



УКРАЇНА

(19) UA (11) 82942 (13) C2

(51) МПК (2006)
G01N 27/333МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ АКТИВНОСТІ ІОНІВ РЕЧОВИН У ВОДНОМУ РОЗЧИНІ

1

2

(21) а200609062

(22) 15.08.2006

(24) 26.05.2008

(46) 26.05.2008, Бюл.№ 10, 2008 р.

(72) КІРЮЩЕНКО ІГОР ГЕОРГІЙОВИЧ, UA

(73) МОРСЬКИЙ ГІДРОФІЗИЧНИЙ ІНСТИТУТ НА-
ЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, UA

(56) SU 572439, 15.09.1977

RU 2244917, 20.01.2005

US 4691167, 01.09.1987

WO 2006046066, 04.05.2006

JP 56030640, 27.03.1981

(57) 1. Перетворювач активності іонів речовин у водному розчині, який включає трьохелектродний первинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ПВП), що містить робочий електрод, електрод порівняння і допоміжний електрод, і вторинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ВВП), розташований в електропровідному корпусі, підключеному до загальної шини перетворювача активності іонів речовин у водному розчині, при цьому електроди ПВП встановлені із зовнішнього боку корпусу і підключені до ВВП, що містить узгоджувач підсилювач, перший диференціальний вхід якого підключений до електрода порівняння ПВП, пристрій порівняння, перший вхід якого підключений до виходу узгоджувача підсилювача,

джерело опорної напруги, вихід якого підключений до другого входу пристрою порівняння, логічний пристрій керування, вхід якого підключений до виходу пристрою порівняння, керовану пам'ять, вхід якої підключений до першого виходу логічного пристрою керування, а вихід якої є виходом перетворювача активності іонів речовин у водному розчині, і комутований пристрій поляризації, перший вхід якого підключений до виходу керованої пам'яті, другий вхід - до другого виходу логічного пристрою керування, а вихід - до одного з електродів ПВП, який відрізняється тим, що перетворювач активності іонів речовин у водному розчині виконаний цифровим або аналоговим, при цьому вихід комутованого пристрою поляризації підключений до робочого електрода ПВП і до другого диференціального входу узгоджувача підсилювача, який виконаний на основі інструментального підсилювача, при цьому корпус є допоміжним електродом ПВП і виконаний герметичним, а робочий електрод і електрод порівняння підключені до ВВП через герметичні прохідні елементи.

2. Перетворювач за п. 1, який відрізняється тим, що робочий електрод і електрод порівняння екрановані сітчастою огорожею з електропровідного матеріалу, яка має електричний контакт з корпусом.

Винахід відноситься до техніки вимірів гідрохімічних параметрів водних середовищ в океанографічних, гідрографічних і екологічних дослідженнях і може бути використаний в різних технологічних процесах, зв'язаних з контролем концентрації (активності) іонів розчинених речовин.

В даний час широко поширені електрохімічні вимірники активності іонів речовин у водних розчинах, побудовані на базі робочого і порівнювачого електродів як первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) і узгоджувач підсилювач [1] з подальшим антилогарифмічним перетворенням як вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП). Поява електродів з високою іоно-селективністю, у яких вихідний сигнал практично не залежить від сторонніх іонів [2], робить їх практично незамінни-

ми в процесі автоматизації електрохімічного аналізу розчинів. В паспорті на кожний з цих електродів додають електродну характеристику, близьку до нернстовської. Відмінності полягають лише в крутизні електродної характеристики, яка залежить від конструктивно-технологічних особливостей виконання конкретних вимірювальних електродів [3, с.18]. Антилогарифмічний аналоговий перетворювач встановлюють в тому випадку, якщо надається можливість здійснювати вимірювання в сталому режимі, наприклад, в лабораторних умовах.

