

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 666.9. 001: 691.2

Пастушенко В. Й., к.т.н., доцент, Восвода В. В., магістрант

(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ В СКЛАДІ SCADA-СИСТЕМИ TRACE MODE

Розроблено програмний модуль в складі SCADA-системи для вимірювання витрати газу методом змінного перепаду тиску та розрахунку параметрів звужувального пристрою. Є можливість візуального перегляду, архівування, передачі інформації по GSM-каналю.

Ключові слова: витрата газу, програмний модуль, SCADA, GSM канал.

Постановка проблеми. Відсутність обліку енергоносіїв завжди призводить до їх нераціонального використання, а отже, і до їх втрат. В рамках постійного підвищення вартості енергоносіїв особливо актуальними є питання вибору та обґрунтування методів та засобів їх вимірювання.

Стан вивчення проблеми. Для обліку енергоносіїв, особливо природного газу в магістральних та в інших трубопроводах діаметром понад 100 мм, здебільшого використовуються витратоміри змінного перепаду тиску із стандартними пристроями звуження потоку. Вимірювання за цим методом нормуються міжнародними стандартами ISO 5167, ISO 5168. В Україні розроблено проект нового міждержавного нормативного документа [1] для методу змінного перепаду тиску, який відповідає міжнародним стандартам. Технічні засоби, що реалізують цей метод, як правило, містять первинні перетворювачі, мікропроцесорний пристрій для реалізації достатньо складних обрахунків, які є складовою методу, та засоби передачі і відображення інформації.

Завдання і методика досліджень. Оперативне управління технологічними процесами на сучасних підприємствах реалізується з використанням SCADA-систем. При інтегруванні каналів обліку енергоносіїв за методом змінного перепаду тиску в інформаційну підсистему SCADA-системи і відсутності жорстких вимог до режиму реального часу доцільним є реалізація всіх розрахунків методу в рамках матема-

тичного забезпечення SCADA-системи, яке містить кілька вбудованих інженерних мов програмування. Це дозволяє відмовитися від мікропроцесорних засобів обробки і при достатній кількості інформаційних каналів зменшити вартість системи. Таким чином, поставлена задача розробки програмного модуля для реалізації методу змінного перепаду тиску в рамках достатньо поширеної SCADA-системи TRACE MODE [2].

Результати досліджень. Суть вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску полягає в наступному. У трубопроводі, в якому тече плинне середовище, встановлюється пристрій звуження (діафрагма), який створює звуження потоку цього середовища. При цьому здійснюється перетворення частини потенціальної енергії потоку в кінетичну, внаслідок чого збільшується середня швидкість руху середовища і, відповідно, зменшується статичний тиск у цьому звуженні порівняно із статичним тиском перед пристроєм звуження потоку. Різниця значень цих тисків залежить від витрати потоку. Отже, вказана різниця значень цих тисків, тобто перепад тиску Δp на пристрої звуження потоку, може бути мірою витрати.

Рух потоку газоподібного середовища через пристрій звуження потоку аналогічний руху потоку реальної рідини і схематично зображений на рис. 1.

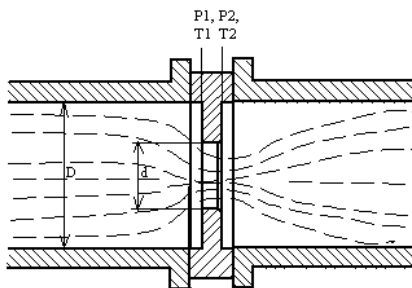


Рис. 1. Схема протікання газу через діафрагму

Рівняння масової витрати q_m газоподібного середовища та рівняння об'ємної витрати газу в робочих умовах q_v і приведену до стандартних умов q_c :

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot C \cdot E \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{2 \cdot (p_1 - p_2)} \cdot \rho = q_v \cdot \rho = q_c \cdot \rho_c, \quad (1)$$

$$q_v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot C \cdot E \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho}}, \quad (2)$$

$$q_c = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot C \cdot E \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{\rho_c} \cdot \sqrt{2 \cdot (p_1 - p_2) \cdot \rho}, \quad (3)$$

де d – діаметр отвору або горловини звужувального пристрою; C – коефіцієнт витікання; E – коефіцієнт швидкості входу; β – відносний

діаметр $\beta = \frac{d}{D}$; p_1, p_2 – тиски відповідно на вході та на виході діафрагми; ρ – густина газу, ρ_c – густина газу за стандартних умов.

