

МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ В ДОВКІЛЛІ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

Ó Марікуца У.Б., Березюк Б.М., Іванців Р.Д., 2010

Розроблено теоретичні засади створення інформаційно-вимірювальних систем оперативного виявлення у повітряному середовищі отруйних хімічних речовин.

Theoretical basics are developed for creating an environmental-measuring system for the operational exposure in aerial environment of poisoned chemical matters.

Вступ

У більшості наукових досліджень в області виявлення небезпечних хімічних речовин в довкіллі не приділено достатньої уваги створенню автоматизованих вимірювальних систем з використанням технології МЕМС та ефективних заводостійких методів для виявлення у повітряному середовищі хімічних речовин в умовах дестабілізуючого впливу заважальних факторів [1–5]. Тому ця робота заповнює названу прогалину і є актуальною.

Структурна схема процесу моніторингу

Запропонована методологія побудови ІВС для оперативного виявлення у повітряному середовищі отруйних хімічних речовин полягає у створенні за загальною технологією МЕМС двоканальної вимірювальної системи з використанням двох ідентичних матриць хімічних сенсорів, що дає змогу сумістити в часі процес регенерації чутливих елементів однієї матриці з вимірюванням інформаційно-аналітичних сигналів другої матриці і забезпечити високу швидкість та достовірність моніторингу в умовах дії інтенсивних завод і шумів.

Структурну схему процесу оцінки сигналів мультисенсорних матриць та опрацювання вимірювальної інформації показано на рис. 1.

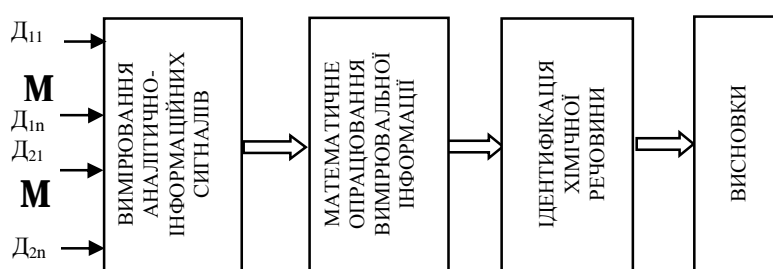


Рис. 1. Структурна схема процесу моніторингу повітряного середовища

Як бачимо з наведеної схеми, в ІВС використовуються дві ідентичні матриці, кожна з яких містить відповідно n (D_{11} - D_{1n} і D_{21} - D_{2n}) хімічних сенсорів. При цьому не настільки істотним є значення селективності окремих сенсорів, як їх перехресна чутливість до аналізованих речовин багатокomпонентної повітряної суміші.

Вимірювання та опрацювання результатів

Розроблений відповідно до запропонованої методики побудови ІВС спосіб передбачає послідовне вимірювання аналітичних сигналів кожної пари ідентичних сенсорів двох мультисенсорних матриць, які по чергово обдувають чистим повітрям і сумішшю повітря з шуканою

речовиною. Запропоновану циклограму вимірювання сигналів мультисенсорних матриць показано на рис. 2.

Кожний цикл t_q вимірювання містить чотири такти t_m , які займають відповідно часові інтервали t_1-t_2 , t_2-t_3 , t_3-t_4 і t_4-t_5 . Кожний такт містить етап підготовки t_n до вимірювання, протягом якого одну з матриць обдувають чистим повітрям, а іншу – повітрям з хімічними речовинами, і етап вимірювання t_g , протягом якого сигнали сенсорів обох матриць попарно вимірюють першим або другим вимірювальними каналами. За чотири такти повного циклу вимірювання кожену матрицю двічі обдувають повітрям із шуканою речовиною і двічі обдувають чистим повітрям, а вихідні сигнали сенсорів позмінно вимірюють вимірювальними модулями першого та другого каналів.

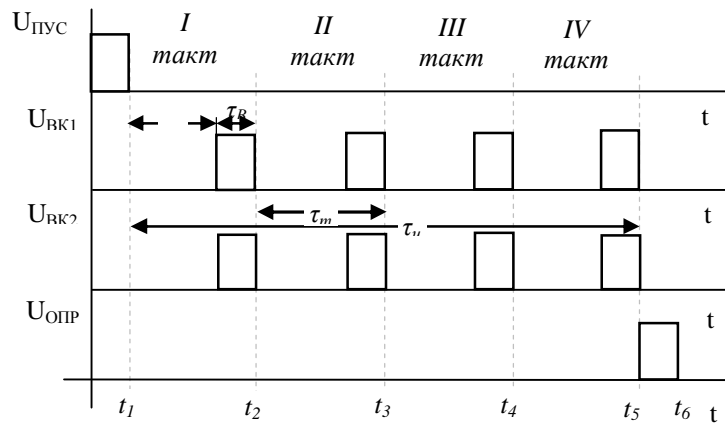


Рис. 2. Циклограма вимірювання і опрацювання результатів

Вектори інформаційно-аналітичних сигналів \bar{A}_{0j} та \bar{A}_{xj} на виходах відповідних мультисенсорних матриць під час їх обдування відповідно чистим повітрям або повітрям з аналізованим газом характеризуються виразами:

