

Корисна модель належить до вимірювальної техніки, а саме до електрохімічного аналізу, і може бути використана для створення переносних пристроїв визначення концентрацій хімічних елементів у рідких пробах об'єктів, які відносяться до різних галузей науки і техніки, промисловості, екології, сільського господарства та навколишнього середовища.

Під час здійснення екологічного моніторингу водних об'єктів довкілля та аналітичних досліджень багатокомпонентних іонних розчинів одним із поширених способів є визначення слідових значень концентрацій токсичних елементів за допомогою електрохімічних методів інверсійної хронопотенціометрії, які дозволяють суттєво збільшити чутливість вимірювання концентрації, мають надійні метрологічні показники, відрізняються підвищеною селективністю та достовірністю результатів вимірювань, порівняно з аналогічними методами вольтамперометрії.

Відомі пристрої визначення концентрацій хімічних елементів у рідких пробах об'єктів довкілля методами інверсійної хронопотенціометрії: "Пристрій для вимірювання концентрації важких металів" (патент України № 96375: МПК (2006) G01N 27/48 / І.В. Суровцев, І.А. Мартинів, В.М. Галімова, О.В. Бабак; Заявл. 02.06.2010; Опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20); "Пристрій для вимірювання концентрації токсичних елементів" (патент України № 107412: МПК (2006) G01N 27/48 / І.В. Суровцев, С.К. Галімов, І.А. Мартинів, О.В. Бабак, В.М. Галімова; Заявл. 21.05.2013; Опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24); "Аналого-цифровий електрохімічний пристрій для вимірювання параметрів розчинів" (патент України № 104062: МПК (2006) G01N 27/48 / І.В. Суровцев, В.А. Копілевич, В.М. Галімова, І.А. Мартинов, О.В. Бабак; Заявл. 28.05.2012; Опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24) ефективно використовуються в лабораторних умовах дослідження для визначення екологічного стану різних об'єктів навколишнього середовища.

Однак недоліками пристроїв є те, що вони розроблені для лабораторних стаціонарних досліджень та не можуть бути використані для польових умов моніторингу екологічного стану природних ресурсів, особливо питної води та водних об'єктів. Причиною цього є те, що прилад вимірювання аналітичних сигналів цих пристроїв, магнітна мішалка перемішування розчинів проби з електрохімічною коміркою, де розміщено вимірювальний та допоміжний електроди, а також комп'ютер розрахунку концентрацій застосовують для роботи напругу електроживлення 220-240 В, вони розташовані окремо один від одного та з'єднані між собою кабелями зв'язку з роз'ємами RS232, що не дозволяє використовувати їх як переносний пристрій.

Найближчим аналогом є "Пристрій для вимірювання концентрацій хімічних елементів методами імпульсної хронопотенціометрії" (патент України № 123459: МПК G01N 27/48 (2006.01) / О.В. Бабак, І.В. Суровцев; Заявл. 12.03.2019; Опубл. 07.04.2021, Бюл. № 14), який об'єднує в одному пристрої чотири електрохімічних методи інверсійної хронопотенціометрії, які реалізовані у вказаних відомих пристроях: інверсійна хронопотенціометрія (ІХП); імпульсна інверсійна хронопотенціометрія (ІІХП); диференційна імпульсна хронопотенціометрія (ДІХП); окислювальна імпульсна хронопотенціометрія (ОІХП).

Загальними ознаками найближчого аналога та корисної моделі є те, що переносний пристрій для вимірювання концентрацій хімічних елементів методами інверсійної хронопотенціометрії містить: пристрій для вимірювання концентрацій хімічних елементів методами імпульсної хронопотенціометрії, що складається з електрохімічної комірки, де розміщено вимірювальний та допоміжний електроди, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), набору каліброваних резисторів опору (НКО) та мікропроцесора і при цьому вихід вимірювального електрода з'єднаний через АЦП з першим входом мікропроцесора, перший вихід якого з'єднаний через ЦАП з першим входом НКО, причому другий вихід мікропроцесора підключений до другого входу НКО, вихід якого з'єднаний з вимірювальним електродом, а другий вхід мікропроцесора з'єднаний через канал зв'язку з системою керування, причому третій вихід мікропроцесора через блок формування напруги розчинення (БФНР) з'єднаний з ЦАП, четвертий вихід мікропроцесора та вихід АЦП через блок слідкування за потенціалом інверсії в реальному часі (БСПІ) підключені до другого входу БФНР, а другий вихід блока слідкування за потенціалом інверсії в реальному часі БСПІ підключено до третього входу НКО. Пристрій відрізняється тим, що п'ятий вихід мікропроцесора з'єднаний з блоком управління магнітною мішалкою (БММ), а другий вхід мікропроцесора з'єднаний через блок управління каналом зв'язку Wi-Fi (BWF) з системою керування комп'ютера.