Апаратно система моніторингу витрати газу містить первинні перетворювачі тиску та температури, модулі вводу аналогових сигналів і автоматизоване робоче місце на базі персонального комп'ютера із встановленим програмним забезпеченням TRACE MODE. Для програмування алгоритмів функціонування систем управління чи моніторингу в TRACE MODE включені стандартні мови програмування промислових контролерів ST, SFC, FBD, LD та IL. Програмний модуль розрахунку витрати, враховуючи специфіку обчислень, реалізовується мовою ST.

Розроблений програмний модуль забезпечує два режими роботи, які найчастіше використовуються при реалізації методу змінного перепаду тиску:

- вимірювання витрати газу;
- розрахунок параметрів пристрою звуження потоку під задану верхню границю вимірювання перепаду тиску на пристрої звуження потоку.

В режимі вимірювання витрати газу здійснюється вимірювання об'ємної витрати газу при робочих умовах, приведеної до стандартних умов та масової витрати газу.

Для розрахунків необхідно задати параметри пристрою звуження потоку (діафрагми) та параметри потоку: діаметр діафрагми d , діаметр труби D , показник адиабати газу k , коефіцієнт стисливості газу K , тиск, температура та густина газу за стандартних умов. З давачів знімаються наступні сигнали: температура та тиск газу до та після звужувача пристрою (діафрагми). Всі параметри вводяться у зручному для користувача інтерфейсі (рис. 2). Після цього визначаються коефіцієнти рівняння витрати.

Коефіцієнт витікання розраховується для всіх типів пристроїв звуження потоку, але розрахунки можливі лише за наявності інформації про наступні складові : $\mu_d, \phi_1, \phi_2, \psi_1, \psi_2, \xi$.

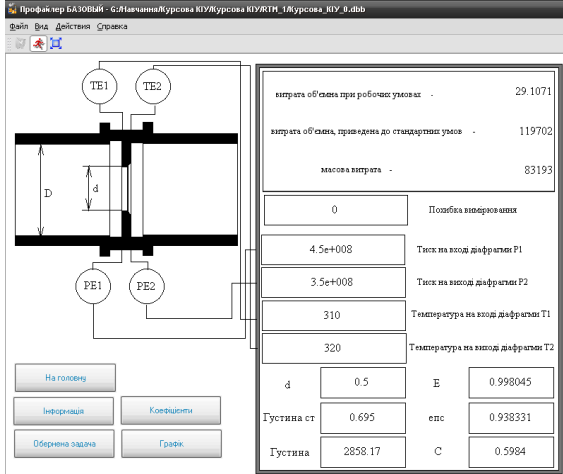


Рис. 2. Задання параметрів

$$C = \frac{\mu_d \sqrt{1 - \beta^4}}{\sqrt{\phi_2 - \psi_2 + \xi - (\phi_1 - \psi_1) \beta^4 \mu_d^2}}, \quad (4)$$

де μ_d – відповідно коефіцієнт звуження потоку, $\beta = d/D$ – відносний діаметр, ϕ_1, ϕ_2 – коефіцієнти Коріоліса, ψ_1, ψ_2 – коефіцієнти швидкісного напору, ξ – коефіцієнт гідравлічного опору.

