

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

M.I. Mudrenko, E.V. Melnyk

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SENSOR MODULES TO MULTISENSOR MEDICAL DEVICES

The questions of modeling and development of sensor modules to medical devices for the diagnosis of the patient state are considered.

Key words: sensor module, gas analyzer, monitoring of gases in the diagnosis, gas sensor.

Рассмотрены вопросы моделирования и разработки сенсорных модулей в медицинских приборах для диагностики состояния пациента.

Ключевые слова: сенсорный модуль, газоанализатор, контроль состава газов при диагностике, датчик газа.

Розглянуті питання моделювання та розробки сенсорних модулів до медичних приладів для діагностики стану пацієнта.

Ключові слова: сенсорний модуль, газоаналізатор, контроль складу газів при діагностиці, датчик газу.

© M.I. Mudrenko, E.V. Melnyk,
2017

УДК 681.3

М.І. МУДРЕНКО, Є.В. МЕЛЬНИК

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СЕНСОРНИХ МОДУЛІВ ДО МУЛЬТИСЕНСОРНИХ МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Вступ. Використання медичних приладів надає можливість діагностувати захворювання або виявляти перші ознаки порушення роботи органів та систем організму людини. Порушення норм екологічного контролю довкілля, а саме, ігнорування застосування систем захисту повітря, як в приміщеннях, так і на вулицях міст приводить до необхідності розробок мультисенсорних медичних приладів для контролю за станом повітря, що людина вдихає. Відтак, при виникненні захворювань, зокрема органів дихання та серцево-судинної системи, виникає необхідність контролю повітря, яке видихає людина.

В мультисенсорному газоаналізаторі (МГА), який працює на основі роботи сенсорного блоку (СБ), що виконує функції аналізу газових сумішей доцільно надалі говорити про СБ як базовий пристрій МГА. Останній застосовується при проведенні медичного огляду для встановлення факту патологічного стану хворого.

Постановка задачі. Для контролю концентрації складових повітря, яке вдихає та видихає людина при діагностиці стану органів дихання та серцево-судинної системи є актуальною необхідність розробки сенсорних модулів мультисенсорних медичних приладів для діагностики вказаних захворювань.

У даній роботі пропонується на базі мультисенсорного газоаналізатора [1] із можливістю підключення різних сенсорних модулів розробити моделі та виконати конструкторні

торську реалізацію сенсорних модулів для визначення концентрації газів кисню та монооксиду вуглецю.

Моделювання роботи сенсорних модулів. При налагоджуванні сенсорних модулів для визначення концентрації газів кисню та монооксиду вуглецю виконувалось фізичне моделювання вказаних вище сенсорних модулів. Була створена плата, яка імітувала роботу таких модулів, а саме мала еквівалентний опір, який створював давач газу. Крім вказаного опору, використовувався змінний опір та джерело живлення. За допомогою змінного опору можна було регулювати роботу створеного імітатора в робочому діапазоні датчика газу.

Використання моделювання було також необхідною ланкою при розробці вказаних вище сенсорних модулів, оскільки, зважаючи на прецизійний характер роботи електрохімічних датчиків, доводилось враховувати та узгоджувати рівень порогового струму датчиків з особливостями операційних підсилювачів (ОР 97 – у випадку модуля для визначення концентрації монооксиду вуглецю). Так, пороговий рівень роботи електрохімічного датчика останнього складав 40 нА, що вимагало застосовувати спеціальні РС-фільтри для узгодження з роботою операційних підсилювачів, як вказувалось вище. Останнє враховувалось при кінцевому виборі робочого діапазону роботи сенсорних модулів.