Однак для вирішення проблем визначення стану середовища при динамічних вимірюваннях активності розчинених речовин, наприклад, зондувальними приладами в морських умовах, такий прилад не підходить, оскільки призначений для

(13) C2

(11) 82942

(19) UA

вимірювання рівноважного електродного потенціалу [4, с.27]. Зонд, на якому встановлена вимірювальна електродна система, пронизує аналізоване середовище з середньою швидкістю 1м/с [5, с.189]. Світовий океан, прибережна його зона і внутрішні водоймища мають досить мінливу структуру по своєму складу. При дослідженні мікроструктури аналізованого середовища необхідно визначати розміри градієнтних прошарків до сантиметрів і зондувальні системи повинні мати метрологічні характеристики, що дозволяють реєструвати вказані відхилення [5, с.211]. В [6] відзначено, що при використуванні вимірювального каналу сульфідів у сульфід-селективного електрода несиметрична інерційність: при зростанні активності - (3÷5)с і спаданні активності сульфідів - (3÷5)хв. У зображеній там же ілюстрації зондування (приблизно до 1000м) чітко видний гістерезис при опусканні і підйомі приладу в зонах зі ступінчастою структурою профілю активності сульфідів. Видно, що тонка структура профілю сульфідів сильно відфільтрована, а гістерезис свідчить про розбіжність профілів активності сульфідів при опусканні і підйомі приладу. Тому в електрохімічних перетворювачах керують електрохімічною реакцією в процесі перетворення активності іонів речовини у вихідний сигнал, форсуючи швидкість електрохімічної реакції і підвищуючи швидкодію перетворення [7].

Відомий перетворювач активності іонів, що реалізує метод, який називають «фіксацією напруги» [8, с.362], що полягає в безперервній підтримці спаду напруги U_{pe-ep} на ланцюзі «робочий електрод - електрод порівняння», рівної опорної U_0 . Він включає електролітичну комірку - трьохелектродний первинний вимірювальний перетворювач (ПВП), який містить робочий електрод (РЕ), еталонний електрод - електрод порівняння (ЕП) і електрод для інжекції струму - допоміжний електрод (ДЕ), вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП), що містить, джерело (еталонної) опорної напруги, узгоджуючий підсилювач диференціального типу, один вхід якого підключений до електрода порівняння (ЕП), інший - до виходу джерела опорної напруги, а вихід - до допоміжного електрода (ДЕ). Диференціальний підсилювач перетворює різницю між напругами U_{pe-ep} і U_0 в струм, здійснюючи безперервну поляризацію робочого електрода струмом, який при достатньо високому коефіцієнті перетворення узгоджуючого підсилювача є інформативним. Перетворювач активності іонів містить також перетворювач струму поляризації робочого електрода у вихідну напругу $U_{вих}$ через масштабуючий резистор R. Вхід перетворювача підключений до робочого електрода, а вихід є виходом перетворювача активності іонів речовин у водному розчині. По вихідній напрузі $U_{вих}$ роблять висновок про активність іонів.

Наведений аналог є стабілізатором потенціалу робочого електрода, тому в ньому струм потенціалотвірної реакції при інших постійних параметрах лінійно залежить від активності аналізованих іонів. Це добре видно з основних рівнянь електрохімічної кінетики [9, с.394, 402], де струм i_k , що характеризує швидкість зворотної реакції (перехід іонів

розчиненої речовини, концентрація якої вимірюється, до чутливої частини вимірювального електрода - в даному випадку це потенціалотвірні іони), пов'язаний з активністю іонів а наступним співвідношенням:

$$i_k = K_2 \exp\left(-\frac{\beta \varphi z F}{RT}\right) a \quad (1)$$

$$\text{де } K_2 = k_2 \exp\left(-\frac{W_0}{RT}\right);$$

k_2 - константа швидкості зворотної реакції;

W_0 - постійна частина енергії активації реакційно-здатних (активних) частинок;

β - постійна частка від різниці рівнів енергії між іонами на поверхні електрода і в розчині, рівна приблизно 0,5 [9, с.392, 398];

φ - електродний потенціал;

R - газова стала;

T - абсолютна температура;

z - заряд (валентність іона);

F - стала Фарадея.

Звідси видно, що при $\varphi = \text{const}$ коефіцієнт, описуваний експонентою, теж стає постійним.

В перетворювачах без фіксації електродної напруги через електродну ємність, на якій формується електродний потенціал, стала часу досягає величин, що не дозволяють здійснювати оперативні вимірювання в робочих умовах, наприклад, з використанням сульфід-селективних електродів, як вказано в [6]. Тому завдяки активному керуванню електрохімічною реакцією на робочому електроді за допомогою зворотного зв'язку, охоплюючого ПВП, перетворювач-аналог працює значно швидше, ніж перетворювач без зворотного зв'язку, в якому вихідний сигнал пов'язаний з активністю аналізованих іонів відомим рівнянням Нернста.

