

О. А. Кононова

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

## АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ РЕЧОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ П'ЄЗОРЕЗОНАНСНИХ СЕНСОРІВ

**Анотація.** Предметом статті є визначення автоматизації аналізу речовин, використовуючи п'єзореzonансні сенсори. **Мета** – опис запропонованої автором автоматизованої системи на основі п'єзореzonансних сенсорів для визначення речовин в газових середовищах, що доцільно використовувати в хімічній, мікробіологічній, харчовій промисловості, а також на підприємствах агропромислового комплексу. **Задача** – підвищення достовірності ідентифікації компонента при одночасній простоті апаратурної реалізації самого пристрою. **Висновки:** Використання автоматизованої системи для визначення речовин із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів дозволяє значно підвищити оперативність і достовірність результатів визначення речовин, що отримуються із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів, оскільки процес обробки даних безперервний та отримувани результати оперативно коректуються під час отримання нових даних.

**Ключові слова:** п'єзореzonансні сенсори, автоматизована система, частотомір.

### Вступ

**Постановка задачі.** Для аналізу газових середовищ широкого поширення набули п'єзореzonансні сенсори (ПРС). Традиційно навантаження на ПРС, що діють за принципом об'ємно-акустичних хвиль, розглядається як навантаження маси, змінної при визначенні цільового компонента. Такий підхід сповна виправданий, якщо товщина плівки модифікатора набагато менше довжини акустичної хвилі (рекомендується обмежувати товщину плівки модифікатора в межах 0,1...0,3% від довжини акустичної хвилі). При цьому незначна зміна маси електроду ПРС лінійно залежить від зміни частоти його коливань. Розглянемо пристрій, що складається з кварцового резонатора з нанесеним на нього сорбентом, генератора, мікроконтролера, зразкового генератора, що синхронізує роботу мікроконтролера і комп'ютера, який оброблює результати вимірів. Цей пристрій може служити прикладом подібних систем вимірювання. Проте недоліками такого пристрою є невисока точність виміру частоти у наслідок обмежених технічних можливостей мікроконтролера та відсутність можливості під час експерименту змінювати період виміру. Таким чином, аналіз цієї конструкції й інших відомих технічних рішень показав, що вони або досить складні при прийнятній достовірності ідентифікації визначуваного компонента, або виконані просто, але при цьому достовірність ідентифікації недостатня.

**Аналіз літератури.** В законі [1] визначаються основні відомості про метрологію та метрологічну діяльність в державі. Питання експлуатації засобів вимірювальної техніки викладені в навчальних посібниках та підручниках [2-5] керівних документах та літературі [6-12]. Але в проведеному аналізі не визначено питання автоматизації аналізу речовин із застосування п'єзореzonансного сенсору, що доцільно використовувати в хімічній, мікробіологічній, харчовій промисловості, а також на підприємствах агропромислового комплексу.

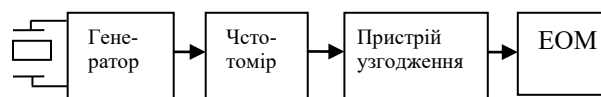
**Метою статті** є опис запропонованої автором автоматизованої системи на основі ПРС для визна-

чення речовин в газових середовищах, яку доцільно використовувати в хімічній, мікробіологічній, харчовій промисловості, а також на підприємствах агропромислового комплексу.

### Основний матеріал

При розробці автоматизованої системи, на основі ПРС системи, вирішувалося завдання підвищення достовірності ідентифікації компонента при одночасній простоті апаратурної реалізації самого пристрою. Для чого в системі було запропоновано задіяти зразковий частотомір (наприклад, ЧЗ-64), в напівавтоматичному режимі що вимірює частоту ПРС, який управляється персональним комп'ютером, що оперативно обробляє результати вимірювання з врахуванням умов, що задаються оператором.