Задачею корисної моделі є удосконалення пристрою для вимірювання концентрацій хімічних елементів у польових умовах, шляхом об'єднання в одному корпусі: приладу вимірювання концентрацій хімічних елементів методами інверсійної хронопотенціометрії, електрохімічної комірки, вбудованої магнітної мішалки, акумуляторних батарей електроживлення з напругою 12 В та організації зв'язку з системою керування переносного комп'ютера (ноутбука) через бездротовий інтерфейс Wi-Fi.

Поставлена задача вирішується тим, що в переносному пристрої для вимірювання концентрацій хімічних елементів методами інверсійної хронопотенціометрії, що складається із електрохімічної комірки, де розміщено вимірювальний та допоміжний електроди, магнітної мішалки, аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворювача, набору каліброваних резисторів та мікропроцесора, і при цьому вихід вимірювального електрода з'єднаний через аналого-цифровий перетворювач з

першим входом мікропроцесора, перший вихід якого з'єднаний через цифро-аналоговий перетворювач з першим входом набору каліброваних резисторів, другий вихід мікропроцесора підключений до другого входу набору каліброваних резисторів, вихід якого з'єднаний з вимірювальним електродом, а другий вхід мікропроцесора з'єднаний через канал зв'язку з системою керування, причому третій вихід мікропроцесора через перший вхід блока формування напруги розчинення з'єднаний з цифро-аналоговим перетворювачем, четвертий вихід мікропроцесора та вихід аналого-цифрового перетворювача через блок слідування за потенціалом інверсії в реальному часі підключені до другого входу блока формування напруги розчинення, другий вихід блока слідування за потенціалом інверсії в реальному часі підключено до третього входу набору каліброваних резисторів, згідно з корисною моделлю, п'ятий вихід мікропроцесора з'єднаний з блоком управління магнітною мішалкою, а другий вхід мікропроцесора з'єднаний через блок управління каналом зв'язку Wi-Fi з системою керування комп'ютера.

У режимах вимірювання концентрацій за імпульсними методами ІІХП, ОІХП та ДІХП пристрій працює наступним чином (фіг. 1, фіг. 2). Так для методу ДІХП по каналу зв'язку 8 через блок зв'язку BWF 12 мікропроцесор 7 приймає із системи управління параметри вимірювання: U_k - потенціал концентрування; t_k - час концентрування; U_p - потенціал напруги розчинення; $(+\Delta U_1)$ - значення позитивного приросту потенціалу імпульсу; t_1 - період часу позитивного імпульсу; R_1 - значення опору окислювального ланцюга позитивного імпульсу; $(-\Delta U_2)$ - значення негативного приросту потенціалу імпульсу; t_2 - період часу негативного імпульсу; R_2 - значення опору окислювального ланцюга негативного імпульсу; U_0 - потенціал закінчення вимірювання.

Перед початком вимірювання мікропроцесор 7 передає на блок слідування за потенціалом інверсії в реальному часі БСПІ 10 наступні цифрові дані: значення параметрів позитивного імпульсу $(+\Delta U_1)$, t_1 , R_1 негативного імпульсу $(-\Delta U_2)$, t_2 , R_2 ; значення потенціалу закінчення вимірювання U_0 .

Спочатку мікропроцесор 7 запускає режим концентрування. Для цього він через БММ 11 включає магнітну мішалку, подає на ЦАП 6 цифрове значення потенціалу концентрування U_k , його аналогове значення циклічно подається на вимірювальний електрод 2 впродовж періоду часу t_k . Після закінчення часу t_k мікропроцесор 7 через БММ 11 виключає магнітну мішалку, передає на вхід НКО 5 значення опору окислювального ланцюга негативного імпульсу R_2 та відключає ЦАП 6 - починається режим інверсії.