Проте у наведеного аналога є істотний недолік - наявність погрешності перетворення через спад напруги на опорі розчину при проходженні через нього струму поляризації. Тому сучасні потенціостати будують з використанням техніки переривання струму поляризації, при якій потенціал робочого електрода щодо електрода порівняння вимірюється у відсутність струму поляризації робочого електрода.

Найближчим до пропонованого технічного рішення по сукупності ознак є біполярний цифровий потенціостат для аналітичного використання [10]. Прототип містить трьохелектродний первинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ПВП), що традиційно містить для цього типу перетворення робочий (РЕ), порівнюючий (ЕП) і допоміжний (ДЕ) електроди, причому робочий електрод ПВП підключений до заземленого корпусу приладу. Пристрій містить вторинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ВВП), який містить в свою чергу узгоджуючий підсилювач, перший вхід якого підключений до електрода порівняння ПВП, а другий - до свого виходу для максимального використання вхідного опору, пристрій порівняння, перший вхід якого підключений до виходу узгоджуючого підсилювача, джерело опорної напруги, вихід якого підключений до другого входу пристрою порівняння, логічний пристрій керування, вхід якого підключений до виходу

пристрою порівняння, керовану пам'ять, вхід якої підключений до першого виходу логічного пристрою керування, а вихід якої є виходом перетворювача активності іонів речовини, і комутований пристрій поляризації робочого електрода, перший вхід якого підключений до виходу керованої пам'яті, другий вхід - до другого виходу логічного пристрою керування, а вихід - до допоміжного електрода ПВП.

Прототип є цифровим перетворювачем.

Пристрій порівняння реалізований в прототипі у вигляді двох аналогових компараторів, визначаючих верхній і нижній порого чутливості перетворювача. Логічний пристрій керування, позначений в прототипі як логічні схеми «ребаланса і оцифровки», визначає необхідність повторного урівноваження імпульсами струму поляризації потенціалу робочого електрода до необхідного рівня. При цьому формує код в керованій пам'яті шляхом додавання або віднімання певного числа, залежно від закладеного алгоритму зважування, і встановлює режим увімкнення або переривання струму поляризації через робочий електрод. Керована пам'ять, виконана цифровою і позначена як «перерахунковий пристрій», що служить як нагромаджуючий цифровий суматор кількості імпульсів, відповідних імпульсам струму поляризації з позитивною та негативною полярністю. Незалежно від алгоритму наближення (зважування), керована пам'ять 8 виконує функцію регістра вихідного коду перетворювача активності речовини в код. Комутований пристрій поляризації, що здійснює зворотний зв'язок між виходом перетворювача активності іонів і допоміжним електродом ПВП містить два вентильні джерела струму з різною полярністю, два перемикача - для підключення їх до допоміжного електрода ПВП і цифровий пристрій, в якому закладений алгоритм формування середнього значення струму поляризації, відповідного вихідному коду перетворювача активності іонів речовини. Незалежно від логічної блок-схеми цього алгоритму, цифровий пристрій, спільно з джерелами струму і перемикачами, здійснює однозначний лінійний зв'язок між виходом перетворювача і еквівалентним струмом поляризації робочого електрода ПВП за час формування одного кроку урівноваження стабілізатора. В прототипі цифровий пристрій позначений як «вольт-кроковий лінійнозмінюваний генератор».

Такі ознаки прототипу, як трьохелектродний первинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ПВП), який містить допоміжний електрод (ДЕ), робочий електрод (РЕ) і електрод порівняння (ЕП), і вторинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ВВП), що містить узгоджуючий підсилювач, перший диференціальний вхід якого підключений до електрода порівняння ПВП, пристрій порівняння, перший вхід якого підключений до виходу узгоджуючого підсилювача, джерело опорної напруги, вихід якого підключений до другого входу пристрою порівняння, логічний пристрій керування, вхід якого підключений до виходу пристрою порівняння, керовану пам'ять, вхід якої підключений до першого виходу логічного пристрою керування, а вихід якої є виходом перетворювача

активності іонів речовин у водному розчині, і комутований пристрій поляризації робочого електрода, перший вхід якого підключений до виходу керованої пам'яті, другий вхід - до другого виходу логічного пристрою керування, а вихід - до одного з електродів ПВП, причому ВВП розміщений в електрично провідному корпусі, підключеному до загальної шини, а електроди ПВП підключені до ВВП і встановлені із зовнішнього боку корпусу, збігаються з істотними ознаками заявленого винаходу.