Застосування смартфонів для оперативного прямого зв'язку з датчиками сенсорних модулів. При виникненні захворювань, зокрема органів дихання та серцево-судинної системи, як вказувалось вище, потрібно виконувати контроль повітря, яке видихає людина. Для визначення характеристик стану здоров'я в роботі використовувався сучасний смартфон для встановлення віддаленого оперативного зв'язку. Розроблено програмний додаток у середовищі Android Studio для оперативного зв'язку із смартфоном через модулі Bluetooth, що забезпечує оперативний прямий зв'язок з датчиками сенсорних модулів, зчитування, аналіз отриманих даних з подальшою візуалізацією концентрації газів кисню, монооксиду вуглецю та їх зміни під дією зовнішніх чинників на екрані смартфона або планшета з операційною системою Android у режимі реального часу. При розробці програмного забезпечення для смартфона потрібно було враховувати кілька основних вимог, а саме універсальність, тобто відсутність жорсткої прив'язки лише до одного конкретного пристрою, та можливість удосконалення, тобто внесення доповнень та розширення функціоналу мають проходити максимально швидко й ефективно. Для цього прийнято рішення розбити програму на модулі, які при потребі можна замінити на нові без внесення значних коректив у вже існуючі частини програми. Для реалізації встановлення з'єднання обрано метод SPP, який призначений для з'єднання по Bluetooth-каналі двох пристроїв, що мають послідовні порти. У цьому випадку один пристрій (ведучий), бере на себе ініціативу встановити зв'язок з іншим пристроєм. Другий пристрій виступає як ведений і пасивно очікує виклик [2, 3]. Різні пристрої мають різну кількість каналів, формат даних, їх значення для інтерпретації. Для підтримки додатком різних видів сенсорів необхідно розробити універсальну модель даних внутрішнього представлення. Для забезпечення розширюваності архітектури введена

модель даних, яка автоматично налаштовувалась на різну кількість вхідних каналів та була єдиною для всього додатку.

В залежності від необхідності прилад може визначати концентрацію кисню з робочим діапазоном 0 – 21 % та монооксиду вуглецю (чадного газу) з робочим діапазоном 0 – 1 %. Температурні умови для роботи приладу – 0 – 50 °С. Діапазон по вологості приміщення 0 – 100 %. Тиск газу при вимірюваннях – 0 – 40 кПа. Потік газу – 0 – 200 см³.

Блок-схему мультисенсорного газоаналізатора показано на рис. 1.

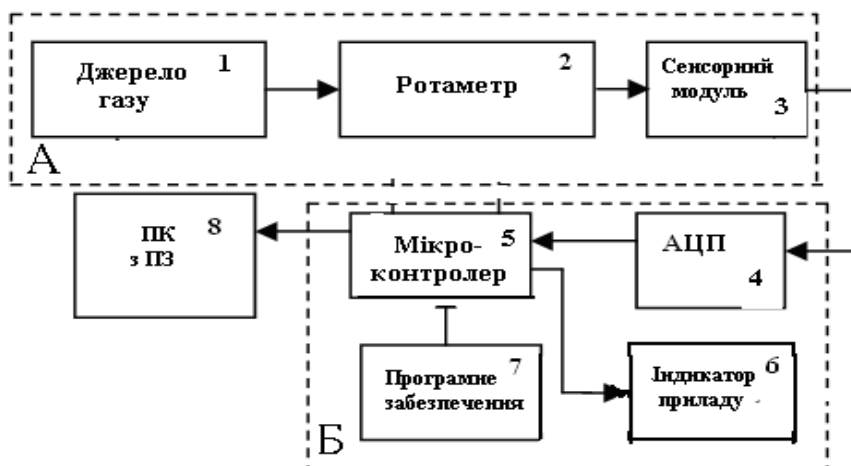


РИС. 1. Блок-схема приладу: А – газовий блок у складі: 1 – джерело газу у вигляді стандартної порції повітряно-газової суміші (ПГС) або контрольного об'єму видиху людини, 2 – ротаметр типу LZM-6T02 фірми Yuyao Kingtai Instruments, 3 – сенсорний модуль з датчиком газу: для CO₂ – датчик типу TGS 4160 фірми Figaro, для O₂ – датчик типу KE-25 фірми Figaro, для CO – датчик газу типу NAP 505 фірми NEMOTO; Б – електронний блок у складі: 4 – 12-розрядний АЦП типу MCP 3204 фірми Microchip Technology, 5 – мікроконтролер типу PIC 16F 684-I/P фірми Microchip Technology, 6 – 3-розрядний світлодіодний індикатор типу FYT-5631 BURN-21 фірми Foryard, 7 – ПЗ для мікроконтролера 5, 8 – ПК приладу з ПЗ

Будова та принцип роботи. Порція газової суміші від джерела газу 1 подається в ротаметр 2, де врівноважуються потоки газу, що надійшов та в середовищі електрохімічного датчика газу сенсорного модуля 3. Підсилений сигнал від сенсорного модуля в аналоговому вигляді подається в АЦП 4, від якого в цифровому вигляді надходить в мікроконтролер 5 для обробки сигналу за допомогою ПЗ МК 7. Результати даних обробки отримуються за допомогою ПЗ ПК 8 та передаються на індикатор приладу 6. Принцип дії використаних електролітичних датчиків з високою чутливістю та селективністю базується на виникненні електрорушійної сили на його контактах при взаємодії з молекулами газу. Базовий рівень встановлюється автоматично шляхом калібровки в чистому повітрі. Береться до уваги, що основним рівнем є свіже повітря (не більше

400 ppm). При вимірах обраховується різниця між значенням сигналу при калібруванні та фактичним значенням сигналу при вимірах проби газу. На рис. 2 показано сенсорний модуль визначення концентрації газу кисню.

