

Як видно з графіків, чим менше значення η і більше значення τ_0 , тим більші похибки δ_{τ_0} , δ_{η} . Максимальна похибка визначення пластичної в'язкості η за наближеною статичною характеристикою не перевищує $\delta_{\eta} = 1,34\%$, а при визначенні граничного напруження зсуву максимальна похибка δ_{τ_0} досягає $10,67\%$.

Отже, якщо в діапазонах вимірювання граничного напруження зсуву і пластичної в'язкості в'язкопластичної рідини неможливо спроектувати вимірювальні перетворювачі τ_0 і η з похибками δ_{τ_0} і δ_{η} , що не перевищують допустимі, то реологічні параметри необхідно визначати з точних статичних характеристик, застосовуючи для їх розрахунку рівняння витратної характеристики мостового перетворювача (1).

1. Пистун Е.П., Кулик М.П., Крых А.Б. Гидродинамические измерительные системы и преобразователи реологических параметров неньютоновских жидкостей // Пневматические и гидравлические устройства и системы управления: X Межд. конф. «Яблонна-86». – М., 1986. – С.112-115. 2. А.с. 1092379 СССР. Устройство для определения реологических характеристик вязкопластичных сред / Е.П. Пистун, А.Б. Крых // Открыт. Изобрет. – 1984. – № 18. 3. Пистун Е.П., Крых А.Б. Основы расчета катилляров гидродинамической системы для измерения реологических характеристик буровых растворов // Контрольно-измерительная техника. – Вып.34. – 1984. С.38-43.

УДК 543.271.3

Приміський В.

Науково-дослідний інститут аналітичного приладобудування

ОСОБЛИВОСТИ ГАЗОАНАЛІТИЧНИХ ВИМІРІВ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

© Приміський В., 2000

Vector methods of processing of gas analytical systems measuring information have been investigated. Structural scheme of information processing is developed.

Автоматизація і вдосконалення технологічних процесів у промисловості, енергетиці, на транспорті вимагають швидкого автоматичного аналізу багатоконпонентних газових сумішей, які утворюються в ході різних технологічних процесів. На основі безперервного автоматичного аналізу можливе створення автоматичних систем керування технологічними процесами, пов'язаними з утворенням і використанням газів. Такі процеси існують в чорній і кольоровій металургії, нафтохімії, теплоенергетиці, виробництві надчистих матеріалів, електронних технологіях.

Більшість газоаналітичних вимірів – результат опрацювання непрямих вимірів. Послідовність аналізу похибок має такий вигляд:

1. У результаті визначення окремих аргументів непрямого виміру одержують групи спостережень по кожному аргументу, з яких виключають відомі систематичні похибки.

2. Перевіряють результати в кожній групі на відповідність нормальному закону розподілу, попередньо відкинувши значення, що різко виділяються.

3. Вираховують оцінку вимірюваних аргументів і параметрів їхньої точності.

4. Перевіряють відсутність кореляції між результатами спостережень кожних двох аргументів.

5. Вираховують результат непрямих вимірів і оцінку параметра його точності.

6. Знаходять довірчу випадкову похибку, невиключену систематичну похибку і загальну похибку результату вимірів.

Внаслідок усіх цих операцій можна одержати найбільш загальну форму подання результату вимірів:

$$X; \alpha; \delta; \varepsilon, \quad (1)$$

де δ – довірча межа невиключеної специфічної похибки, що відповідає довірчій можливості α ; ε – оцінка параметра випадкової похибки.

Ефективність роботи газоаналітичних систем (ГАС) значною мірою залежить від оптимальності процесів опрацювання вимірювальної інформації. Під час опрацювання результатів газоаналітичних вимірів розв'язують ряд задач. Основними з них є:

1. Виключення впливу зовнішніх дестабілізуючих чинників.

2. Зменшення впливу неінформативних компонентів.

3. Визначення функціональної залежності між окремими компонентами суміші або між характеристиками суміші і впливами на них.

Можливі два підходи до розв'язання задачі опрацювання вимірювальної інформації [1,2]:

а) визначення невідомих параметрів за мінімумом даних;

б) опрацювання надлишкових вимірів.

Розглянемо докладніше ці два способи.

Опрацювання за мінімумом даних передбачає упорядкування системи рівнянь:

$$X_i = f_i(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) + \gamma_i. \quad (2)$$

У цих рівняннях число невідомих параметрів n дорівнює числу рівнянь і сумарні похибки γ_i передбачаються нульовими, в ході опрацювання розв'язують систему нелінійних в загальному випадку рівнянь. Залежно від складу газової суміші, методів газового аналізу, реалізованих в ГА, можливі різноманітні спрощення й обмеження для зведення виразу (2) до лінійної системи рівнянь.