Коефіцієнт витікання C , коли невідомі наведені вище коефіцієнти, можна знайти за рівнянням (за відносною площею) :

$$C = \alpha_u \cdot \sqrt{1 - m^2}, \quad (5)$$

де $m = \beta^2$ – відносна площа;

α_u – вхідний коефіцієнт витрати:

$$\alpha_u = \begin{cases} 0,5959 + 0,04m + 0,3m^2 & \text{для } m < 0,3 \\ 0,6100 - 0,055m + 0,45m^2 & \text{для } 0,3 < m \leq 0,5. \\ 0,3495 + 1,4454m - 2,4249m^2 + 1,8333m^3 & \text{для } m > 0,5 \end{cases} \quad (6)$$

У пристрої звуження потоку коефіцієнт швидкості входу E визначає частку впливу початкової кінетичної енергії у перетворенні кінетичної енергії струмини, яка виходить із пристрою звуження потоку, і залежить лише від відносного отвору пристрою звуження потоку та розраховується за рівнянням

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}}. \quad (7)$$

Коефіцієнт розширення ε стискуваного середовища для діаграм визначають за рівнянням, яке було отримане на базі опрацювання результатів експериментальних досліджень:

$$\varepsilon = 1 - (0,351 + 0,256\beta^4 + 0,93\beta^8) \left(1 - \tau^{\frac{1}{k}} \right), \quad (8)$$

$$\tau = 1 - \frac{\Delta p}{P_1}. \quad (9)$$

Визначаємо густину газу:

$$\rho = \rho_c \frac{PT_c}{P_cTK}, \quad (10)$$

де P – тиск, кПа; $P_c = 101325$ кПа – тиск за стандартних умов; T – температура, К; $T_c = 293,15$ К – температура за стандартних умов;

$K = 0,98931$ – коефіцієнт стискуваності.

Після ідентифікації всіх коефіцієнтів за формулою (2) визначається об'ємна витрата газу. В модулі передбачено можливість архівування отриманих значень витрат, візуалізація із використанням динамічних трендів (рис. 3), а також можливість передачі інформації по GSM-каналі.

Режим розрахунку параметрів пристрою звуження потоку під задану верхню границю вимірювання перепаду тиску на пристрої звуження застосовується у тих випадках, коли апіорі вже заданий спосіб вимірювання перепаду тиску із відомим значенням верхньої допустимої границі вимірювання перепаду тиску Δp_{en} .

Порядок розрахунку при цьому є наступним:

1) При вимірюванні надлишкового P_n та атмосферного P_a тиску середовища визначають значення абсолютного тиску P середовища за рівнянням

$$P = P_n + P_a. \quad (11)$$

- 2) Розраховують термодинамічну температуру за рівнянням

$$T=t+273,15. \quad (12)$$

- 3) Для газів перевіряють виконання нерівності

$$\Delta p_{en} < 0,25 p. \quad (13)$$

- 4) Розраховують допоміжну величину $B_{\Delta p}$

$$B_{\Delta p} = \sqrt{\frac{4q_{ymax}}{\pi D^2 \sqrt{2 \frac{\Delta p_{en}}{\rho}}}}. \quad (14)$$

- 5) Визначають перше наближення відносного діаметра β_1 пристрою звуження потоку за рівнянням (β_{min}, β_{max} – межі допустимих значень відносних діаметрів за ISO)

$$\beta_1 = \frac{\beta_{min} + \beta_{max}}{2}. \quad (15)$$

- 6) Розраховують значення діаметра отвору діафрагми d

$$d = \beta_1 \cdot D. \quad (16)$$

- 7) Знаходимо значення поправочного коефіцієнта на шорсткість K_u

$$K_u = a \cdot \beta^2 + b \quad (17)$$

$$a = \begin{cases} 0 & \text{для } D > 0,3 \\ (D - 0,3)(-1,066D^2 + 0,36D - 0,13) & \text{для } D \leq 0,3 \end{cases}.$$

$$b = \begin{cases} 1 & \text{для } D > 0,3 \\ 1 + (D - 0,3)(-0,08D^2 + 0,024D - 0,046) & \text{для } D \leq 0,3 \end{cases}.$$

- 8) Визначають значення E, C, ε за формулами наведеними вище.

