

О. Кріль, Б. Кріль

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ГАЗОАНАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ПРИГОТУВАННЯ АЗОТО-АРГОНОВОЇ СУМІШІ

© Кріль О., Кріль Б., 2005

**In this paper we presented a results of application of gas analyser which is embeded in units for continuous preparation of nitrogen-argon mixture. This units are applied in manufacturing of incandescent lamp. In paper we also described the ways of improving of metrological characteristics of such gas analysers.**

**Постановка проблеми.** При розробці та впровадженні системи для неперервного приготування азото-аргонової суміші з продуктивністю 28 м/год у виробництві електричних ламп розжарення (ВАТ “Іскра”, м. Львів) за основу було взято схему з регулюванням співвідношення витрат двох потоків чистих газів – азоту і аргону, регулюванням загальної витрати суміші по тиску на вході споживача та корегуванням точного значення заданої концентрації за показами газоаналізатора азото-аргонової суміші [1].

**Аналіз останніх досягнень.** Раніше приготування азото-аргонової суміші для наповнення електричних ламп розжарення велося об’ємно-манометричним методом в батареї балонів високого тиску. Значення концентрації азоту в аргоні визначалося як під час приготування суміші, так і в процесі її використання, оскільки ця суміш має властивість розшаровуватися під час зберігання. Абсолютна зміна концентрації в часі при цьому сягає 2 % за заданого значення 14 % азоту в аргоні. Для контролю цього процесу був спеціально розроблений газоаналізатор азоту в аргоні ТГДА-2 на базі зразкового газоаналізатора ТГДА-1, принцип дії якого ґрунтується на комбінованому методі вимірювання концентрації з двох методів – термокондуктометричного і газодинамічного [2]. Основна зведена похибка для цього газоаналізатора не перевищує 1,0 % в діапазоні вимірювання 0–20 % азоту в аргоні, стала часу вимірювання – 15 с, час встановлення показів з вказаною вище похибкою – 120 с.

Цей газоаналізатор був використаний і в системі для неперервного приготування азото-аргонової суміші, яка істотно переважає попередній метод приготування суміші за точністю приготування, забезпечує економію чистих газів та вищу чистоту суміші, оскільки гази на приготування поступають зразу з танків зберігання їх в рідкому стані після газифікаторів.

**Формування завдань досліджень і виклад основного матеріалу.** Під час експлуатації системи встановлено, що втрата точності вимірювання концентрації відбувається при перетвореннях аналогових сигналів від чутливих елементів в уніфікований струмовий сигнал та при перетворенні в цифрову форму в аналого-цифровому перетворювачі контролера, а також є завищеною динамічна похибка через теплову інерцію чутливих елементів.

Ці недоліки були усунуті в подальшій розробці газоаналізатора азото-аргонової суміші ТГДА-3, причому газодинамічна схема запозичена з попередньої розробки без змін.

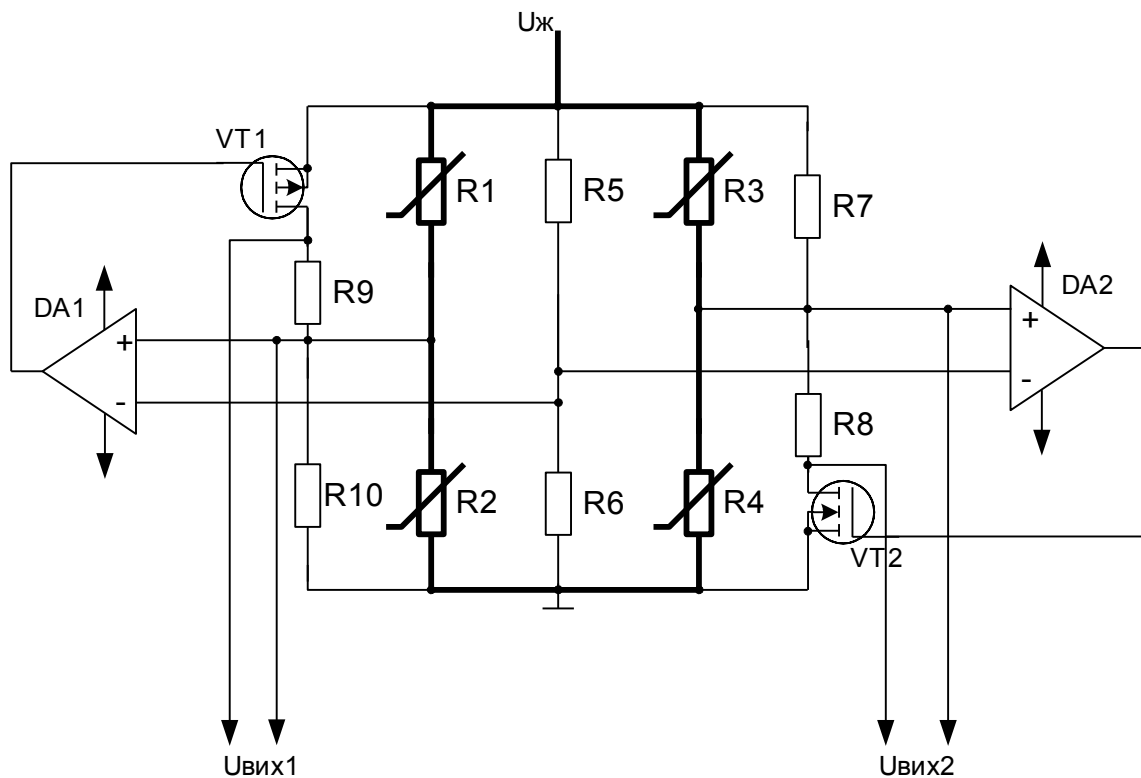
У ньому вихідний сигнал з мостикової вимірювальної схеми безпосередньо поступає на двоканальний аналого-цифровий перетворювач AD7705, далі сигнал обробляється двома мікроконтролерами PIC16F84, один з яких керує аналого-цифровим перетворювачем та формує протокол зв’язку Modbus, який передається в стандарті зв’язку RS-485. Другий мікроконтролер

