

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІОНІВ ВОДНЮ

Розглядаються питання регулювання величини кислотності електроліту в гальванічних ваннах автоматизованих автооператорних гальванічних ліній. Процедура відбору зразків розчинів електролітів та визначення рН проводиться працівниками хімічної лабораторії з ціллю подальшої корекції кислотного електроліту. В роботі пропонується автоматизація процесу регулювання концентрації іонів водню. Ідея заключається в тому, що за певний період часу автоматично проводиться вимір датчиком кислотності значення рН електроліту і визначається  $\Delta pH$ . Це значення аналізується за допомогою мікропроцесора і видається команда на блок управління для здійснення корекції електроліту шляхом добавки відповідного коригуючого розчину. При трьохпозиційному регулюванні кислотності електроліту коли  $pH_{\text{вим}} < pH_{\text{мін}}$  включається блок коригуючого розчину, підвищується рН електроліту, в разі умови коли  $pH_{\text{вим}} \geq pH_{\text{макс}}$  включається інший блок коригуючого розчину. Підвищення точності регулювання кислотності забезпечує зниження витрати коригуючих розчинів, підвищення продуктивності автоматизованих автооператорних гальванічних ліній і підвищення якості виробів.

Ключові слова: гальванічне покриття, чутливий елемент активності іонів, аналого-цифровий перетворювач, блок управління, ежектор, розподільник потоку, магістраль рециркуляції електроліту, ванна електроліту, ванна промиваючого розчину, електромагнітний клапан.

YANOVITSKYI A., BAYDICH L., FORKUN I.  
Khmelnitskyi national university

## AUTOMATION OF THE PROCESS OF REGULATING THE CONCENTRATION OF HYDROGEN IONS

The issues of regulating the acidity of the electrolyte in galvanic baths of automated auto-galvanic lines are considered. The procedure of sampling electrolyte solutions and determining the pH is performed by employees of the chemical laboratory for the purpose of further correction of the acid electrolyte. The paper proposes automation of the process of regulating the concentration of hydrogen ions. The idea is that for a certain period of time the pH value of the electrolyte is automatically measured by the acidity sensor and the  $\Delta pH$  is determined. This value is analyzed by a microprocessor and a command is issued to the control unit to correct the electrolyte by adding an appropriate corrective solution. When adjusting the acidity of the electrolyte in three positions, when the  $pH_{\text{meas}} < pH_{\text{min}}$  turns on the block of the correcting solution, the pH of the electrolyte increases, in the case when the  $pH_{\text{meas}} \geq pH_{\text{max}}$  turns on another block of the correcting solution. Improving the accuracy of acidity control reduces the consumption of corrective solutions, increases the productivity of automated auto-galvanic lines and improves product quality.

Key words: galvanic coating, sensitive element of ion activity, analog-to-digital converter, control unit, ejector, flow distributor, electrolyte recirculation line, electrolyte bath, washing solution bath, solenoid valve.

**Вступ.** Для підвищення якості гальванічного покриття, з більшості електролітів, важливо підтримувати оптимальне значення рН розчинів. Процедуру відбору зразків розчинів електролітів та визначення концентрації іонів гідрогену (яка змінюється в часі) проводять працівники хімічної лабораторії за певною методикою з використанням різних пристроїв [1].

В роботі пропонується автоматичний пристрій регулювання рН розчинів електролітів з підвищеною надійністю і точністю.

