

О.М. Васілевський, д.т.н., проф.; Н.І. Сторожук

СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ ТА ЛІНЕАРИЗАЦІЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИТРАТОМІРА

Ключові слова: калібрування, лінеаризація, витратомір, термоанемометр з постійною температурою.

На сьогоднішній день при вимірюванні витрат широко використовуються інноваційна сенсорна технологія з використанням теплових сенсорів, наприклад, таких як AGFS5, що засновані на визначенні варіації коефіцієнта тепловіддачі, який залежить від швидкості потоку [1].

Швидкість потоку змінює втрати теплової енергії нагрівачем: в міру проходження середовища через сенсор, тепло передається від сенсора до середовища. Коли збільшується витрата, то кількість тепла, що передається зменшується, що означає збільшення швидкості потоку. Цей ефект призводить до зміни коефіцієнта теплопередачі. Використовуючи відповідні регулятори, можна досягти постійної різниці температур між нагрівачем та сенсором температури. Такий принцип вимірювання різниці температур позначають через постійну температурного анемометра (Constant Temperature Anemometer - CTA).

В результаті відповідних перетворень і спрощення, рівняння перетворення витратоміра можна описати виразом:

$$U = U_0 \cdot \sqrt{1 + k \cdot \vec{v}^n}, \quad (1)$$

$$\vec{v} = \frac{[(U - U_0) \cdot (U + U_0)]^{\frac{1}{n}}}{\left(k^{\frac{1}{n}}\right) \cdot U_0^{\frac{2}{n}}}, \quad (2)$$

де U - вихідний сигнал, значення якого залежить від витрат; k - константа, залежна від рідини; U_0 - вільна конвекція зміщення; v - швидкість рідини.

U_0 - значення різниці з постійною температурою (t , °C) між нагрівачем і рідиною без будь-якої швидкості потоку, що відбувається в результаті природної конвекції.

Для лінеаризації пропонується використати зворотну функцію, що описується рівнянням (2).

Параметр n близький до 0,5 (0,48 ... 0,52, в залежності від індивідуальних особливостей сенсора FS5, що встановлений в потік). Константа k може набувати значень від 0,9 ... 0,93, в залежності від вирівнювання датчика і профілю потоку. При таких значеннях коефіцієнтів рівняння перетворення витратоміра набуде вигляду, який представлено на рис. 1.

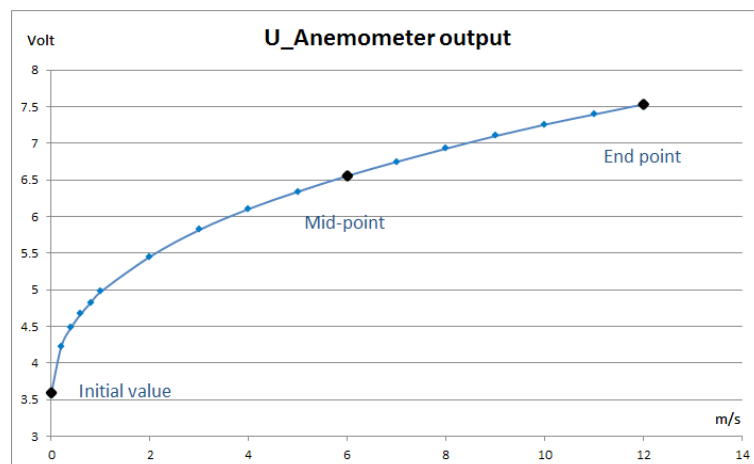


Рис. 1 – Рівняння перетворення витратоміра в діапазоні вимірювання від 0 до 12 м/с
Значення n і k визначається за допомогою калібрування потоку в 3 точках:
1. Початкове значення (значення U_0 при нульовому потоці):

$$U_0 = 3.6 \text{ В при } v_0 = 0 \text{ м/с} \quad U = 3.6B \cdot \sqrt{1 + k \cdot (0\text{м/с})^n} = 3.6B; \quad (3)$$

Точка знаходиться на нульовому потоці, наприклад, із значенням 3,6 В на аналоговому виході. За допомогою цього регулювання всі допуски товщини стружки, товщини пасивації скла (+/- 10 мкм), а також допуски опорів нагрівача, компенсуються.