здіяний в схемі динамічної індикації концентрації. Усі вузли вимірювальної схеми газоаналізатора живляться від окремих гальванічно розмежованих джерел для зменшення впливу через можливі спільні кола та шляхом наведення паразитних ЕРС на чутливі елементи схеми, тобто весь монтаж виконаний з дотриманням зіркоподібної спільної точки. Формувач сигналу в стандарті RS-485 додатково розмежований оптопарами.

Керування газозмішувальним пристроєм здійснюється вільнопрограмованим контролером TSX Compact PC-E984-258, який має два порти RS-232. Один з портів через перетворювач RS-232/RS-485 задіяний в системі верхнього рівня керування, а другий – через такий самий перетворювач, окремо виділений для зв'язку з газоаналізатором та іншими пристроями, наприклад, перетворювачами тензодавачів ваги рідких газів. Застосування передачі інформації про концентрацію по мережі дало змогу зменшити похибку на 0,3 % порівняно з попередньою розробкою.

Покращання динамічних характеристик досягнуто за рахунок зміни режиму живлення чутливих теплових елементів, оскільки об'єми газодинамічної схеми мінімізовані, а режими протікання суміші досліджувались і оптимізувались в попередніх розробках. Чутливі елементи працюють в режимі з постійною температурою чутливих елементів, причому схема увімкнення має переваги по стабільності в часі та температурній компенсації початкових показів схем з постійним струмом або напругою живлення та по швидкодії схем з постійною температурою чутливих елементів. Для цього до звичайної мостової вимірювальної схеми з чотирьох чутливих елементів під'єднано додатковий подільник з двох однакових прецизних опорів, щодо яких підтримується рівноважний стан мостової схеми шляхом шунтування польовими транзисторами чутливих елементів, температура і опір яких змінюється за зміни концентрації.

Принцип роботи такої схеми увімкнення чутливих елементів відображає рисунок.



*Принципова схема вимірювального моста газоаналізатора з постійною температурою чутливих елементів*

На рисунку товстішою лінією помічено вимірювальний міст з чотирма чутливими елементами R1-R4, з них R1 і R4 – вимірювальні і встановлені в проточних комірках, через які пропускається аналізована суміш, а R2 і R3 – порівняльні і встановлені в герметичних комірках з

аргоном або в проточних комірках, через які пропускається порівняльний газ. Прецизні однакові опори R5 і R6 утворюють згадуваний вище додатковий подільник, щодо якого шляхом зміни опорів каналів польових транзисторів VT1 і VT2 змінюється струм, який протікає через чутливі вимірювальні елементи R1 і R4. Напруги розбалансування підсилюються операційними підсилювачами з малими напругами зміщення DA1 і DA2 і поступають на заслони польових транзисторів VT1 і VT2. Вихідний сигнал знімається з опорів R8 і R9, спадок напруги на яких визначається зміною струму через вимірювальні чутливі елементи, необхідною для збереження постійної температури вимірювальних чутливих елементів при зміні концентрації газової суміші. Опори R7 і R10 призначені для виставлення початкового балансування мостової вимірювальної схеми і вони потрібні тільки у випадку, коли температура і опір вимірювальних чутливих елементів R1 і R4 зменшуються за збільшення концентрації компонента, що вимірюється, або у разі, коли газ, яким заповнені комірочки з порівняльними чутливими елементами R2 і R3, не відповідає складу газової суміші на початку діапазону вимірювання.

За зміни складу газової суміші змінюються її теплофізичні параметри і відведення тепла від чутливих елементів. Збільшення вмісту азоту в азото-аргонній суміші призведе до збільшення відводу тепла від чутливих елементів R1 і R4, зниження їх температури та зменшення електричного опору. Це призводить до розбалансування мостових схем, утворених опорами R1, R2, R5, R6 і R3, R4, R5, R6, відповідно. Напруги розбалансування підсиляться операційними підсилювачами DA1 і DA2, які керуючи напругою на заслонах польових транзисторів VT1 і VT2, змінять опір їхніх каналів і повернуть схему до попереднього стану рівноваги. При цьому зміняться спадки напруг на опорах R9 і R10 – Uвих1 і Uвих2, відповідно, які будуть пропорційні до зміни концентрації. Значення цих спадків напруг вимірюються двоканальним аналого-цифровим перетворювачем і додаються за подальшої обробки вихідного сигналу для зменшення похибок від нестабільності опорів R5 і R6.