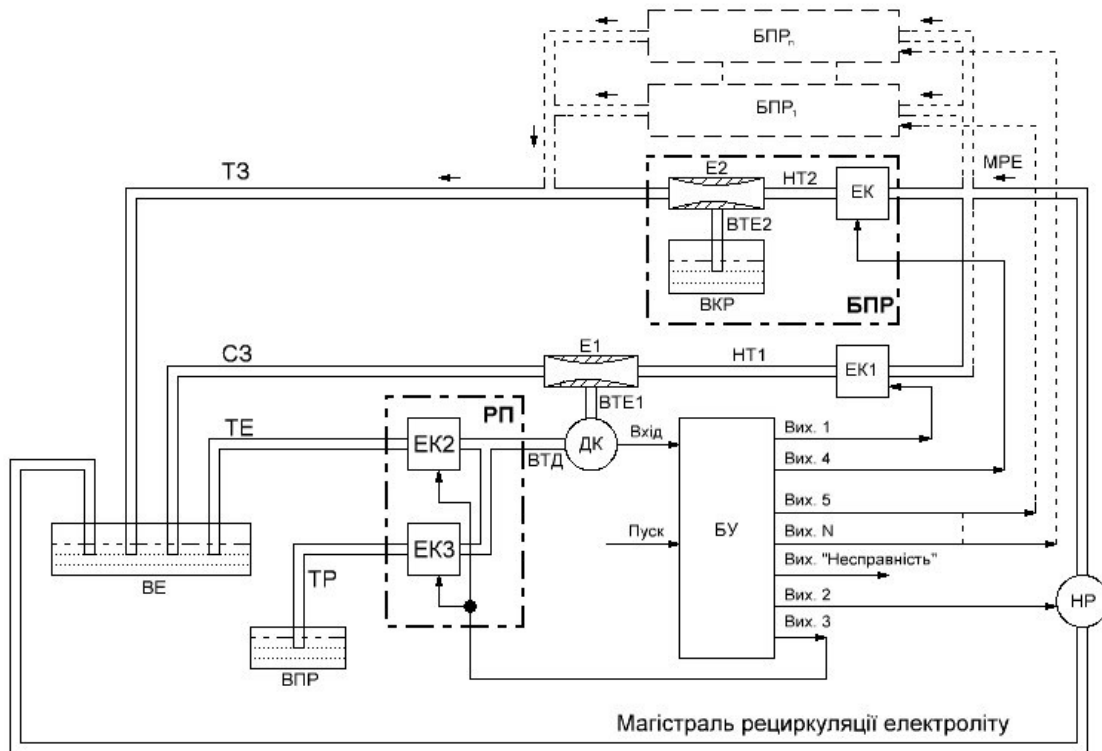
**Основна частина.** Пристрій автоматичного процесу регулювання концентрації іонів водню показаний на блок-схемі (рис. 1), на рис. 2 приведена структурна схема блока управління пристроєм.

Пристрій регулювання концентрації іонів водню містить ванну ВЕ з електролітом, блок БУ управління, датчик ДК кислотності з поміщеними в нього чутливими елементами, всмоктувальну трубу ТЕ електроліту, всмоктувальну трубу ТР промивного розчину, ванну ВПР з промивним розчином, розподільник РП потоку, сифон СЗ зливу електроліту, ежектор Е1, всмоктувальну трубу ВТЕ1 ежектора, нагнітаючу трубу НТ1, всмоктувальну трубу ВТД, електромагнітний клапан ЕК1, блок БПР подачі коригуючого розчину, магістраль МРЕ рециркуляції електроліту, насос НР рециркуляції.

Блок БПР подачі коригуючого розчину містить ванну ВКР з коригувальним розчином, ежектор Е2, електромагнітний клапан ЕК, всмоктувальну трубу ВТЕ2, нагнітаючу трубу НТ2 ежектора Е2, трубу ТЗ зливу коригуючого розчину.

Розподільник РП потоку містить два електромагнітних клапана ЕК2 і ЕК3. Клапан ЕК2 в знеструмленому стані закритий, а клапан ЕК3 відкритий, тобто ванна ВЕ з електролітом відключена, а ванна ВПР з промивним розчином підключена до датчика ДК кислотності. При подачі напруги на обмотки клапанів ЕК2 і ЕК3 ванна ВПР з промивним розчином відключається, а ванна ВЕ з електролітом

підключається до датчика ДК кислотності. Залежно від складу робочого електроліту в ванні ВЕ, технологічного процесу, закону регулювання кислотності пристрій може містити один, два або більше блоків подачі коригувальних розчинів (наприклад, блоки БПР<sub>1</sub>,...,БПР<sub>n</sub>).



**Рис. 1. Блок схема пристрою регулювання концентрації іонів водню**

При двопозиційному регулюванні (більше, менше) і одному корегуючому розчині пристрій містить один блок подачі коригуючого розчину (БПР).