Прототип працює таким чином. Ерс з електрода порівняння (ЕП) ПВП через узгоджуючий підсилювач ВВП поступає на перший вхід пристрою порівняння і за допомогою компараторів цього пристрою порівнюється з опорною напругою U_0 , що поступає з джерела опорної напруги на його другий вхід. Отримана різниця перетворюється за допомогою компараторів пристрою порівняння в логічні сигнали, які поступають на вхід логічного пристрою керування. Залежно від того, чи знаходиться ерс в межах зони, визначуваної верхнім і нижнім заданими рівнями, або знаходиться вище за верхній або нижче за нижній рівень, в керованій пам'яті відбувається, відповідно, збільшення вихідного коду, або його зменшення, або припинення його формування. В прототипі показані часові діаграми сигналів при урівноваженні ерс у одного із заданого порогу. Під час переривання струму через ПВП потенціал робочого електрода прагне свого рівноважного значення, згідно законам електрохімічної кінетики. Тому контролювана ерс, що зазначена на часовій діаграмі в прототипі, як контролюючий сигнал електрода, також змінюється в часі. Там же зображені імпульси синхронізації, тривалість і пауза яких приблизно рівна 1 мкс. Між ними знаходяться імпульси тривалістю менше 1 мкс, що визначають інтервал аналізу ерс, за який відбувається оцінка її рівня. У разі перевищення заданого рівня, по команді логічного пристрою керування і цифрового пристрою комутуваного пристрою поляризації, на час синхроімпульсу, відкривається одне з джерел струму комутуваного пристрою поляризації і робочий електрод поляризується так, щоб значення ерс стало нижчим за заданий рівень. Ті ж дії перетворювач виконує при урівноваженні ерс у іншого заданого порогу, встановлюючи значення ерс в межах зони нечутливості пристрою порівняння, необхідної для запобігання ефекту «деренчання». Кількістю імпульсів струму, що поляризують робочий електрод, і їх розподілом в часі по заданому алгоритму керують логічний пристрій керування і цифровий пристрій комутуваного пристрою поляризації. Керуючи таким чином імпульсами струму, що поступають на допоміжний електрод ПВП, комутований пристрій поляризації являє собою в прототипі своєрідний ЦАП в ланцюзі зворотного зв'язку стабілізатора ерс з часовою модуляцією імпульсів постійного струму. Решта елементів цифрового перетворювача - прототипу в сукупності з цим ЦАП є АЦП, подібний тому, який описаний в [11], але з перетворенням в код конкретного фізичного параметра і з додатковим зв'язком - «другий вхід ЦАП - другий вихід логічного пристрою керування», необхідної для здійснення специфіки даного перетворю-

вача - режиму переривання струму поляризації під час оцінки ерс.

Технічне рішення, реалізоване в прототипі, містить суперечність. Струм інформативної електрохімічної реакції вельми малий, особливо в розчині з малою концентрацією досліджуваної речовини, що робить перетворювач чутливим до навідних перешкод. Для усунення цього ПВП поміщають у водонепроникний електропровідний екран і підключають до заземленого корпусу приладу. Але при цьому частина струму поляризації відгалужується через екран на корпус ПВП, вносячи нестабільність перетворення при зміні в робочих умовах провідності досліджуваного середовища. Частина струму поляризації, що залишилася, по ланцюгу «допоміжний електрод, опір розчину, робочий електрод, корпус ПВП» проходить через робочий електрод. Чим ближче провідний екран ПВП до електродів, тим яскравіше виявляється ефект шунтування робочого електрода. Щоб не вносити обурень в досліджуване середовище, перетворювач повинен мати якомога менші розміри, а зменшення екрану ПВП наближає його до електродів, зменшуючи опір розчину, що ще більше сприяє шунтуванню робочого електрода.

В основу винаходу поставлена задача створення перетворювача активності іонів речовин, в якому зменшені розміри ПВП, при цьому його електроди можуть бути екрановані, і виключено відгалуження струму поляризації робочого електрода через розчин.