Задачу виділення незалежних компонентів суміші X_i за допомогою неселективних ПВП розв'язують в загальному випадку перетворенням вихідної множини X у допоміжну множини Y . Елементами цієї нової множини є – електропровідність, здатність поглинати інфрачервоне випромінювання та інші фізико-хімічні величини. Взаємооднозначну відповідність між множинами X і Y описують за допомогою функції $Y_i = \psi(X_i)$, де $i = 1 \dots n$. Складність розв'язання задачі зумовлена наявністю зв'язку $X_i = \varphi(X_1 \dots X_n)$. Нині існують два основні методи розв'язання задачі поділу і виміру залежних величин.

Перший пов'язаний із застосуванням моделі досліджуваного об'єкта, другий з упорядкуванням і розв'язанням системи рівнянь, що враховує відомі залежності. Перший метод заснований на створенні моделі газової суміші і наступному порівнянні моделі і аналізованої суміші на зовнішній вплив. Реакція моделі й аналізованої суміші зрівнюється доти, доки між контрольованими параметрами суміші і моделі не починає виконуватися визначене співвідношення. За міру близькості найчастіше беруть квадрат різниці сигналів. Цей метод не знайшов застосування в газовому аналізі через складність створення моделі – бага-

і вихідних сигналів [4]:

$$\begin{aligned}\bar{X} &= (X_j) \quad (j=1,2, \dots, i); \\ \bar{Y} &= (Y_j) \quad (j=1,2, \dots, j),\end{aligned}\quad (6)$$

де \bar{X} – вектор концентрації; \bar{Y} – вектор вихідних сигналів; j – номер ГА в ГАС.

При цьому ГАС можна уявити у вигляді перетворювача, який переводить вектор \bar{X} у вектор \bar{Y} за допомогою деякого перетворення, оператор якого позначимо A . Тоді в прийнятих позначеннях:

$$\bar{Y} = A(\bar{X}). \quad (7)$$

Завдання полягає в тому, щоб за відомими вихідними сигналами (7) визначити концентрацію \bar{X} , тобто знайти таке перетворення U , протилежне до A , яке мало переводити вектор \bar{Y} у вектор \bar{X} :

$$\bar{X} = U(\bar{Y}). \quad (8)$$

У пропозиції лінійності перетворень A та U вираз (6) можна подати в такому вигляді:

$$(Y_i) = (Y_{i0}) + [\alpha_{ij}] \cdot (X_j), \quad (i=1,2, \dots, j), \quad (9)$$

де Y_i – вектор вихідних сигналів; Y_{i0} – вектор деяких постійних, які враховують початкові сигнали газоаналізаторів (нульовий зсув); α_{ij} – матриця коефіцієнтів перетворення, що подають чутливості i -го газоаналізатора j -му компоненту; X_j – вектор концентрацій.

На рис.1 наведена апаратурна реалізація за допомогою ВУ виразу (8). Цей вираз також можна подати у вигляді лінійної системи:

$$\begin{aligned}Y_1 &= Y_{10} + \alpha_{11} \cdot X_1 + \alpha_{12} \cdot X_2 + \dots + \alpha_{1j} \cdot X_j; \\ Y_2 &= Y_{20} + \alpha_{21} \cdot X_1 + \alpha_{22} \cdot X_2 + \dots + \alpha_{2j} \cdot X_j; \\ Y_i &= Y_{i0} + \alpha_{i1} \cdot X_1 + \alpha_{i2} \cdot X_2 + \dots + \alpha_{ij} \cdot X_j; \\ Y_j &= Y_{j0} + \alpha_{j1} \cdot X_1 + \alpha_{j2} \cdot X_2 + \dots + \alpha_{jj} \cdot X_j;\end{aligned}\quad (10)$$

або скорочено $Y_i = Y_{i0} + \sum_{j=1}^i \alpha_{ij} \cdot X_j$ ($i=1, 2, \dots, j$).

