

# Метрологія та вимірювальна техніка

УДК 398.1

О.В. Гавриш, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ П'ЄЗОРЕЗОНАНСНИХ СЕНСОРІВ

*В статті розглянуті причини оперативного використання приладів в безперервному або квазібезперервному режимі для контролю газового середовища та визначення його фізичних параметрів, охарактеризовані види та принцип дії газоаналізаторів, досліджені основні моделі та методи оцінки їх селективності.*

**Ключові слова:** п'єзореzonансні сенсорі; датчик; газовий склад; газоаналізатор.

### Вступ

**Постановка задачі.** Вимірювання хімічного складу і концентрації речовин широко використовуються для контролю технологічних процесів у хімічних, біологічних, геологічних дослідженнях, медицині, сільському господарстві та інших галузях. Діапазон вимірюваних концентрацій дуже широкий. У зв'язку з розвитком екології особливого значення набувають прилади для контролю чистоти біологічного середовища землі, води, повітря. Разом з тим для вимірювань вологості та концентрації ряду чистих речовин необхідні пристрої з верхньою границею вимірювання 100 %. Тому дослідження, які присвячені аналізу речовин за допомогою п'єзореzonансних сенсорів є актуальною науково практичною задачею у народному господарстві.

**Аналіз літератури.** У літературі: [1] – розглянуті принципи побудови хімічних сенсорів та їх раціонального використання для вимірювання хімічного складу речовин; [2] – розглянуті різноманітні методи конструювання хімічних вимірювальних перетворювачів; [3] – наведені найбільш розповсюджені схеми хімічних сенсорів та розкриті методи впровадження сенсорів у системах контролю; [4] – описані принципи генерації сигналів різної форми (синусоїдальних та імпульсних) в широкому діапазоні частот, що застосовуються у роботі хімічних сенсорів. Але в цій літературі не досліджені основні моделі та методи оцінки селективності хімічних сенсорів і газоаналізаторів, залежність результатів їх вимірювань від загального складу речовини та агрегатного стану.

**Метою статті** є аналіз автоматизованої системи на основі п'єзореzonансних сенсорів (ПРС) для визначення речовин в газових середовищах, легко керованою і надійною, а також простий у апаратурному оформленні.

### Основний матеріал

Для вимірювання мікроконцентрації визначеного компонента застосовуються фотоколориметри-

чні, хемілюмінесцентні, резонансного поглинання та деякі інші газоаналізатори.

Датчики, призначені для визначення хімічного складу газової суміші, одержали широке поширення, пов'язане, насамперед, з контролем за процесами горіння з метою економії енергії й скорочення забруднення атмосфери. Багато які з нових датчиків газового складу призначені для аналізу газового складу горючих сумішей або продуктів згорання:  $\text{PRO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{PRO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NOX}$ ,  $\text{CHX}$  і т.д.

Визначення датчиків спеціально дається жорстко. Аналізатори, які не розглядаються як датчики газового складу, це мас – спектрометри, аналізатори на основі хемілюмінесценції (іонізація газу під дією високоенергетичного ультрафіолетового випромінювання) і прилади ядерного магнітного резонансу (ЯМР).

При розробці власної системи нами було поставлено завдання підвищити достовірність ідентифікації компонента при одночасній простоті апаратурної реалізації самого п'єзореzonансних сенсорів пристрою. Поставлена задача була вирішена завдяки застосуванню в системі зразкового частотоміра (наприклад, 43 – 64), в напівавтоматичному режимі вимірює частоту. ПРС, при цьому частотомір управляється персональним комп'ютером, який оперативно обробляє результати вимірювань з урахуванням умов, задаються оператором. Структурна схема автоматизованої системи наведена на рис. 1.

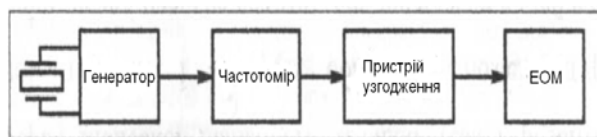


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи аналізу речовини з застосуванням пезорезонансних сенсорів

На рис. 2 наведена схема автоматизованої системи аналізу речовин із застосуванням ПРС: 1 – осередок детектування; 2, 3 – трубопроводи для

входу та виходу теплоносія, відповідно, 4 – п'єзореzonансний сенсор; 5, 7 – патрубок для введення і виведення аналізованої проби, відповідно; 6 – генератор коливань ПРС; 8 – частотомір

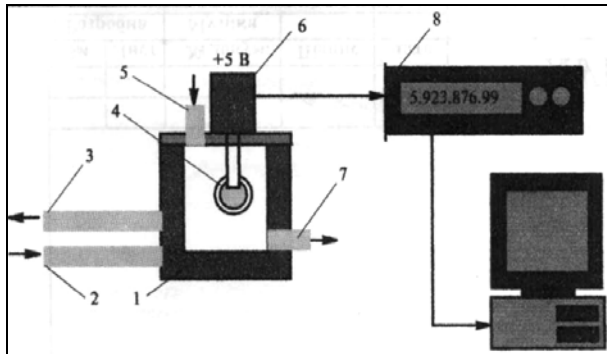


Рис. 2. Схема автоматичного управління системою аналізу речовини з застосуванням ПРС

Система працює наступним чином. Концентрація досліджуваної речовини (аналіту) встановлюється за швидкістю його сорбції на поверхні сорбенту, розташованого на металевих електродах ПРС. Швидкість сорбції визначається непрямим вимірюванням маси речовини, що приводить до зменшення частоти власних коливань в результаті сорбції на електродах ПРС.