На початку режиму інверсії мікропроцесор 7 передає на вхід БФНР 9 цифрове значення потенціалу напруги розчинення U_p , при цьому включається БФНР 9, який циклічно під час всього режиму інверсії через ЦАП 6 передає короткочасні імпульси потенціалу напруги розчинення U_p на вимірювальний електрод 2. Значення потенціалу інверсії U_i із електроду 2 через АЦП 4 послідовно надходить на вхід БСПІ 10 і на вхід мікропроцесора 7 та через блок зв'язку BWF 12 по каналу зв'язку 8 передається в комп'ютер.

Під час виконання процесу інверсії у реальному часі БСПІ 10 аналізує поточні значення потенціалу інверсії U_i та підраховує середнє значення U_{cp} із 4 поточних значень U_i для зменшення впливу високочастотних завад АЦП 4.

Після закінчення періоду часу t_2 БСПІ 10 передає на вхід НКО 5 значення опору окислювального ланцюга R_1 , БСПІ 10 добавляє до середнього значення U_{cp} значення ΔU_1 та циклічно передає значення $(U_{cp} + \Delta U_1)$ через БФНР 9 та ЦАП 6 на вимірювальний електрод 2 впродовж періоду часу t_1 .

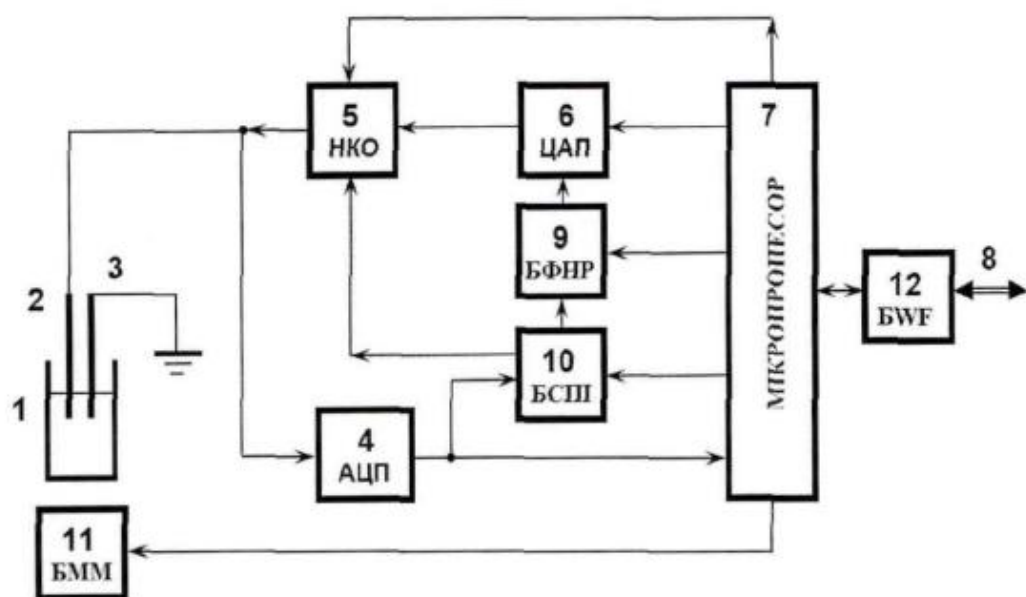
Після закінчення періоду часу t_1 БСПІ 10 передає на вхід НКО 5 значення опору окислювального ланцюга R_2 , БСПІ 10 віднімає від середнього значення U_{cp} значення ΔU_2 та циклічно передає значення $(U_{cp} - \Delta U_2)$ через БФНР 9 та ЦАП 6 на вимірювальний електрод 2 впродовж періоду часу t_2 .

БСПІ 10 повторює зчитування потенціалів інверсії із АЦП 4 при зміні значень імпульсів доти, поки виконується умова $(U_i < U_0)$. Поточні значення потенціалів інверсії U_i через блок зв'язку BWF 12 по каналу зв'язку 8 передаються у комп'ютер.