Поставлена задача розв'язується тим, що в перетворювачі активності іонів речовин у водному розчині, що включає трьохелектродний первинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ПВП), який містить робочий електрод, електрод порівняння і допоміжний електрод, і вторинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ВВП), розташований в електрично провідному корпусі, підключеному до загальної шини перетворювача активності іонів речовин, при цьому електроди ПВП встановлені із зовнішнього боку корпусу і підключені до ВВП, який містить узгоджувач підсилювач, перший диференціальний вхід якого підключений до електрода порівняння ПВП, пристрій порівняння, перший вхід якого підключений до виходу узгоджувача підсилювача, джерело опорної напруги, вихід якого підключений до другого входу пристрою порівняння, логічний пристрій керування, вхід якого підключений до виходу пристрою порівняння, керувану пам'ять, вхід якої підключений до першого виходу логічного пристрою керування, а вихід якої є виходом перетворювача активності іонів речовин у водному розчині, і комутований пристрій поляризації, перший вхід якого підключений до виходу керованої пам'яті, другий вхід - до другого виходу логічного пристрою керування, а вихід - до одного з електродів ПВП, особливість полягає в тому, що перетворювач активності іонів речовин у водному розчині виконаний цифровим або аналоговим, при цьому вихід комутованого пристрою поляризації підключений до робочого електрода ПВП і до другого диференціального входу узгоджувача підсилювача, який виконаний на базі інструментального підсилювача,

при цьому корпус є допоміжним електродом ПВП і виконаний герметичним, а робочий електрод і електрод порівняння підключені до ВВП через герметичні прохідні елементи.

Технічним результатом заявленого винаходу є усунення фактора впливу провідності досліджуваного водного розчину на стабільність перетворення активності іонів речовин, оскільки цей розчин тепер не є проміжною ланкою між пристроєм поляризації робочого електрода і самим робочим електродом. В заявленому рішенні відбувається безпосередня поляризація робочого електрода відносно провідного корпусу, що підвищує точність перетворення.

Додатковим технічним результатом винаходу є спрощення пристрою за рахунок того, що корпус виконує функцію допоміжного електрода, тобто виключена необхідність в цьому електроді як окремому, самостійному, елементі ПВП. Це сприяє мінімізації розмірів перетворювача, що також підвищує його точність.

Відмінності заявленого пристрою відносяться до особливостей подачі контрольованої ерс на вхід ВВП.

Введення нового зв'язку «другий вхід узгоджувача підсилювача - вихід комутованого пристрою поляризації робочого електрода» дозволило змінити послідовність ланок ланцюга поляризації робочого електрода, за рахунок чого виключено шунтування досліджуванним розчином робочого електрода.

Запропонований перетворювач активності іонів речовин у водному розчині зображений на Фіг. 1 і включає первинний вимірювальний перетворювач активності іонів (ПВП) 1, що містить робочий електрод (РЕ), електрод порівняння (ЕП) і допоміжний електрод (ДЕ). Функцію допоміжного електрода виконує герметичний електропровідний, підключений до загальної шини приладу, корпус 2, який занурений в досліджуване середовище і в якому розміщений вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП) 3. У ВВП 3 входять узгоджувач підсилювач 4, виконаний на інструментальному підсилювачі, перший диференціальний вхід якого підключений до електрода порівняння ПВП 1, пристрій 5 порівняння, перший вхід якого підключений до виходу узгоджувача підсилювача 4, а другий - до виходу джерела 6 опорної напруги. ВВП 3 містить також логічний пристрій 7 керування, вхід якого підключений до виходу пристрою 5 порівняння, керувану пам'ять 8, вхід якої підключений до першого виходу логічного пристрою 7 керування, а вихід є виходом перетворювача активності іонів речовин у водному розчині, комутований пристрій 9 поляризації робочого електрода, перший вхід якого підключений до виходу керованої пам'яті 8, другий вхід - до другого виходу логічного пристрою 7 керування, а вихід підключений до робочого електрода ПВП 1 і другого диференціального входу узгоджувача підсилювача 4. Буквою а на Фіг. 1 позначений перетворюваний сигнал - активність речовин в досліджуваному розчині.

На Фіг. 2 зображена еквівалентна схема поляризації робочого електрода ПВП в запропонова-

ному пристрої перетворення активності іонів. Видно, що сумарний вузол струмів знаходиться на робочому електроді. Будь-яке відгалуження струму на найближчий конструктивний вузол, електрично пов'язаний з корпусом, поляризує робочий електрод. Тому подальше відгалуження струму поляризації не створює ефекту шунтування цього електрода.