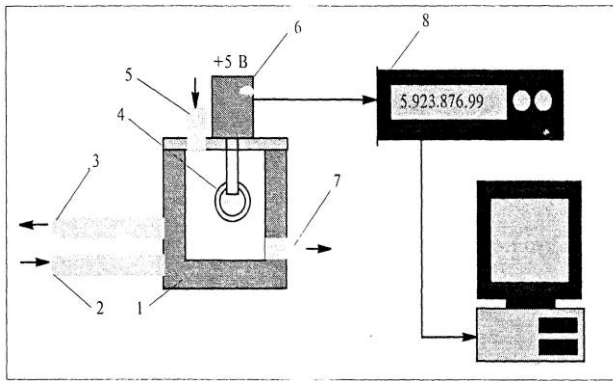
Структурна схема автоматизованої системи приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурна схема автоматизованої системи аналізу речовин з використанням п'єзореzonансних сенсорів

На рис. 2 приведена схема автоматизованої системи аналізу речовин із застосуванням п'єзореzonансного сенсору (ПРС). Система працює наступним чином. Концентрація досліджуваної речовини (аналіта) встановлюється за швидкістю його сорбції на поверхні сорбенту, розташованого на металевих електродах ПРС. Швидкість сорбції визначається непрямим виміром маси речовини, що приводить до зменшення частоти власних коливань в результаті сорбції на електродах ПРС.

Період автоматичних вимірів задає оператор комп'ютера, виходячи із завдань дослідження. Це дозволяє оперативно коректувати протікання експерименту, з підвищеною точністю проводити виміру на характерних ділянках ізотерми сорбції, а також в автоматичному режимі реєструвати і обробляти дані з використанням різних методів цифрової обробки сигналів далі оптимізувати умови аналізу речовин.

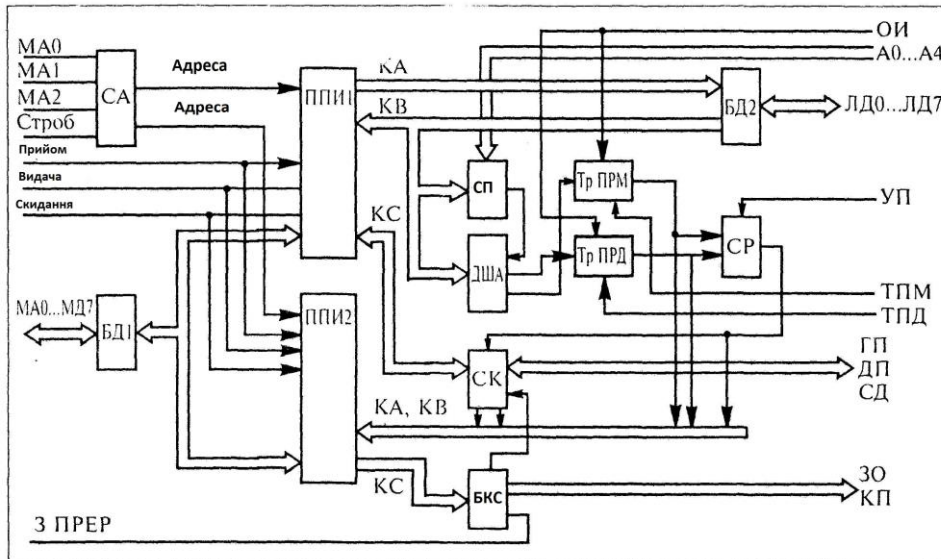


**Рис. 2.** Схема автоматичного управління системою аналізу речовин з використанням п'єзореzonансних сенсорів, де: 1 – вічко детектування; 2,3 – трубопровод для входу та виходу теплоносія, відповідно; 4 – п'єзореzonансний сенсор; 5,7 – патрубок для вводу та виводу проби, що відповідно аналізується; 6 – генератор коливань ПРС; 8 – частотомір

Пристрій узгодження (ПРС) з персональним комп'ютером виконаний з використанням інтерфейсу 3.049,041, призначеного для сполучення частотомира з каналом загального користування (КЗП).

