

ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 53.082.55

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛЯРИЗАЦІЇ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕНСОРУ КИСНЮ

*Воронов С. О., Ройтман Е. М., Голець П. О., Довженко О. П., Котовський В. Й.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

В роботі проводилося дослідження різних чинників, які впливають на метрологічні характеристики сенсору. Підвищення метрологічних характеристик приладів може бути досягнуто при використанні імпульсних методів поляризації електродів сенсорів. Новизна роботи полягає в застосуванні імпульсної поляризації сенсорів кисню та розробці нових методів обробки вихідних сигналів з метою підвищення метрологічних характеристик приладів. Досліджено кінетику процесів відновлення кисню на катодах сенсорів при поляризації імпульсною напругою. Застосування нових методів поляризації приводить до мінімального впливу роботи сенсора на рівноважні процеси в біологічних об'єктах, що підвищує точність вимірювання та забезпечує швидку реакцію приладу на зміну впливу зовнішніх чинників.

Ключові слова: *електрод, сенсор, біологічний об'єкт, метрологічні характеристики, поляризація, парціальний тиск кисню.*

Вступ

У медичному приладобудуванні для виміру парціального тиску (pO_2) найчастіше використовуються полярографічні сенсори, що мають високі метрологічні характеристики. Ці сенсори являють собою полярографічні електроди й перетворюють енергію хімічної реакції в електричний струм. У літературі зустрічається також визначення таких сенсорів як полярографічних по традиційній назві електрохімічного методу аналізу речовин за допомогою поляризаційних кривих [1]. В основу роботи таких сенсорів закладені електрохімічні методи аналізу, які забезпечують високу чутливість, точність вимірювання, селективність та швидкодію. Незважаючи на високі метрологічні характеристики, такі прилади все ж мають низку недоліків: недостатню стабільність в режимі моніторингу та довгий час встановлення вихідного сигналу при разових вимірюваннях.

Підвищення метрологічних характеристик приладів, а саме, швидкодії та стабільності, може бути досягнуто при використанні імпульсних методів поляризації електродів сенсорів, запропонованих авторами. При визначенні вмісту кисню в біологічних об'єктах (БО) використовують імпульсну поляризацію та важливо враховувати зворотній зв'язок між досліджуваним об'єктом і вимірювальним приладом. Електрохімічна реакція відновлення кисню на катоді протікає періодично, це дає можливість, не зменшуючи аналітичного сигналу, значно зменшити споживання кисню.

Постановка задачі

Застосування нових методів поляризації приводить до мінімального впливу

роботи сенсора на процеси в БО, що підвищує точність вимірювання та забезпечує швидку реакцію приладу на зміну впливу зовнішніх чинників. Подальше вивчення механізму впливу поляризації на процеси відновлення кисню в умовах дії різних чинників, знаходження оптимальних умов їх застосування в конкретних ситуаціях, відкриття нові перспективи підвищення технічних характеристик газоаналізаторів кисню.

Авторами запропонований імпульсний метод поляризації електродів сенсорів кисню, розробка їх оптимальних конструкцій, технологій виготовлення сенсорів. Також запропоновані нові методи обробки вихідних сигналів з метою підвищення метрологічних характеристик приладів. Таким чином, вивчення впливу імпульсних методів поляризації в комплексі з дією різних чинників при створенні приладу для транскутанного вимірювання pO_2 закладе базу для розробки газоаналізаторів кисню з широкою сферою застосування.

Механізм електрохімічних процесів у сенсорі

Визначають метрологічні характеристики, які залежать від внутрішніх (постійних для цієї системи) та зовнішніх (змінних чинників). До перших відносяться наступні чинники: каталітична активність індикаторного електрода, матеріал анода, склад електроліту, різниця потенціалів між анодом і катодом, характеристики газодифузійної мембрани, конструктивні особливості сенсорів. Зовнішні чинники – це склад середовища, що аналізується, температура, тиск, вологість, радіація, вібрація [2].

Незважаючи на високі метрологічні характеристики, такі прилади, все ж, мають низку недоліків, які найбільше проявляються при вимірюванні кисню в БО. При цьому спостерігається недостатня стабільність роботи таких приладів у режимі моніторингу та збільшення похибки вимірювання при аналізі БО. Підвищення метрологічних характеристик приладів, зокрема, швидкодії та стабільності, може бути досягнуто при використанні імпульсних методів поляризації електродів сенсору, запропонованих авторами. Для вивчення кінетики відновлення кисню в умовах імпульсної поляризації електродів необхідно розробити установку, що забезпечує імпульси різної амплітуди, форми та тривалості.