**Висновки.** Ця схема має переваги по стабільності початкових показів на рівні звичайних мостових вимірювальних схем, яка недосяжна для класичних схем з постійною температурою чутливого елемента [3]. Цим рішенням вдалося зменшити час встановлення показів з заданою похибкою до 70 с, що дало змогу покращити роботу системи приготування азото-аргонової суміші в перехідних режимах.

Газоаналізатор є одним з основних елементів системи для неперервного приготування азото-аргонної суміші по реалізованій схемі і, враховуючи те, що за його показами формується кінцеве значення концентрації газової суміші, покращання його метрологічних характеристик привело майже до адекватного покращання характеристик системи. Це одне з небагатьох завдань, де перехід до цифрового вигляду передачі інформації про концентрацію так істотно впливає на характеристики технологічного пристрою. Необхідно сказати, що вибрана схема побудови газозмішувального пристрою найскладніша за структурою з розроблених, але вона уможливила одержати найкращі експлуатаційні характеристики: високу точність значення концентрації суміші при змінній продуктивності. Для окремих технологічних ліній на певні типи ламп розжарення на базі розробленого газоаналізатора можна створити простіші і дешевші газозмішувальні пристрої, наприклад, без регулювання тиску суміші на виході. Також актуальним завданням одержання порівняно невеликих витрат азото-аргонової суміші для окремих типів ламп з іншим значенням концентрації азоту в аргоні, яка може бути вирішена шляхом додавання до готової суміші, яка поступає з основної заводської системи, азоту або аргону з керуванням цим процесом по такому самому газоаналізатору і з застосуванням програмованого контролера невеликої потужності.

1. Кріль Б., Кріль О., Ващурак Ю., Іватів В., Білецький Н., Гоцуляк О. Газозмішувальний пристрій великої продуктивності для виробництва джерел світла // Матеріали Міжнародної конференції "Проблеми економії енергії", 8-10.10, 2003. – Львів, 2003. 2. Кріль Б.А., Кріль О.В., Іватів В.А., Ващурак Ю.З. Газоаналізатор азоту в аргоні для контролю процесу приготування газових сумішей для наповнення електроосвітлювальних ламп // Вісник НУ "Львівська політехніка"

“Теплоэнергетика. Инженерия докiлля. Автоматизация”. – 1997. – № 318. 3. Розинов Г.Л., Скрупский С.В. Термокондуктометрические преобразователи состава и свойств газа с постоянной температурой терморезистора. Обзорная информация. – М., 1978.

УДК 536.532

В. Фединець

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

## ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ВІД ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПІД ЧАС ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

© Фединець В., 2005

**It is offered to a way of reduction of an error from heat conductivity which expediently and effectively to use at designing real converters of temperature of gas flows.**

**Постановка завдання.** Під час вимірювання температури газових потоків термоперетворювачі в певний спосіб повинні закріплюватися в деякій арматурі (трубопроводи, резервуари, тощо), температура якої в загальному випадку відрізняється від температури потоку. Внаслідок цього розподіл температур за довжиною термоперетворювача буде нерівномірним. Із-за тепловідведення по корпусу і з'єднувальних та термоелектродних провідниках температура чутливого елемента термоперетворювача відрізнятиметься від дійсної температури газового потоку.

Кількісно оцінка цього явища може бути одержана із аналізу теплового балансу за дії на чутливий елемент термоперетворювача тільки конвективного теплового потоку і відведенні тепла до місця закріплення. Вплив тепловідведення на температуру чутливого елемента можна розглядати як процес теплообміну між газовим потоком і термоперетворювачем, виконаним у вигляді однорідного стрижня, який консольно закріплюється на стінці арматури, що має певне значення температури.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Розрахункова схема термоперетворювача та рівняння теплового балансу для визначення похибки за рахунок теплопровідності наведені у [1–3] та інших публікаціях. Розв'язок рівняння теплового балансу дає змогу записати похибку  $\Delta t_m$ , обумовлену тепловідведенням, у вигляді

$$\Delta t_m = \frac{t_0 - t_c}{chL\sqrt{\frac{4\alpha}{d\lambda}}}, \quad (1)$$

де  $t_0$  – температура гальмування газового потоку;  $t_c$  – температура термоперетворювача в точці кріплення його до арматури;  $L$ ,  $d$  – відповідно довжина і діаметр робочої ділянки термоперетворювача;  $\alpha$  – коефіцієнт конвективної тепловіддачі від газового потоку до чутливого елемента;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу чутливого елемента. Для спрощення вважається, що чутливий елемент по довжині має однакове значення  $\lambda$ . Необхідно враховувати також і ту обставину, що під час вимірювання температури високошвидкісних газових потоків чутливий елемент завжди буде показувати температуру, занижену на величину швидкісної похибки порівняно з температурою гальмування. Тоді співвідношення (1) можна записати в більш точному вигляді