Період автоматичних вимірювань задає оператор комп'ютера, виходячи із завдань дослідження.

Облаштування узгодження ПРС з персональним комп'ютером виконане з використанням інтерфейсу 3.049.041, призначеного для сполучення частотоміра з каналом загального користування

Основу структурної схеми становлять паралельні інтерфейси ППІ 1 і ППІ 2, що зв'язують шини даних з сигналами інтерфейсу (рис. 3).

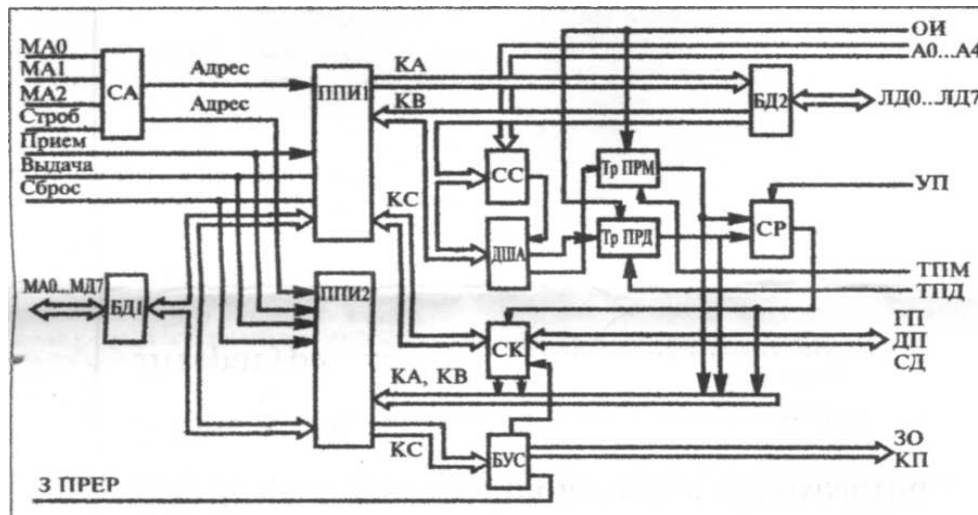


Рис. 3. Схема інтерфейсу 3.049.041 для створення частотоміра з каналом загального користування

Селектор адреси СА виконує функцію адресації ППІ 1 і ППІ 2 залежно від стану вхідних адресних сигналів МА0, МА 1, МА 2 і СТРОБ).

Двонаправлений три стабільний буфер даних БД1 виконує роль підсилювача потужності сигналів даних від ППІ 1 і ППІ 2 і здійснює буферизацію їх входів щодо шини даних МД0-МД7. Кожен з паралельних інтерфейсів розгалужує шину даних на три канали. Канал КА ППІ 1 використовується для виведення даних у КОП, канал КВ – для введення даних з КОП, канал КС – для формування сигналів квитирування (синхронізації).

Канали КАКВ ППІ 2 використовуються для введення сигналів стану в режимах прийому і передачі модуля, а канал КС – для виведення керуючих сигналів в КОП.

Схема порівняння СС порівнює адреси приладу в системі КОП зі станом адресних перемикачів АТ-А4. Вихідний сигнал СС дозволяє роботу дешифратора адреси ДША, керуючого тригерами прийому ТрПРМ і передачі ТрПРД. Ці тригери спі-

льно зі схемою режиму СР визначають режим роботи інтерфейсу – на прийом або на передачу.

Схема квитирування пов'язує сигнали синхронізації КОП (ДП, ДПІ СД) з сигналами синхронізації введення/виведення даних ППІ 1. Буфер керуючих сигналів (БУС) збільшує потужність керуючих сигналів КОП (КП і ЗО) і сигнал "запит переривання" (З ПРЕР).

Буфер даних БД2 підсилює сигнали, які виводять дані (канал КА ППІ Т) і буферизує сигнали даних, які вводяться (канал КВ ППІ 1).

Працює інтерфейс в двох основних режимах – прийому і передачі. У режимі прийому дані, що вводяться апаратно заносяться у вхідний регістр КВ ППІ 1.

Приладові сигнали ТПМ і ТПД перекладають інтерфейс примусово в режим прийому або передачі.