Підвищення метрологічних характеристик приладів до певних границь може бути досягнуто двома шляхами:

- визначення характеру нестабільності сенсорів при вимірюванні pO_2 в артеріальній крові;
- визначення причини нестабільності сенсорів та її усунення заміною матеріалів корпусу сенсорів, підвищенням каталітичної активності електродів, вибором нового складу електроліту, заміною технології виготовлення сенсорів, розробкою нових методів підготовки електродів.

Принцип роботи сенсору

Структурна схема установки для забезпечення різних видів поляризації на процеси відновлення кисню та метрологічні характеристики сенсорів зображе-

на на рис. 1. До складу установки входять: транскутанний сенсор кисню (ТСК), пристрій спряження сенсора (ПСС), системний блок персонального комп'ютера (ПК) з інтерфейсними платами аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та цифро-аналогового перетворювача (ЦАП).

Сенсор кисню здійснює перетворення концентрації кисню в струмовий сигнал у результаті протікання окисно-відновних процесів [3]. АЦП призначений для перетворення пропорційних струму аналогових напруг сенсора кисню в цифровий код і введення його в ПК. ЦАП призначений для подачі напруги поляризації на сенсор кисню в аналоговій формі згідно з запрограмованим в ПК законом зміни напруги поляризації у цифровій формі. ПК призначений для програмування зміни напруги поляризації сенсора кисню та відображення інформації.

Розроблено алгоритм роботи установки для забезпечення різних видів поляризації електродів. Визначені межі та точність вхідних та вихідних параметрів установки (постійної та імпульсної напруги, струму, тривалості імпульсів, температури, інтегральних характеристик відгуку сенсора кисню на позитивну та негативну поляризації). Створено програмне забезпечення установки, до складу якого входять тестові програми: методів формування різних видів поляризації; синхронізації сигналу імпульсної поляризації; вимірювання прийнятого сигналу сенсора кисню.

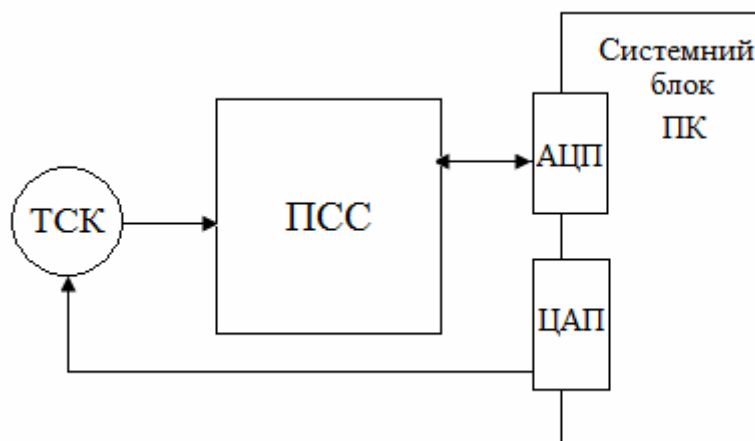


Рис. 1. Структурна схема установки для забезпечення різних видів поляризації

Після налагодження установки було проведено дослідження впливу різних видів поляризації електродів на процеси відновлення кисню та метрологічні характеристики сенсорів. Для того, щоб провести ці дослідження була розроблена установка для забезпечення заданого вмісту кисню. Після цього були проведені дослідження процесів відновлення кисню в електрохімічних сенсорах в умовах уповільненої стадії доставки кисню до поверхні катоду при забезпеченні постійного потенціалу на електродах та в умовах їх імпульсної поляризації (при різних величині, полярності, частоті, формі та послідовності подачі імпульсів).

Проведено дослідження впливу різних видів поляризації, внутрішніх та зовнішніх чинників на процеси відновлення кисню та метрологічні характеристики сенсорів на розробленій установці для забезпечення різних видів поляризації електродів.

Основним чинником, який визначає механізм протікання електрохімічних реакцій, є потенціал електрода. Автори проводили дослідження, які показали, що характер поляризаційних кривих не змінюється, потенціал переходу механізму розряду з електрохімічних обмежень до дифузійних зміщується на 50 мВ у від'ємний бік, а швидкість процесу відновлення кисню в сенсорах значно зменшується. Проведені дослідження дали змогу теоретично вибрати величину поляризації катода сенсорів кисню постійною напругою (300-700 мВ).