Оснoву структурної схеми складають паралельні інтерфейси (ППІ1) і (ППІ2), що зв'язують шини даних з сигналами інтерфейсу (рис. 3).

Селектор адреси СА виконує функцію адресації ППІ 1 і ППІ 2 залежно від стану вхідних адресних сигналів МА0, МА1, МА2 і СТРОБ). Двонаправлений трьохстабільний буфер даних БД1 виконує роль підсилювача потужності сигналів даних від ППІ 1 і ППІ 2 і здійснює буферизацію їх входів відносно шини даних МДО-МД7. Кожен з паралельних інтерфейсів розгалужує шину даних на три канали. Канал КА ППІ 1 використовується для виведення даних в канал загального користування (КЗП), канал КВ — для введення даних з КЗП, канал КС — для формування сигналів квітуння (синхронізації).



**Рис. 3.** Схема інтерфейсу 3.049.041 для створення пари частотоміра із каналом загального використання

Канали КА і КВ ППІ 2 використовуються для введення сигналів полягання в режимах прийому і передачі модуля, а канал КС — для виведення сигналів, що управляють, в КЗП.

Схема порівняння (СП) порівнює адреси приладу в системі КЗП із станом адресних перемикачів А0 - А4. Вихідний сигнал СП вирішує роботу — дешифратора адреси (ДША), що управляє тригерами прийому (ТРПРМ) і передачі (ТРПРД). Ці тригери спільно з схемою режиму СР визначають режим роботи інтерфейсу — на прийом або на передачу.

Схема квітуння зв'язує сигнали синхронізації КЗП (ДП, ГН і СД) з сигналами синхронізації введення/виводу даних ППІ 1. Буфер керуючих сигналів (БКС) підсилює, сигнали, що управляють, КЗП (КП і ЗО) і сигнал "запит переривання" (З ПРЕР).

Буфер даних (БД2) підсилює сигнали даних (канал КА ППІ 1), що виводяться, і буферизує сигнали даних, що вводяться (канал КВ ППІ 1). Працює інтерфейс в двох основних режимах - прийому і

передачі. У режимі прийому дані, що вводяться, апаратний заносяться у вхідний регістр КВ ППІ 1. Апаратний інтерфейс підтверджує прийом даних. Потім виробляється сигнал З ПРЕР, мікропроцесор уривається, вводиться байт стану, що дозволяє ідентифікувати дані, що вводяться, після чого вводяться безпосередньо дані, і інтерфейс апаратний повідомляє про готовність до прийому наступного байта. Дані, що вводяться, дешифруються програмно. Апаратний дешифрується лише адреса приладу на прийом або передачу, в результаті встановлюється або скидається один з тригерів режиму Тр ПРМ або Тр ПРД.

У режимі передачі програмним способом визначається готовність приймаючого приладу до прийому даних. Потім виводяться дані через канал КА ППІ 1. Апаратно формується сигнал СД, програмно визначається факт прийому даних приладом-приймачем, і цикл передачі повторюється заново. У будь-який момент часу через інтерфейс може бути переданий сигнал ЗО.

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

Спектр адреси СА зібраний на МС1 і МС4. 1. Розряди адреси МА0 і МА1 через буфер підключаються до адресних входів ПП1 і ПП2. Дворозрядний дешифратор адреси (МС4.1) формує сигнали “вибір кристала” ПП1 і ПП2 залежно від стану входу МА2. Сигнал “Строб” є виходом дешифратора адреси, розташованого зовні інтерфейсу. Сигнал на його виході низького рівня формується при адресах введення-виведення F0, F1...F7 (шістнадцятиричні коди).

Буфер БД побудований на двонаправлених трьохстабільних шинних формувачах. Напрямок передачі буфера управляється сигналом *Прийом*. Низький рівень цього сигналу включає БД1 в напрямі від інтерфейсу до мікропроцесора.