Запропонований пристрій працює таким чином. Коли струм поляризації i_p рівний нулю (режим переривання струму), ерс, утворювана потенціалами робочого електрода та електрода порівняння ПВП 1, знімається за допомогою диференціальних входів узгоджувача підсилювача 4 і, перетворюючись в напругу з коефіцієнтом перетворення, наприклад, одиниця, порівнюється з опорною напругою U_0 , що поступає з джерела 6 опорної напруги, на пристрої 5 порівняння. Результат порівняння поступає на вхід логічного пристрою 7 керування, який виробляє вже два сигнали - один, утримувальний комутований пристрій 9 поляризації в режимі переривання струму поляризації, і інший, який передає результат порівняння з виходу пристрою 5 порівняння на вхід керованої пам'яті 8, зменшуючи або збільшуючи її вміст залежно від балансу. Після чого пристрій переходить в режим увімкнення струму - з'являється струм поляризації i_p , напрям і середній рівень якого за час цього режиму визначається вихідним сигналом пристрою. Робочий електрод ПВП 1 поляризується так, що контрольована ерс змінюється у бік балансу - рівність ерс і U_0 . Після чого пристрій знову переходить в режим переривання струму. Кількість циклів урівноваження продовжуватиметься до тих пір, поки ерс не стане рівною опорній напрузі U_0 , із заданою точністю.

Перетворювач активності іонів речовин може бути виконаний, як і прототип, цифровим з цифровою керованою пам'яттю і з таким же, як і в прототипі, комутованим пристроєм поляризації і пристроєм порівняння.

Перетворювач активності іонів речовин у вихідний сигнал може бути виконаний також аналоговим, при цьому як керована пам'ять 8 може бути застосований звичайний інтегратор на операційному підсилювачі [12, с.207], а як пристрій 5 порівняння використаний опорний вивід вихідного каскаду інструментального підсилювача, на якому виконаний узгоджувач підсилювача 4 [12, с.453].

Комутований пристрій 9 поляризації може бути виконаний при цьому, як зображено на Фіг. 3 - на перемикачі 10 і керованому джерелі 11 струму типу «для заземленого навантаження», наприклад, по одній з схем, висловлених в [13, рис.7, 13-15]. Перший вивід перемикача 10 підключений до входу керованого джерела 11 струму, другий вивід - до загальної шини перетворювача, третій є першим входом комутованого пристрою 9 поляризації, а керований вхід перемикача є другим входом комутованого пристрою 9 поляризації.

Логічний пристрій 7 керування повинен містити аналоговий перемикач, керований виходом цього логічного пристрою. Як зображено на Фіг. 4, перший вивід цього перемикача є виходом логічного пристрою 7 керування, другий вивід підключений

до загальної шини перетворювача активності іонів, а третій є входом логічного пристрою 7 керування. Враховуючи сучасний рівень інтеграції електронних елементів кероване джерело 11 струму може бути виконано на одній мікросхемі з чотирма операційними підсилювачами, що мають високі вхідні опори, наприклад, ОРА 404÷4277 фірми Burr-Brown [1], а перемикачі - наприклад, ADG 408÷528 фірми Analog Devices [14].

Перетворювач в аналоговому виконанні працює таким чином. В режимі увімкнення струму поляризації кероване джерело струму збуджують вихідним сигналом перетворювача. В цьому режимі вхід інтегратора керованої пам'яті 8 через перемикач логічного пристрою 7 керування підключений до загальної шини перетворювача і сигнал на його виході не змінюється. В режимі переривання струму поляризації вхід керованого джерела струму через перемикач підключений до загальної шини і струм поляризації за допомогою керованого джерела струму підтримується рівним нулю, а вхід інтегратора керованої пам'яті 8 через перемикач логічного пристрою 7 керування підключений до виходу пристрою 5 порівняння. У результаті аналогова різниця між ерс і опорною напругою U_0 змінює вміст керованої пам'яті 8 на величину, залежну від величини і полярності розузгодження. Далі цикл повторюється.

Таким чином, при аналоговому виконанні перетворювач активності іонів речовин, завдяки аналоговому інтегратору у складі керованої пам'яті, придбаває можливість працювати з більш високим розрізненням з одночасним поліпшенням сталої часу, чого не дозволяє прототип. В роботі [10] так і вказано, що можливе поліпшення сталої часу в 10 разів за допомогою 10-кратного збільшення струму вентильного джерела струму, але за рахунок 10-кратного погіршення цифрового розрізнення. Застосування керованого джерела струму типу «для заземленого навантаження» також сприяє збільшенню чутливості перетворювача, оскільки досягається безперервна зміна струму. В роботі [10] так і вказано, при розгляді полярограми різниці свинцю, що якби була можливість безперервної зміни струму джерела постійного струму, то можна було б говорити про більшу чутливість.