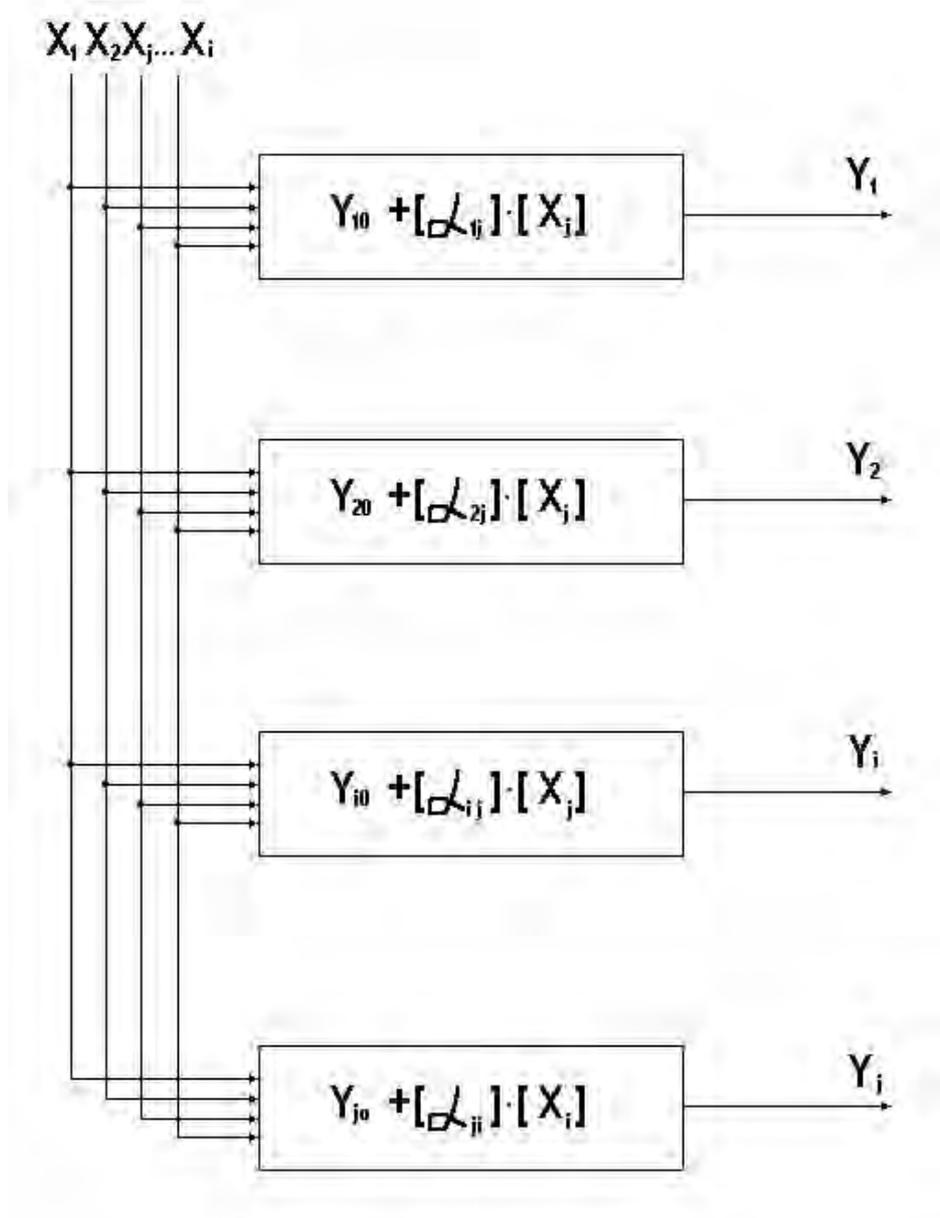
Для того, щоб знайти X_j за відомим Y_i необхідно розв'язати системи (8) або (9) щодо X_j . Проте слід застерегти, що система буде визначеною і матиме єдиний розв'язок тільки у випадку $j = i$, тобто число вимірюваних компонентів повинно дорівнювати числу компонентів, що заважають.

Для розрахунку параметрів моделі може слугувати метод найменших квадратів. Позначимо (X_j^n) вектор вимірюваних у традиційний спосіб концентрацій газової суміші в n -експерименті, (Y_j^n) – вектор відповідних вихідних сигналів. Тоді компоненти вектора квадрата відхилення ε_j^n вимірюваних значень концентрацій від значень, знайдених за допомогою регресійної моделі, у n -експерименті можна записати в такий спосіб:

$$\varepsilon_j^n = [X_j^n - (X_{i0} + \sum_{i=1}^i \beta_{ji} \cdot Y_i^n)]^2, \quad (j=1, 2, \dots, i). \quad (11)$$