ПП1 і ПП2 є дві БІС. ПП1 (МС5) працює в режимі “1” (стробоване введення даних в канал КВ і стробоване виведення даних з каналу КА). ПП2 (МС6) працює в режимі “0” (введення по каналах КА і КВ у вивід в режимі побітової установки по каналу КС).

П'ятирозрядна схема порівняння СС побудована на МС12 і МС7.1. Сигнал порівняння підключається до входу ДША (МС 13). Виходи ДША підключаються до входів установки-скидання RS - тригерів Тр ПРМ(МС5) і Тр ПРД (МС 16).

Схема режиму СР виконана на МС7.1, МС8.1, МС11.3 і МС11.4. На виході МС11.3 поява високого рівня відповідає режиму прийому, а на виводах МС11.4 — режиму передачі.

Схема квітування СК пов'язує двохсигнальну синхронізацію ПП1 з трьохсигнальною синхронізацією Коп. Схема пристрою СК містить, крім того, одновібратор МС14, що формує імпульси неготовності у момент початку роботи інтерфейсу в режимі прийому. БД2 і БКС виконані на схемах з відкритим колекторним виходом.

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

## Висновки

1. Результати проведених досліджень дозволяють рекомендувати автоматизовану систему для визначення речовин із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів.

2. Використання автоматизованої системи для визначення речовин із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів дозволяє значно підвищити оперативність і достовірність результатів визначення речовин, що отримуються із застосуванням п'єзореzonансних сенсорів, оскільки процес обробки даних безперервний та отримувані результати оперативно коректуються під час отримання нових даних.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2014. – № 30, ст.1008.
2. Кононов В. Б. Застосування електричних вимірювань засобами вимірювальної техніки в умовах проведення АТО. Нач. посіб./ В. Б. Кононов, А. М. Науменко та ін. –Х. : ХНУПС, 2018 – 392 с.
3. Кононов В. Б. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО. Навч. посіб. / В. Б. Кононов, А. М. Науменко та ін. –Х. : ХНУПС, 2017 – 288 с.
4. Кононов В. Б. Використання вимірювальних перетворювачів виїзними метрологічними групами в умовах проведення операції об'єднаних сил. Підручник. / В. Б. Кононов, І.В.Толок, А. М. Науменко та ін. –Х. : ХНУПС, 2019 – 288 с.
5. Кононов В.Б. Metrology and standardization part III: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. та ін. – Х.:ХНУПС, 2021.-64 с.
6. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. ISO – Geneva, 1993. ISBN 0-948926-08-2.
7. ILAC G 17: 2002 “Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard ISO/IEC 17025”. [www.ilac.org](http://www.ilac.org)
8. ILAC G 15: 2001 “Guidance for Accreditation to ISO/IEC 17025”. [www.ilac.org](http://www.ilac.org)
9. ISO/TS 21748:2004. Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation.
10. Saravana, Balaji B, Karthikeyan. N.K. and Raj Kumar.R.S., (2018). “Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation”, Computers and Electrical Engineering, Vol. 69. PP. 435-446, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>.

Received (Надійшла) 18.09.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 15.11.2023

## Automation of analysis of substances using piezoresonance sensors

O. A. Kononova

**Abstract.** The subject of the article is the determination of the automation of the analysis of substances using piezoresonance sensors. The goal is to describe the automated system proposed by the author based on piezo-resonant sensors for the determination of substances in gas environments, which is advisable to use in the chemical, microbiological, food industry, as well as at enterprises of the agro-industrial complex. The task is to increase the reliability of component identification while simplifying the hardware implementation of the device itself. Conclusions: The use of an automated system for the determination of substances using piezo-resonance sensors allows to significantly increase the efficiency and reliability of the results of the determination of substances obtained with the use of piezo-resonance sensors, since the data processing process is continuous and the obtained results are quickly corrected when receiving new data .

**Keywords:** piezoresonance sensors, automated system, frequency counter.