- 9) Уточнюють відносний діаметр β_2

$$\beta_2 = \frac{B_{\Delta p}}{\sqrt{CEK_u \varepsilon}}. \quad (18)$$

- 10) Розраховують відносне відхилення

$$\delta_{\beta} = \frac{|\beta_1 - \beta_2|}{\beta_2} \cdot 100\% . \quad (19)$$

11) Визначають значення числа Рейнольдса

$$Re = \frac{4}{\pi} \frac{q_{vmax} \rho}{D \mu} . \quad (20)$$

12) Перевіряють умову

$$d > d_{min} = 0,0125 \text{ м.}$$

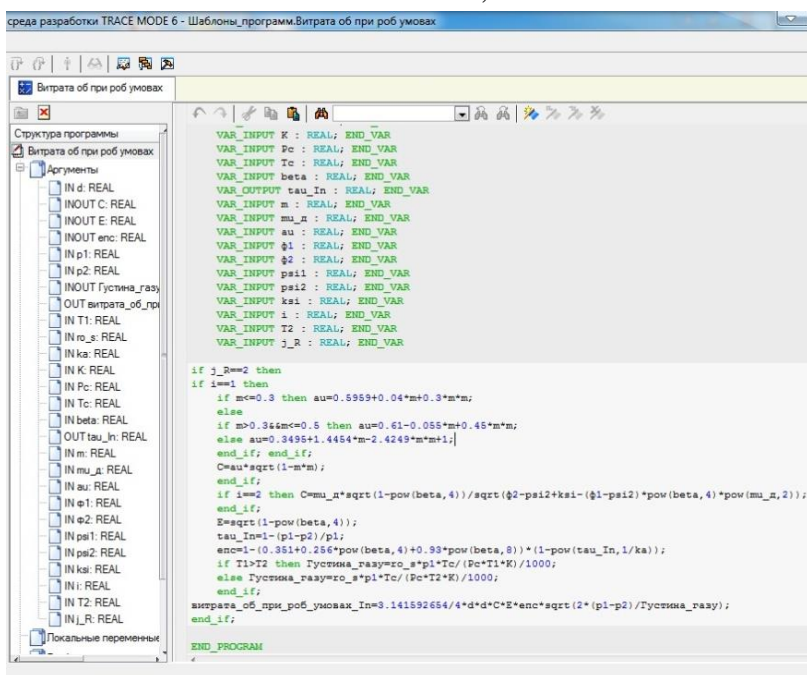


Рис. 3. Фрагмент коду програми для знаходження об'ємної витрати при робочих умовах

Висновки. Розроблено програмний модуль для SCADA-системи TRACE MODE, який забезпечує розрахунок витрати газу згідно з проектом нового міждержавного нормативного документа для методу змінного перепаду тиску. Модуль, реалізований мовою програмування промислових контролерів ST, забезпечує розрахунок витрати, архівування та візуалізацію інформації. Передбачено також режим розрахунку параметрів звужуючого пристрою під задані умови вимірювання.

Програмний модуль може бути використаний при розробці проектів моніторингу енергоносіїв.

1. Пістун Є. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску // Є. Пістун, Л. Лесовой. – Львів : ЗАТ ІЕОЕ, 2006. – 570 с. **2.** TRACE MODE 6 : Руководство пользователя. – Том 1, 2. – Москва, 2007. – 1000 с.

Рецензент: д.т.н., професор Древецький В. В. (НУВГП)

**Pastushenko V. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Voievoda V. V., Graduate Student** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

THE SOFTWARE MODULE FLOW MEASUREMENT AS A PART OF TRACE MODE SCADA-SYSTEM

A software module in the SCADA-systems for the measurement of gas flow by differential pressure method and calculation of parameters of the primary device has been developed. There is a possibility to visually browse, archive, transfer information on the GSM-channel.

Keywords: gas flow rate, the program module, SCADA, GSM-channel.

Пастушенко В. И., к.т.н., доцент, Воевода В. В., магистрант
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА В СОСТАВЕ SCADA-СИСТЕМЫ TRACE MODE

Разработан программный модуль в составе SCADA-системы для измерения расхода газа методом переменного перепада давления и расчета параметров сужающего устройства. Есть возможность визуального просмотра, архивирования, передачи информации по GSM-каналу.

Ключевые слова: расход газа, программный модуль, SCADA, GSM-канал.