Враховуючи, що запропоноване рішення дозволяє наблизити електроди ПВП до корпусу 2 на яку завгодно малу відстань, конструкцію ПВП можна виконати максимально перешкодозахищеною і мінімізувати її, як зображено на Фіг. 5. Робочий електрод (РЕ) і електрод порівняння (ЕП) ПВП закриті (екрановані) сітчастою огорожею з електропровідного матеріалу, наприклад, з неіржавіючої сталі. Огорожа максимально наближена до електродів і забезпечений електричний контакт огорожі з корпусом 2, наприклад, за допомогою різьбового з'єднання.

Запропонований пристрій, в порівнянні з прототипом, має ряд переваг.

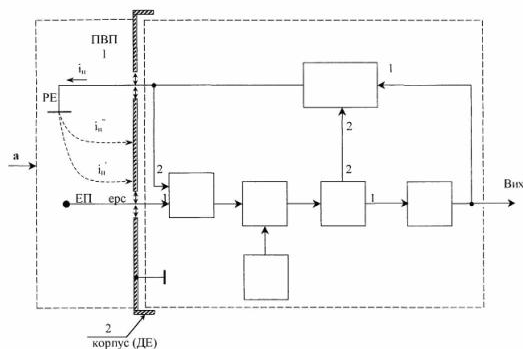
Досягнута максимальна чутливість перетворювача активності іонів речовини, оскільки весь струм поляризації i_p бере участь в поляризації робочого електрода.

Герметичне виконання елементів пристрою забезпечує його працездатність при повному зануренні в досліджуваний розчин, що дозволяє застосувати заявлений перетворювач в техніці натурних динамічних океанографічних вимірювань, у тому числі при екологічних дослідженнях.

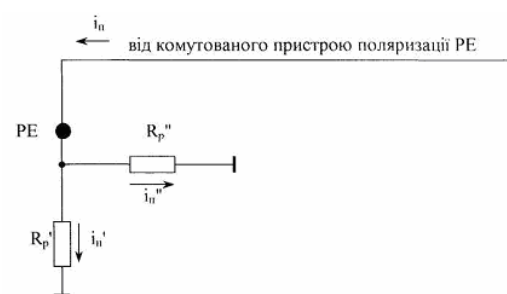
Конструкція приладу значно спрощена, оскільки в запропонованому пристрої виключений допо-

міжний електрод як самостійний елемент конструкції. Його роль узяв на себе корпус приладу.

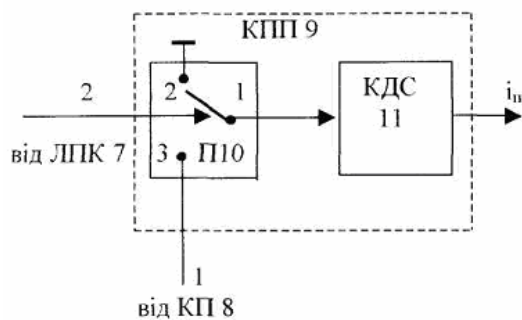
Поліпшені умови екранування електродної системи ПІП. Якщо в прототипі захищений лише робочий електрод, то в запропонованому пристрої - і електрод порівняння. Перешкоди просто замикаються на провідний сітчастий елемент - екран.



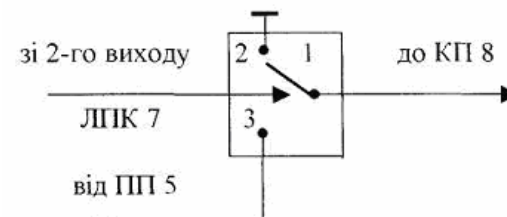
Фиг. 1



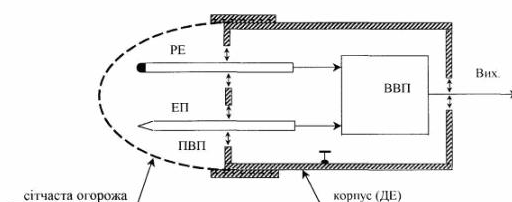
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5