При трьопозиційному регулюванні (менше, норма, більше) і двох коригуючих розчинів пристрій містить два блоки подачі коригуючого розчину (БПР і БПР<sub>1</sub>).

Можливе корегування електроліту подачею декількох коригувальних розчинів включенням блоків БПР, БПР<sub>1</sub>,...,БПР<sub>n</sub>.

Один з можливих варіантів виконання блоку БУ управління приведений на рис. 2.

Блок БУ управління містить перетворювач ПЕ чутливих елементів активності іонів водню, аналого-цифровий перетворювач АЦП, мікро електронно обчислювальну машину (мікро ЕОМ) мЕОМ і в залежності від числа блоків БПР, БПР<sub>1</sub>, ..., БПР<sub>n</sub> подачі коригувальних розчинів, підсилювачі ПП1, ..., ПП4, ..., ППm. Мікро ЕОМ мЕОМ складається з пристрою ПВВ введення-виведення, постійного запам'ятовуючого ПЗП, оперативного запам'ятовуючого пристрою ОЗП, адресного селектора АС, центрального процесорного пристрою ЦПП, з'єднаного шиною управління з пристроєм ПВВ введення-виведення, шиною адреси з постійним запам'ятовуючим пристроєм ПЗП, оперативним запам'ятовуючим пристроєм ОЗП і через адресний селектор АС з пристроєм ПВВ введення-виведення, а шиною даних - з ПЗП, ОЗП і з пристроєм ПВВ введення-виведення.

Перед початком роботи пристрою ванну ВРП заповнюють промивним розчином. В якості промивного розчину в залежності від необхідної точності регулювання може бути використана водопровідна вода, дистильована вода, електроліт зі стабільним значенням рН і т.д. Додаткова вимога до промивних розчинів – не агресивні по відношенню до чутливих електродів.

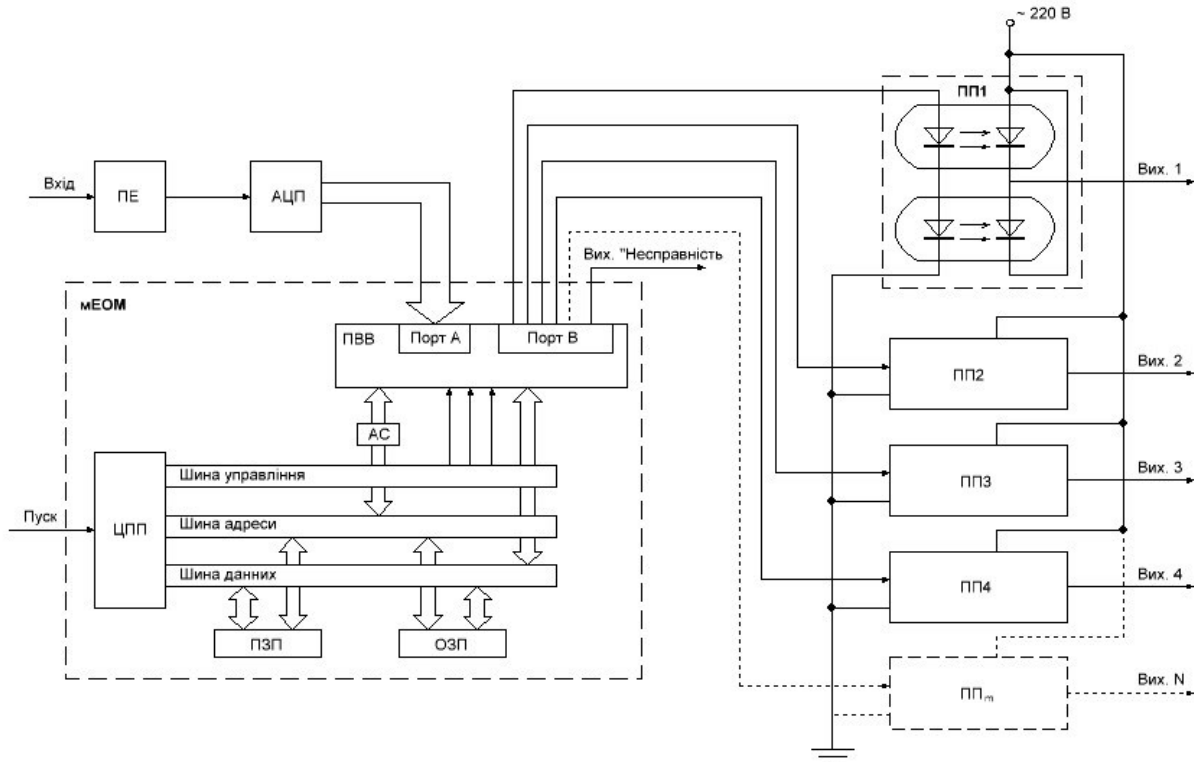
Датчик ДК кислотності заповнюють промивним розчином з ванни ВРП (через відкритий клапан ЕК3).

