – опір ЧЕ. Підставимо вираз P_1 з (2) в (1), запишемо відносно напруги, отримаємо

$$U = \sqrt{(T_w - T_g) \cdot R_t \cdot H}. \quad (3)$$

З (3) випливає, що корисний сигнал термоанемометра залежить від температури перенагрівання, опору ТЧЕ і коефіцієнта розсіяння, який, в свою чергу, залежить від швидкості

поток газу [3]. Остання залежність лежить в основі роботи термоанометра. Визначимо чутливість термоанометра за швидкістю:

$$S_v = \sqrt{(T_w - T_g) \cdot R_t} \cdot \frac{dH^{0.5}}{dv_p}. \quad (4)$$

З отриманого виразу випливає, що чутливість термоанометра тим вище, чим більше добуток перенагрівання на опір ЧЕ $(T_w - T_g) \cdot R_t$.

Висновки. Очевидно, що в випадку застосування в якості ТЧЕ термоанометра дротового або плівкового датчика з металу (вольфрам, платина та ін.), чутливість термоанометра буде тим вище, чим більше перенагрівання ТЧЕ. Це пояснюється тим, що метали мають позитивний температурний коефіцієнт опору (ТКО).

Список літературних джерел:

1. Кованько В.В., Древецький В.В., Христюк А.О. Загальнотехнічні вимірювання та прилади. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 189 с.

2. Thermal Mass Flow Sensor FS5. Data sheet. <http://www.ist-ag.com>

3. Український Ю. Д. Визначення та забезпечення оптимальних теплових режимів термісторних термоанометрів постійної температури Український Ю. Д. Визначення та забезпечення оптимальних теплових режимів термісторних термоанометрів постійної температури / Ю. Д. Украинский, Д.Н. Кузнецов, Д. Е. Балюра // Зб.наук.пр. ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2007. –Вип. 12 (118). –С.177–182.