Конструкція кисневого датчика включає у себе гальванічну батарею з анодом із свинцю, кисневим катодом із золотої плівки і слабким розчином кислоти, який є електролітом. На золотий електрод нанесена непориста тефлонова мембрана. Молекули кисню проникають через мембрану і на поверхні катода вступають в електрохімічну реакцію з розчином електроліту.

Склад сенсорного модуля для визначення газу кисню показано на рис. 3



РИС. 2. Сенсорний модуль O₂

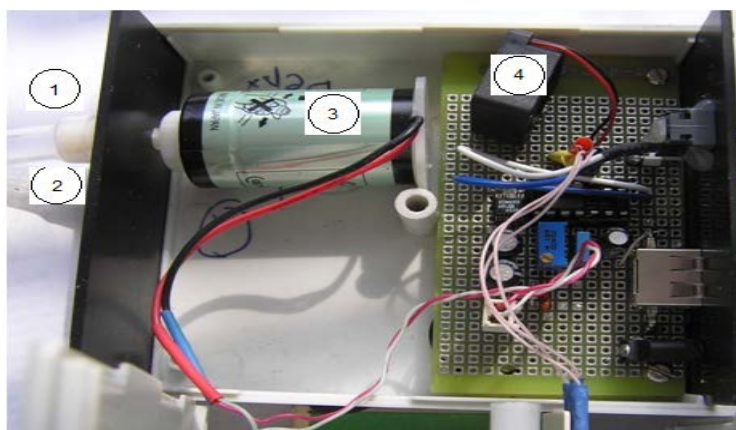


РИС. 3. Склад сенсорного модуля O₂: 1 – вхід проби; 2 – пневмопровід з встановленими фільтрами механічних домішок та вологості; 3 – датчик газу; 4 – мікроventильатор

На рис. 4 показана схема роботи електрохімічного датчика газу кисню.

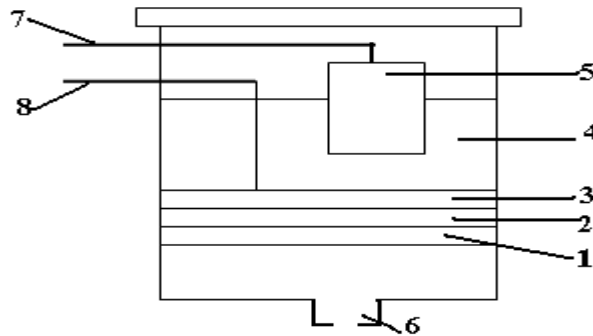
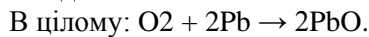
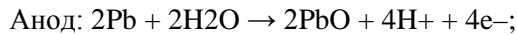
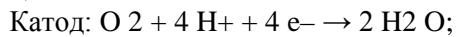


РИС. 4. Схема роботи датчика кисню: 1 – непориста тefлонова мембрана; 2 – золотий електрод (катод); 3 – струмоприймач; 4 – електроліт; 5 – свинцевий електрод (анод); 6 – вхід для прийому газової суміші; 7 – гнучкий контакт (+); 8 – гнучкий контакт (-)

Між катодом і анодом включений термістор для температурної компенсації, і резистор, з якого знімається напруга, що характеризує струм, який протікає через електроліт внаслідок електрохімічної реакції. Величина струму лінійно пропорційна концентрації кисню (строго кажучи, його парціальному тиску) в вимірюваній газовій суміші, що контактує з мембраною. При цьому виникає напруга, яка характеризує цю концентрацію і є вихідним параметром датчика. На електродах сенсора з електролітом кислотного типу відбуваються хімічні реакції:



На рис. 5 показано сенсорний модуль для визначення концентрації газу монооксида вуглецю.



РИС. 5. Сенсорний модуль CO

Для визначення концентрації чадного газу (CO) в досліджуваній суміші газів використовувалась залежність величини сигналу (в вольтах), що видає датчик CO – NAP 505 від концентрації CO (в ppm) в суміші газів, що визначається (рис. 6). Електрохімічна комірка давача монооксиду вуглецю показана на рис. 7.