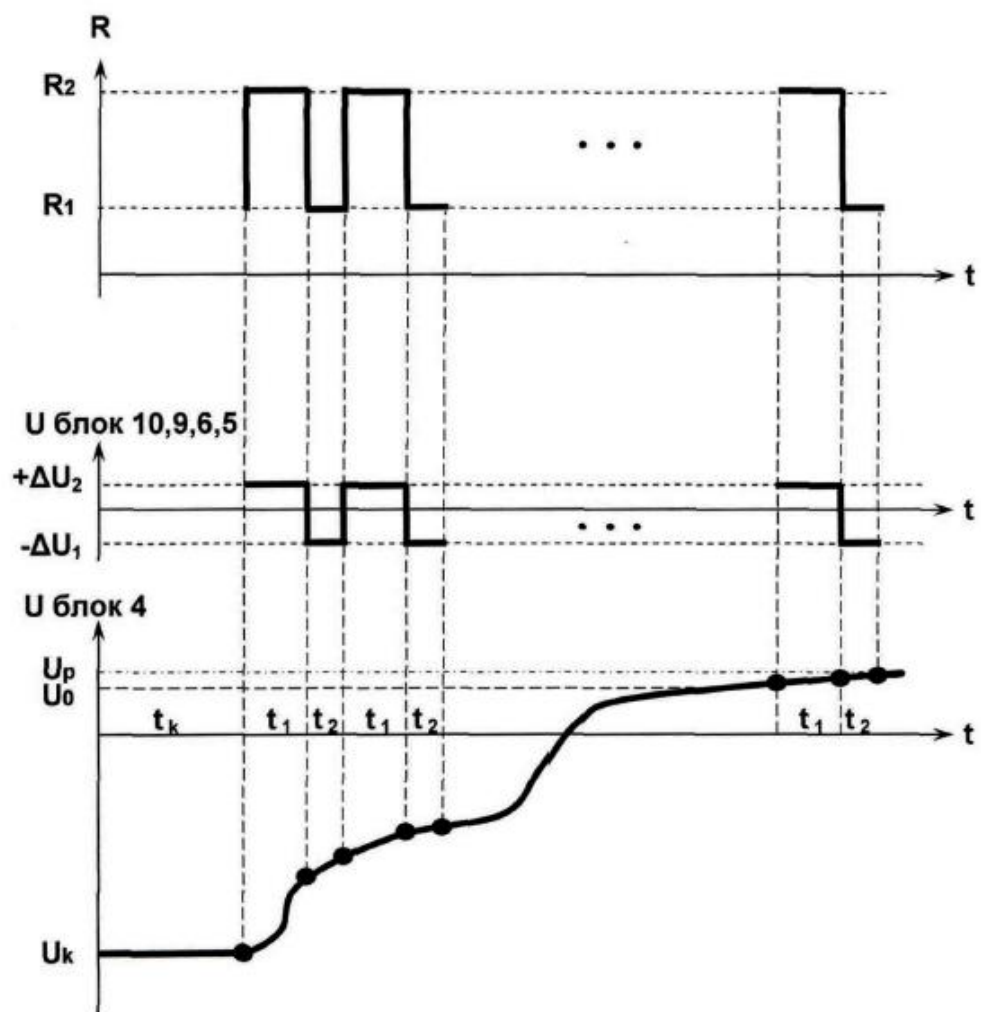
Часова діаграма, наведена на фіг. 2, ілюструє роботу основних блоків пристрою, зображених на фіг. 1 (на графіку R - діаграма періодичних значень опору окислювального ланцюга R_1 та R_2 ; на графіку вихідних потенціалів U блоку 10, 9, 6, 5 - діаграма імпульсів $+\Delta U_1$ та $-\Delta U_2$; на графіку вихідних потенціалів U блоку 4 - узагальнені значення сигналу інверсії U_i).

З описаного вище випливає, що запропонований пристрій може бути реалізовано за допомогою існуючих на даний час технічних засобів для вимірювання рідких проб на вміст іонів в широкому діапазоні концентрацій, характерних для природних біогеохімічних об'єктів.

Позитивний ефект від використання запропонованого переносного пристрою досягається за рахунок можливості визначати концентрації токсичних елементів в об'єктах довкілля у польових умовах, а також застосовувати переносний пристрій для досліджень в лабораторіях для виконання розширених аналітичних досліджень.



Фиг. 1



Фиг. 2