Дослідження кінетики процесів відновлення кисню при поляризації катодів імпульсною напругою проводилося на розробленій установці для різних видів поляризації на сенсорах для визначення pO_2 . Для підвищення стабільності роботи сенсорів, були створені такі умови протікання електрохімічної реакції відновлення кисню, при яких за період паузи перепад концентрацій кисню в дифузійному шарі зникав за рахунок дифузії, направленої у протилежний бік. Спочатку досліджувалися імпульси прямокутної форми. Нижнє значення напруги поляризації катода вибиралося таким, що забезпечує вихідний сигнал рівний нулю. Експериментальні дані коливалися в діапазоні $0 \div 100$ мВ. Верхнє значення напруги поляризації катода вибиралося по поляризаційних кривих у середині діапазону потенціалів катода, де реалізується відновлення кисню з дифузійними обмеженнями (500 мВ). Аналіз вихідних сигналів сенсорів кисню в катодному імпульсі, та в період паузи показав, що ємкісний струм в сенсорах кисню значно більший ніж у модельних системах сенсорів. Якщо за вихідний сигнал сенсорів приймати падіння напруги на резисторах під дією фарадеевського струму, то тривалість катодної поляризації слід вибрати не менш ніж 2с, а тривалість паузи не менше ніж 10 с. Такі параметри можуть забезпечити покращення точності вимірювання та стабільності, але не вплинуть на швидкодію. Тому для даного виду імпульсної поляризації за вихідний сигнал сенсорів ми вибрали інтервал з періодом 0,5 с катодного імпульсу та 1,5 с паузи.

Результати проведених досліджень стабільності вихідних сигналів сенсорів кисню при його визначенні в артеріальній крові та у водному розчині полівінілового спирту представлені на рис. 2. Як видно з рис. 2, падіння вихідних сигналів сенсорів кисню в розчині полівінілового спирту в 2,5 рази більше ніж у воді, що майже відповідає збільшенню в'язкості розчину полімеру порівняно з водою, в той час, як падіння вихідних сигналів сенсорів кисню в артеріальній крові майже не відрізняються від результатів, одержаних у воді. Очевидно це пов'язано з тим, що молекули полівінілового спирту, на відміну від гемоглобіну, не містять кисню, який знаходиться в рівновазі з плазмою крові. Визначення парціального тиску безпосередньо в крові, а тим більше транскутанним методом, складніше ніж у розчинах полівінілового спирту, тому використовувати його в ролі аналогу крові неможливо.

Проведені дослідження підтвердили підвищення точності вимірювання pO_2 особливо в режимі моніторингу та швидкодії сенсорів при імпульсній поляризації електродів. Найбільше цей вплив проявляється в структурованих розчинах полівінілового спирту, які є аналогами БО, та в рідинах залежно від їх в'язкості.

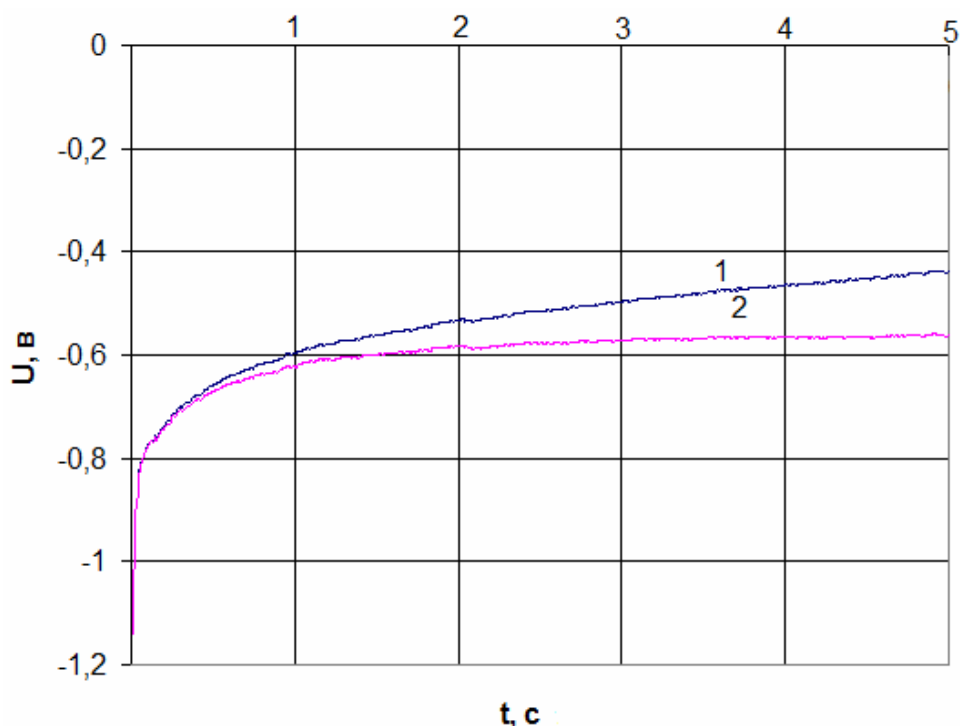


Рис. 2. Залежність вихідного сигналу сенсора від часу при вимірюванні вмісту кисню в розчині полівінілового спирту (1) та в крові (2). Сенсори поляризуються постійною напругою 0,5 В