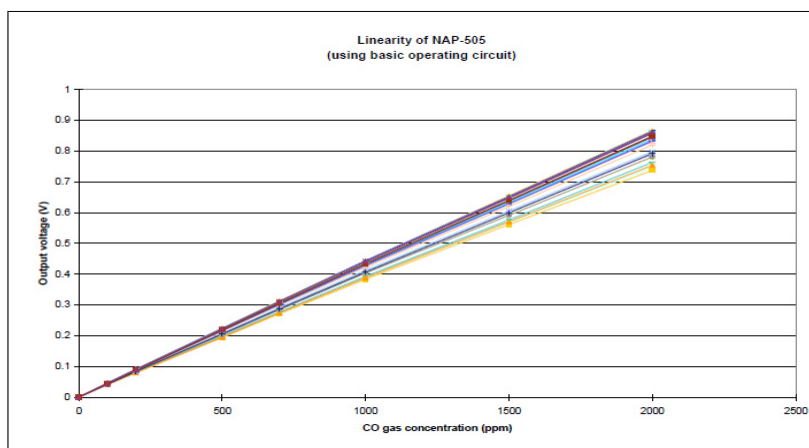


РИС. 6. Залежність величини сигналу, що видає датчик CO (NAP 505) від концентрації CO в суміші газів

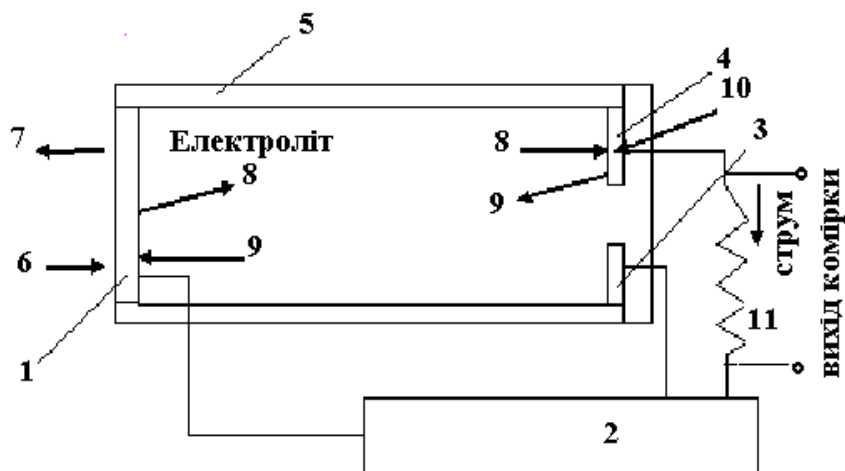


РИС. 7. Електрохімічна комірка давача монооксиду вуглецю: 1 – робочий електрод, 2 – підсилювач потужності струму, 3 – референтний електрод, 4 – лічильний електрод, 5 – мембрана з політетрафторетилену, 6 – вхідний потік газу CO, 7 – вихідний потік газу CO₂, 8 – молекули води, 9 – йони водню, 10 – молекули кисню з повітря, 11 – індуктивний опір

При створенні вказаного сенсорного модуля враховувались особливості роботи електрохімічних датчиків з високою чутливістю та селективністю при виникненні електрорушійної сили на їх контактах при взаємодії з молекулами газу.

Висновки. Застосування медичних приладів дозволяє проводити діагностику захворювань органів дихальної та серцево-судинної систем. Розроблені сенсорні модулі для контролю концентрацій газів кисню та монооксиду вуглецю дають можливість проводити екологічний контроль атмосферного повітря довкілля та в приміщеннях. В мультисенсорному газоаналізаторі на основі роботи сенсорних модулів та сенсорного блоку, який виконує функції аналізу газових сумішей можна проводити медичні огляди для встановлення відхилень здоров'я пацієнтів.

1. Лукаш С.І., Будник М.М., Горобець І.М. Автоматизований програмно-апаратний комплекс для оцінки стану здоров'я людини. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2015. № 14. С. 85–89.
2. Профіль послідовного порту – офіційний портал Bluetooth розробки. Режим доступу до ресурсу: [https://developer.bluetooth.org/Technology Overview /Pages /SPP.aspx](https://developer.bluetooth.org/Technology%20Overview/Pages/SPP.aspx).
3. Форум програмістів StackOverflow. Режим доступу до ресурса: <http://stackoverflow.com/questions/3760506/smoothing-values-over-time-moving-average-or-something-better>.

Одержано 16.01.2017