Спектр адреси СА зібраний на МС1 і МС4.1. Розряди адреси МА0 і МА 1 через буфер підключаються до адресних входів ППІ 1 і ППІ 2. Дворозрядний дешифратор адреси (МС4.1) формує сигнали

"вибір кристала" ППІ 1 і ППІ 2 залежно від стану входу МА 2. Сигнал "Строб" є виходом дешифратора адреси, розташованого поза інтерфейсу. Сигнал на його виході низького рівня формується при адресах введення-виведення РВ, Р1 ... Р7 (шістнадцятирічні коди).

Буфер БД1 побудований на двоспрямованих тристабільних шинних формувача. Напрямок передачі буфера управляється сигналом Прийм. Низький рівень цього сигналу включає БД1 в напрямку від інтерфейсу до мікропроцесора.

ППІ 1 і ППІ 2 представляють собою дві ВІС. ППІ 1 (МС5) працює в режимі "Г (стробоване введення даних в канал КВ та стробований висновок даних з каналу КА). ППІ 2 (МС6) працює в режимі" О "(введення по каналах КА і КВ і вивід у режимі побітової установки по каналу КО).

П'ятирядна схема порівняння СС побудована на МС12 і МС7.1.

Сигнал порівняння підключається до входу ДША (МС13). Виходи ДША підключаються до входів установки-скидання КЗ-тригерів Тр ПЗМ (МС15) і Тр ЛРД (МС16).

Схема режиму СР виконана на МС17.1, МС18.1, МС11.3 і МС11.4. На виході МС11.3 поява високого рівня відповідає режиму прийому, а на висновках МС11.4 – режиму передачі.

Схема квитирування СА "пов'язує двосигнальну синхронізацію ППІ 1 з трисигнальною синхронізацією КОП. Схема пристрою САГ містить, крім того, одновібратор МС14, формуючий імпульси неготовності в момент початку роботи інтерфейсу в режимі прийому. БД2 і БУС виконані на схемах з відкритим колекторним виходом.

Швидкість обміну даними через інтерфейс в залежності від режиму роботи коливається в межах від 100 до 1000 байт/с.

Результати проведених досліджень дозволяють рекомендувати автоматизовану систему для визначення речовин із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів. Крім того, оскільки процес обробки даних безперервний, одержувані результати оперативно коректуються при надходженні нових даних.

Це дозволяє значно підвищити оперативність і достовірність результатів визначення речовин, одержуваних із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів.

## Висновки

1. Вибір типу датчика та вимірювального приладу для конкретного використання виявляється рядом метрологічних і експлуатаційних вимог. При виборі типу датчика важливу роль відіграють також його характеристики, аналіз яких дозволяє встановити, наскільки даний тип датчика задовольняє пред'явленим вимогам.

2. Характеристики датчиків газового складу також перетерплюють помітну еволюцію: з'являються нові датчики з більш високою селективністю, відбувається їхня мініатюризація, пристосування до виміру безпосередньо в робочому обсязі; деякі з них здатні замінити складні й громіздкі аналізатори. Застосування таких датчиків розширюється, стимулюючи розробку нових спеціальних зондів для таких газів, як Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub> і т.п..

3. Через складність та різновид газових датчиків на твердих електролітах і вимірювальних приладів порівняльний аналіз їх параметрів необхідно проводити шляхом дослідження змін даних параметрів в певному діапазоні впливу. Цей аналіз враховує основні характеристики датчиків і дозволяє оптимально вибрати газовий датчик та відповідний вимірювальний прилад.

## Список літератури

1. Катрал Р.В. Хімічні сенсори / Р.В. Катрал. – М: Научний мир, 2000. – 231 с.
2. Хоровиц П. Мистецтво схемотехніки / П. Хоровиц, У.Хилл. Т. 2. – М: Мир, 1984. – 145 с.
3. Gas analysis with arrays of solid state electrochemical sensors:// Sensors and Actuators. – 2006. – № 1. – P. 34-39.
4. Дьяконов В.П. Генерация и генераторы сигналов / В.П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 384 с.

Надійшла до редколегії 14.08.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВА ПРИ ПОМОЩИ ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ СЕНСОРОВ

О.В. Гавриш, А.Н. Науменко

*В статье рассмотрены причины оперативного использования приборов в непрерывном или квазинепрерывном режиме для контроля газовой среды и определения его физических параметров. Охарактеризованы виды и принцип действия газоанализаторов. Исследованы основные модели и методы оценки их селективности.*

**Ключевые слова:** пьезорезонансный сенсор; датчик; газовый состав; газоанализатор.

## AUTOMATED ANALYSIS OF SUBSTANCES BY PYZOREZONANSNYH USING SENSORS

O.V. Gavrish, A.N. Naumenko

*Considers the reasons for the operational use of equipment in a continuous or kvazybezpererivnomu mode to control the gas environment and determine its physical parameters (temperature, pressure, velocity of circulation, dust content, etc.). The essence and characteristics of the gas composition sensors and electrochemical sensors based on solid electrolytes. The characteristic species and the principle of gas analyzers. The basic models and methods of assessment of their selectivity.*

**Keywords:** p'yezorezonansni sensors, sensor, gas composition, gas analyzer.