У газових середовищах позитивний вплив імпульсної поляризації, проявляється тільки при вимірюванні низьких концентрацій кисню. Для сенсорів вимірювання pO_2 в артеріальній крові транскутанним методом оптимальні характеристики досягаються при поляризації імпульсною напругою прямокутної форми.

Висновки

До теперішнього часу вплив зовнішніх та внутрішніх чинників на метрологічні характеристики електрохімічних сенсорів вивчено недостатньо, особливо в умовах імпульсної поляризації електродів, застосування якої є новизною. Вивчення впливу різних чинників на процеси відновлення кисню в сенсорах в умовах дії імпульсної поляризації електродів, знаходження оптимальних умов їх застосування в конкретних ситуаціях, відкриє нові перспективи підвищення технічних характеристик газоаналізаторів кисню. Досліджено кінетику процесів відновлення кисню на катодах сенсорів при поляризації постійною напругою. Досліджено кінетику процесів відновлення кисню на катодах сенсорів при поляризації імпульсною напругою. Встановлено, що при роботі сенсорів при таких умовах не спостерігається зменшення вихідних сигналів в часі при вимірюванні кисню в різних середовищах.

Література

1. Эпштейн И. М. Полярографическое определение кислорода в биологических объектах / И. М. Эпштейн. – К.: Наукова думка, 1972. – 320 с.

2. Воронов С. О. Вплив внутрішніх і зовнішніх факторів на процеси відновлення кисню та метрологічні характеристики сенсору / С. О. Воронов, П. О. Голець // Матеріали III міжнародної конференції «Біомедична інженерія і технологія»: зб. матеріалів. – К.: НТУУ "КПІ". – 2012. – С. 46.
3. Воронов С.О. Сенсор для вимірювання парціального тиску кисню в підшкірних тканинах / С. О. Воронов, В. Й. Котовський, П. О. Голець // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2011. – Вип. 41. – С. 125 - 130.

Надійшла до редакції

6 квітня 2012 року

© Воронов С. О., Ройтман Е. М., Голець П. О., Довженко О. П., Котовський В. Й., 2012

УДК 57.085: 621.317.4

БЕЗКОНТАКТНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ВПЛИВУ ПОЛЯ ПРИ МАГНІТОТЕРАПІЇ

Терещенко М. Ф., Рудик В. Ю., Терещенко С. М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Запропоновано безконтактний температурний метод контролю впливу магнітного поля на біологічний об'єкт, який полягає в дистанційній реєстрації, візуалізації та аналізі теплових полів біологічних об'єктів в зоні дії індукторів на основі їх інфрачервоного випромінювання, та спосіб контролю впливу на організм магнітним полем, оснований на вимірюванні температури до, під час та по закінченню терапевтичної процедури. Проведене математичне моделювання впливу магнітного поля на зміну температури поверхневих шарів епідермісу та експериментальне дослідження зміни температури на індукторах магнітотерапевтичних апаратів «МАГ-30-4», «МИТ-11» та «ПОЛЮС-4» при їх контакті та без контакту з біологічним об'єктом.

Ключові слова: *магнітне поле, температурний контроль, магнітотерапія.*

Вступ

Низькочастотна магнітотерапія – ефективний метод фізіотерапії, що вирішує важливі практичні завдання по відновленню, реабілітації та лікуванню ряду соматичних захворювань організму людини. Аналіз існуючих методів магнітотерапії показує, що більшість з них побудовано на основі однонаправленого управління. Такий терапевтичний вплив не враховує при формуванні параметрів магнітного поля (МП) індивідуальні фізіологічні параметри пацієнта, біотропні параметри МП, а також механізм впливу МП на біологічну тканину (БТ). Наслідком цього є зниження лікувального ефекту дії МП. Тому на сучасному етапі розвитку медичної техніки актуальним стає створення нового покоління фізіотерапевтичних апаратів – магнітотерапевтичних апаратів (МТА) зі зворотним зв'язком. Зворотний зв'язок у вигляді сукупності сигналів, що поступають від пацієнта, дає можливість встановлювати параметри в режимі терапії перед початком лікувального сеансу та змінювати їх в процесі сеансу для досягнення максимального терапевтичного ефекту.