Метод найменших квадратів, як відомо, полягає в мінімізації суми ε_j^n для всіх n експериментів, тобто:

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^n \varepsilon_j^n \quad (j=1, 2, \dots, i). \quad (12)$$



Структурна схема математичної моделі ГАС

Для мінімізації частинні похідні від ϵ_j по величинах X_{j0}, β_{ji} дорівнюють нулю і з отриманої системи знаходять X_{j0}, β_{ji} . У такому разі система нормальних рівнянь має вигляд:

$$n_{X_{j0}} + \sum_{i=1}^i \left(\sum_{n=1}^n Y_i^n \right) \cdot \beta_{ji} = \sum_{n=1}^n X_j^n ; \quad (13)$$

$$X_{j0} \sum_{n=1}^n Y_t^n + \sum_{i=1}^i \left(\sum_{n=1}^n Y_i^n \cdot Y_t^n \right) \beta_{ji} = \sum_{n=1}^n X_j^n \cdot Y_t^n ; \quad (t, j, i = 1, 2, \dots, i).$$

Розв'язуючи систему при цій умові, одержуємо розв'язок у такому вигляді:

$$[X_j] = [\alpha_{ji}]^{-1} (Y_i - Y_{i0}) = (X_{j0}) + [\beta_{ji}] (Y_i); \quad (14)$$

де $[\beta_{ji}]$ – матриця, протилежна матриці $[\alpha_{ij}]$, $[\beta_{ji}] = [\alpha_{ij}]^{-1}$; X_{j0} – вектор постійних, що характеризує зону нечутливості ГАС і враховує вплив концентрації компонентів, що не вимірюється комплексом, на вихідні сигнали ($X_{j0} = -Y_{i0}$).

Подамо (14) у вигляді суми:

$$X_j = X_{j0} + \sum_{i=1}^i \beta_{ji} \cdot Y_i, \quad (j = 1, 2, \dots, i). \quad (15)$$

З (15) випливає, що задача газового аналізу при такому формулюванні питання зводиться до визначення невідомих коефіцієнтів X_{j0} , β_{ji} , що є параметрами лінійної регресивної моделі. Для їх визначення проводять паралельно й одночасно газовий аналіз ГАС якими завгодно традиційними методами. При наборі достатньо великої кількості таких аналізів, невідомі коефіцієнти визначають статистичними методами. Оцінити необхідне число експериментів можна з виразу (15). Так, є усього $i_2 + i$ невідомих X_{j0} , β_{ji} потрібно $i_2 + i$ рівнянь типу (15) для їхнього знаходження. У такий спосіб N_{\min} число експериментів дорівнює $N_{\min} = i_2 + i$. Для коректного використання статистичних методів необхідно, щоб $N > N_{\min}$. З розглянутих структурних схем ГАС очевидно, що одним із найбільш відповідальних і визначальних вузлів ГАС є засоби обробки вимірювальної інформації. Саме вони дозволяють забезпечити виконання різноманітних алгоритмів роботи ГАС, які проаналізовані вище. Тому доцільно детальніше досліджувати особливості побудови УОВІ в ГАС [4,5,6].

1. Примиский В.П. Структурные схемы построения газоаналитических систем // Сборник научных трудов ВНИИАП. – К., 1984. – С.19-24. 2. Кравченко А.А., Максимова Ф.С., Примиский В.Ф. Коррекция погрешностей от неселективности датчиков в газоаналитических измерениях // Приборы и системы управления. – 1981. – № 11. С.12-13. 3. Герасимов Б.И., Глинкин Е.И. Микропроцессорные аналитические приборы. – М., 1989. 4. Примиский В.Ф. Структурные схемы и методы обработки информации в газоаналитических системах // Измерения, контроль, автоматизация. – 1985. – № 4. – С.12-18. 5. Пат. України № 9825. Хемілюмінісцентний газоаналізатор оксидів азоту. Опубл. 30.09.96. 6. Примиский В.Ф., Михальчевский В.Г., Цуканова Л.А. Автоматический газоанализатор 334 КПИ03 // Приборы и системы управления. – 1991. – № 1. С.29-30.

УДК 53.089.68:543.27

Теплюх З., Леськів Г.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ДРОСЕЛЬНИХ ЗМІШУВАЧІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ АНАЛІТИЧНИХ ПРИЛАДІВ

© Теплюх З., Леськів Г., 2000

This article contains the directions of solving the problems of calculation of throttle mixer schemes with equal and linear gas-dynamic resistances. They help to simplify building such apparatus and optimize its scheme.