Розглянемо роботу пристрою при двопозиційній регулювання кислотності і одному коректує розчині.

Ванну ВКР заповнюють коригуючим розчином. У ПЗП записують алгоритм роботи пристрою і постійні величини; рНр – задане значення кислотності промивного розчину; рНmax, рНmin – відповідно верхнє і нижнє значення меж регулювання кислотності електроліту в ванні ВЕ; ΔрНmax – допустиме задане значення похибки вимірювання кислотності промивного розчину; Т<sub>1</sub> – час, необхідний для зміни промивної

рідини в датчику ДК кислотності електролітом, що відраховується від моменту включення клапана ЕК1 до моменту встановлення стабільного значення вимірювання рН електроліту;  $T_2$  - час, необхідний для зміни електроліту в датчику ДК кислотності промивним розчином, що відраховується від моменту включення розподільника потоку РП до моменту встановлення стабільного значення вимірювання рН промивного розчину.

Тимчасові інтервали  $T_1$  і  $T_2$  визначаються експериментально при налаштуванні пристрою.



**Рис. 2.** Структурна схема блока управління пристрою регулювання концентрації іонів водню

За командою "Пуск" блок БУ управління формує команду вимірювання кислотності. Виміряне перетворювачем ПЕ значення кислотності промивного розчину рН надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача АЦП і з його виходу у вигляді двійкового коду через порт А пристрої ПВВ введення-виведення і шину даних – в процесор ЦПП. Процесор ЦПП обчислює значення  $\Delta rH$ , рівне  $\Delta rH_p = rH_p - rH$ .

Якщо  $\Delta rH / \Delta rH_{\max} \geq 1$ , блок БУ управління формує сигнал "Несправність".

Якщо  $\Delta rH / \Delta rH_{\max} \leq 1$ , то значення рН з урахуванням знака заноситься в комірку ОЗП, а блок БУ управління формує команди включення насоса НР ("Вих.1"), клапана ЕК1 ("Вих.2") і перемикачів розподільника РП ("Вих. 3"). Електроліт, що нагнітається насосом НР, через включений клапан ЕК1 і трубу НТ1 надходить в ежектор Е1, де створюється розрідження, а електроліт з ванни ВЕ по трубі ТЕ через розподільник РП (відкритий клапан ЕК2), по трубі ВТД поступає в датчик ДК кислотності і далі через всмоктувальну трубу ВТЕ1 в ежектор Е1, де захоплюється потоком робочого електроліту, і через сифон СЗ, ванну ВЕ і насос НР замикається потік робочого електроліту. У датчику ДК кислотності відбувається заміна промивної рідини електролітом.

Після закінчення часу  $T_1$  коли промивної розчин в датчику ДК кислотності повністю заміниться електролітом, код виміряного значення кислотності електроліту рН через порт А пристрої ПВВ введення-виведення надходить в процесор ЦПП, який обчислює значення  $rH_{\text{вим}} = rH \pm \Delta rH$ , де  $\Delta rH_{\text{вим}}$  – виміряне з урахуванням поправки  $\pm \Delta rH$  значення концентрації електроліту, і порівнює його з  $rH_{\min}$ .