2. Середина діапазону вимірювання:

$$U_{50\%} = 6.6 \text{ В при } v_{50\%} = 6 \text{ м/с} \quad U = 3.6B \cdot \sqrt{1 + k \cdot (6\text{м/с})^n} = 6.6B; \quad (4)$$

3. Верхня межа вимірювання:

$$U_{100\%} = 7.5 \text{ В при } v_{100\%} = 12 \text{ м/с} \quad U = 3.6B \cdot \sqrt{1 + k \cdot (12\text{м/с})^n} = 7.5B. \quad (5)$$

Якщо вважати, що параметр n завжди може бути встановлений рівним 0.5, то константу можна розрахувати шляхом відношення швидкостей потоку за формулою:

$$k = \frac{\left(\frac{U_{50\%}}{U_0}\right)^2 - 1}{v_{50\%}^n} = \frac{2.36111}{6^{0.5}} = 0.964. \quad (6)$$

Для лінеаризації[2] вихідного сигналу термоанемометричного витратоміра пропонується розраховувати параметра k , шляхом розв'язання системи до якої входять рівняння (3) – (5). При цьому необхідно задатись значеннями U_0 і n , а також знати верхню межу вимірювання для присвоєння їй максимального значення вихідної напруги.

Результати лінеаризації представлені на рис. 2 (U – виміряне значення вихідної напруги в залежності від масової витрати та параметрів n і k).

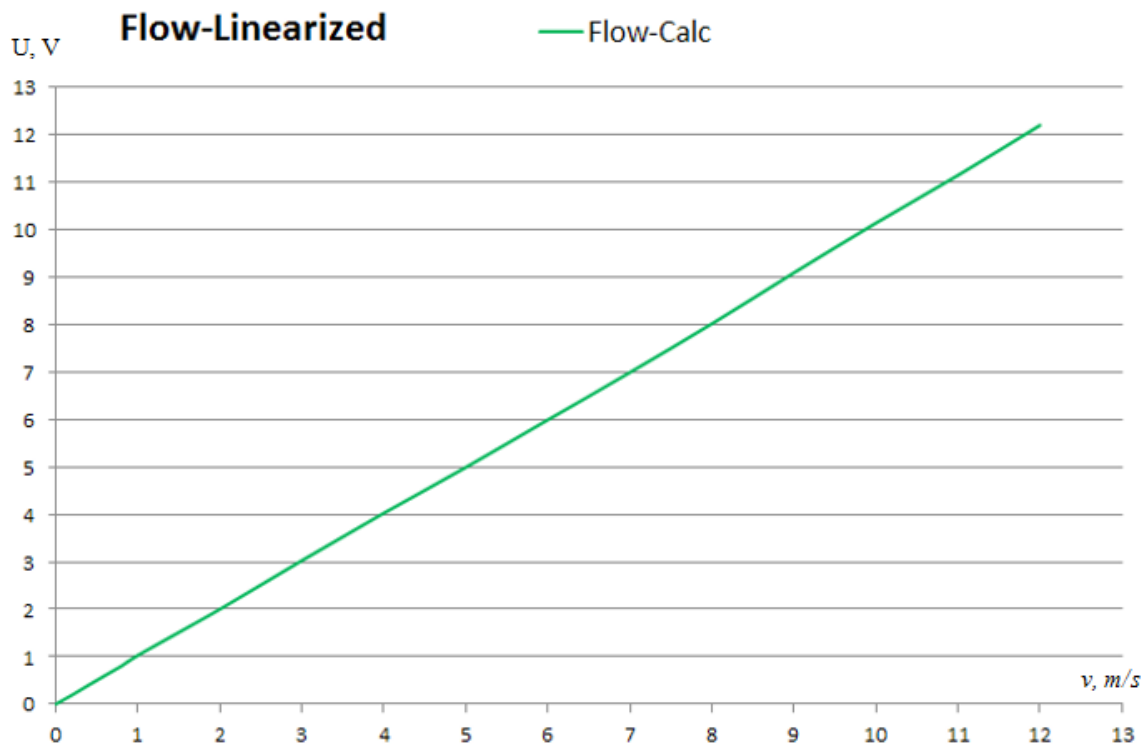


Рис. 2 – Лінеаризоване рівняння перетворення витратоміра

Список літературних джерел

1. Електронний ресурс. – Режим доступа: https://www.ist-ag.com/sites/default/files/AFFS5_E.pdf .
2. Васілевський О. М. Актуальні проблеми метрологічного забезпечення : [навчальний посібник] / О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко. - Вінниця : ВНТУ, 2010. – 214 с. – ISBN 978-966-641-348-5.