$$\bar{A}_{0j} = \begin{pmatrix} k_{d1}a_{01} \\ k_{d2}a_{02} \\ \dots \\ k_{dn}a_{0n} \end{pmatrix}; \quad \bar{A}_{xj} = \begin{pmatrix} k_{d1}a_{x1} \\ k_{d2}a_{x2} \\ \dots \\ k_{dn}a_{xn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $j = 1, 2$; k_{di} – коефіцієнт перетворення (чутливість) i -го сенсора мультисенсорної матриці; a_{0i} – значення вимірювальної величини на вході i -го сенсора під час обдування матриці чистим повітрям; a_{xi} – значення вимірювальної величини на вході i -го сенсора під час обдування матриці повітрям з хімічною речовиною.

Після перетворення отриманих протягом чотирьох тактів поточного циклу парних результатів вимірювання з аналогової в цифрову форму з кроком квантування ΔU отримують:

$$\left. \begin{aligned} \bar{S}_{011} &= \text{Int}[(k_1 \bar{A}_{01}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; & \bar{S}_{x22} &= \text{Int}[(k_2 \bar{A}_{x2}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; \\ \bar{S}_{012} &= \text{Int}[(k_1 \bar{A}_{02}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; & \bar{S}_{x21} &= \text{Int}[(k_2 \bar{A}_{x1}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; \\ \bar{S}_{x12} &= \text{Int}[(k_1 \bar{A}_{x2}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; & \bar{S}_{021} &= \text{Int}[(k_2 \bar{A}_{01}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; \\ \bar{S}_{x11} &= \text{Int}[(k_1 \bar{A}_{x1}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1; & \bar{S}_{022} &= \text{Int}[(k_2 \bar{A}_{02}) \frac{1}{\Delta U}] \pm 1, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де Int – функція виділення цілої частини числа.

Результати тактових вимірювань становлять:

$$\begin{aligned}\bar{S}_1 &= \bar{S}_{x22} - \bar{S}_{o11}; & \bar{S}_2 &= \bar{S}_{x21} - \bar{S}_{o12}; \\ \bar{S}_3 &= \bar{S}_{x12} - \bar{S}_{o21}; & \bar{S}_4 &= \bar{S}_{x11} - \bar{S}_{o22}.\end{aligned}\quad (3)$$

Математичне опрацювання результатів тактових вимірювань інформаційно-аналітичних сигналів мультисенсорних матриць, отриманих у поточному циклі, виконують на початку наступного циклу в межах часового проміжку $t5 - t6$. Результат циклового вимірювання, який в ідеальному випадку під час проведення експрес-контролю в лабораторних умовах може бути кінцевим і за яким проводять ідентифікацію аналізованої речовини, за рівних коефіцієнтів перетворення вимірювальних каналів становить:

$$\bar{S} = \text{Int}\left\{\frac{1}{2\Delta U} [(\bar{A}_{x1} - \bar{A}_{o1}) + (\bar{A}_{x2} - \bar{A}_{o2})]\right\} \text{ мВ}. \quad (4)$$

Отже, вираз (4) становить математичну модель оцінювання сигналів мультисенсорних матриць за результатами проведеного циклового вимірювання.

Критерієм виявлення у повітряному середовищі хімічної речовини є виконання умови:

$$\bar{S} = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_k \end{pmatrix} \geq \bar{S}_{KP}, \quad (5)$$

де $i=1..k$ – номер сенсора матриці; s_i – оцінка відгуку i -го сенсора; \bar{S}_{KP} – задане значення мінімальної оцінки сенсорних сигналів, яке свідчить про можливість наявності у повітряному середовищі хімічної речовини.

Висновки

Описаний підхід оцінки та опрацювання результатів вимірювання аналітично-інформаційних сигналів мультисенсорних матриць дають змогу звести до мінімуму похибку виявлення у повітряному середовищі малих концентрацій хімічних речовин за дії інтенсивних завад, співрозмірних величині корисного сигналу.

1. Бочаров Л.Ю. *Состояние и перспективы развития микроэлектромеханических систем за рубежом* / Л.Ю. Бочаров, П.П. Мальцев // *Микросистемная техника*. – М.: Новые технологии, 1999. – № 1. – С. 41–46. 2. Романов В. *Электронный нос: элементная база и принципы построения* / В. Романов // *ЕКУС*. – К.: VD MAIS, 2002. – № 10. 3. Henry Baltes. *The Electronic Nose in Liliput* / Henry Baltes, Dirk Lange, Andreas Koll // *IEEE Spectrum*. – 1998. – № 9. 4. Романов В. *Лабораторний та польовий практикум з екології* / під ред. В.П. Замостяна і Я.П. Дідуха. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. 5. *Пленочные мультисенсоры для идентификации запахов и газов* / В. Романов // *ЕКУС*. – К.: VD MAIS, 2003. – № 8.