Якщо  $rH_{\text{вим}} < rH_{\min}$ , то блок БУ управління формує команду "Вих.4" включення клапана ЕК блоку БПР подачі коригуючого розчину.

Робочий електроліт через відкритий клапан ЕК і через трубу НТ2 надходить в ежектор Е2, де створюється розрідження. Коригувальний розчин з ванни ВКР через всмоктувальну трубу ВТЕ2, ежектор Е2 і трубу НТ2 сливу надходить в ванну ВЕ з електролітом. Величина рН електроліту підвищується.

При досягненні  $rH_{\text{вим}} \geq rH_{\min}$  блок БУ управління знімає команди включення "Вих.3" і "Вих. 4", тобто розподільник РП потоку і клапан ЕК блоку БПР подачі коригуючого розчину відключаються. Подача коригуючого розчину з ванни ВКР припиняється, а в датчик ДК кислотності з ванни ВПР з промивним

розчином через трубу ТР, клапан ЕКЗ і трубу ВТД надходить промивний розчин, який далі через всмоктувальну трубу ВТЕ1, ежектор Е1 і сифон СЗ зливається в ванну ВЕ з електролітом .

Після закінчення часу  $T_2$ , коли електроліт в датчику ДК кислотності повністю заміниться на промивний розчин, цикл вимірювання і регулювання повторюється з моменту вимірювання рН промивного розчину і обчислення  $\Delta pH = pH_p - pH$ .

При трьохпозиційному регулюванні кислотності електроліту, при  $pH_{вим} < pH_{min}$ , включається блок подачі коригуючого розчину, що підвищує рН електроліту, наприклад блок БПР.

При  $pH_{вим} \geq pH_{max}$  включається інший блок подачі коригуючого розчину, наприклад блок БПР<sub>1</sub>, що знижує рН електроліту. Необхідний алгоритм функціонування пристрою записується в ПЗП мікро ЕОМ МЕОМ.

При необхідності коригування електроліту двома або кількома коректуючими розчинами блоки БПР<sub>1</sub>, ..., БПР<sub>n</sub> подачі коригувальних розчинів включаються по черзі або разом залежно від заданого алгоритму коригування по виходах 5, ..., N блоку БУ управління.

Використання насоса НР і потоку робочого електроліту для створення розрідження в ежекторах Е1 і Е2 дозволяє застосовувати пропонований пристрій в виробничих приміщеннях, що не мають магістралі стиснутого повітря. Крім того, насос НР забезпечує більш інтенсивне перемішування електроліту в ванні ВЕ, тобто однорідність електроліту по всьому об'єму ванни, за рахунок чого забезпечується зменшення постійної часу регулювання.

**Висновки.** Таким чином застосування автоматизованої системи регулювання концентрації іонів водню за рахунок введення корегування результату виміру підвищується точність регулювання кислотності, а за рахунок того, що чутливий елемент датчика більшу частину часу, в тому числі і не робочий час, знаходиться в промивному розчині, підвищується надійність пристрою. Підвищення точності регулювання кислотності забезпечує зниження витрат корегуючих розчинів; підвищення продуктивності обладнання та якості виробів.

### Література

1. К.А. Плясова, В.С. Коваленко, В.І. Ткач, Л.В. Петренко, Лабораторний практикум з фізичної хімії та електрохімії, Міністерство освіти і науки України, Дніпропетровський національний університет, м. Дніпропетровськ, 2001.
2. Авторское свидетельство СССР №1462271, 01.11.1988.
3. Авторское свидетельство СССР №1485213, 08.02.1989.

### Reference

1. K.A. Plyasova, V.S. Kovalenko, V.I. Tkach, L.V. Petrenko, Laboratory workshop on physical chemistry and electrochemistry, Ministry of education and science of Ukraine, Dnipropetrovsk national university, Dnipropetrovsk, 2001.
2. USSR copyright certificate №1462271, 01.11.1988.
3. USSR copyright certificate №1485213, 08.02.1989.

Надійшла / Paper received: 22.03.2020

Надрукована / Paper Printed : 04.06.2020