

ИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ pH ПАРАМЕТРОВ

В настоящее время известно множество способов определения кислотности урины, однако погрешность данных способов достаточно велика. В связи с этим проблема определения кислотности урины является актуальной. Известно [1 – 3], что вектор развития pH-метрии направлен от постоянно токовых через переменные токовые к импульсным методам. К последним относится времяимпульсный способ, хотя в нем и используется стандартная высокоомная ячейка [3, 4].

Сущность однопорогового импульсного способа (рис. 1) заключается [4] в формировании между измерительным и сравнительным электродами высокоомной измерительной ячейки потенциала. Инерционностью накопления ионов на измерительном электроде обусловлен вид кривой отклика измерительной ячейки (рис. 1, а). Установившийся потенциал E_{pH} измеряемого сигнала регистрируют по интервалу времени τ_i ($i = \overline{1, n}$) в каждом цикле измерения. Цикл измерения организуется от момента равенства измеряемого сигнала нулю ($U = 0$) до его достижения порогового значения ($U = U_0$). Временной интервал τ_i (рис. 1, в) представляется в коде N_i (рис. 1, г), реализуемом за счет регистрации импульсов высокой частоты F_0 (рис. 1, б). При этом начало нового цикла измерения организуют после обнуления измеряемого сигнала в момент достижения его амплитуды порогового значения ($U = U_0$) в конце предыдущего цикла.

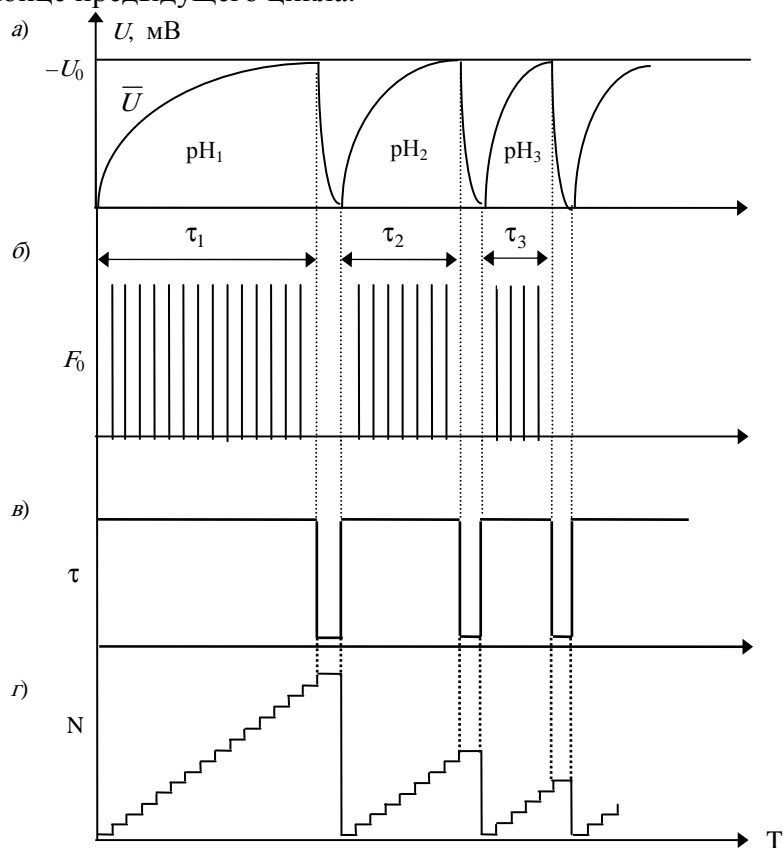


Рис. 1. Временная диаграмма однопорогового импульсного способа

В отличие от вышеописанного способа, в двухпороговом импульсном способе вводят дополнительный порог для исключения дрейфа нуля ячейки. При этом начало нового цикла измерения организуют после достижения измеряемого сигнала $U(t)$ уровня нижнего порогового значения U_0 после принудительного разряда в момент достижения его амплитуды $U(t)$ верхнего порогового значения U_{01} в конце предыдущего цикла (см. рис. 2).

Время измерения τ из $U = E_{\text{pH}} \left(1 - e^{-t/T} \right)$ можно выразить как

$$\tau = T \ln \frac{E_{pH}}{E_{pH} - U_0} . \quad (1)$$

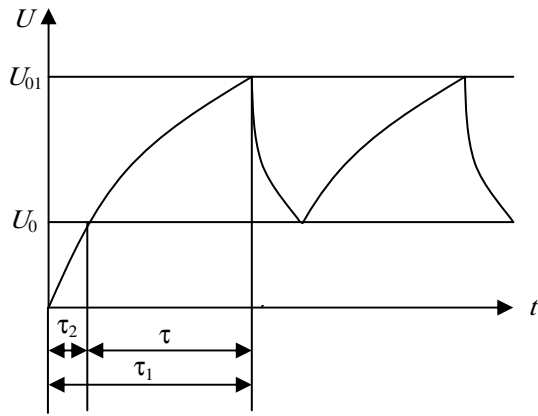


Рис. 2. Временная диаграмма двухпорогового импульсного способа

При двухпороговом способе время измерения τ находится как разность

$$\tau = \tau_1 - \tau_2 , \quad (2)$$

где τ_1 – промежуток времени от начала измерения до момента достижения верхнего порогового значения U_{01} , а τ_2 – время от начала до нижнего порогового значения U_0 .

Выразим τ_1 и τ_2 из (1) и подставим в выражение (2)

$$\tau = T \left(\ln \frac{E_{pH}}{E_{pH} - U_{01}} - \ln \frac{E_{pH}}{E_{pH} - U_0} \right)$$

или

$$\tau = T \ln \frac{E_{pH} - U_0}{E_{pH} - U_{01}} . \quad (3)$$

Из выражения (3), при известных значениях τ , можно найти алгоритм вычисления установившегося потенциала E_{pH} . Поделим уравнение (3) на T и проэкспонируем его левую и правую части

$$e^{-\frac{\tau}{T}} = \frac{E_{pH} - U_{01}}{E_{pH} - U_0} .$$

Проведем несложные математические преобразования

$$E_{pH} - U_{01} = e^{-\frac{\tau}{T}} (E_{pH} - U_0) ;$$

$$E_{pH} (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) = U_{01} - U_0 e^{-\frac{\tau}{T}} ;$$

получим зависимость

$$E_{pH} = \frac{U_{01} - U_0 e^{-\frac{\tau}{T}}}{1 - e^{-\frac{\tau}{T}}} . \quad (4)$$

При представлении в цифровом формате выражения (3 и 4) принимают вид

$$N = N_{\max} \ln \frac{E_{\text{pH}} - U_0}{E_{\text{pH}} - U_{01}};$$

$$E_{\text{pH}} = \frac{U_{01} - U_0 e^{-\frac{N}{N_{\max}}}}{1 - e^{-\frac{N}{N_{\max}}}}.$$

По установившемуся потенциалу определяют искомую величину рН исследуемого раствора по формуле

$$\text{pH} = \text{pH}_n - \frac{U_{\text{pH}} - U_n}{S_0 + \alpha t}.$$

В данном способе исключается случайная погрешность, обусловленная остаточным напряжением на измерительной ячейке, а также повышается оперативность измерений. Кроме того, данный способ позволяет, при изменении верхнего и нижнего порога, найти оптимальное соотношение скорости и точности измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схемотехника измерительно-вычислительных систем / под ред. Е.И. Глинкина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 80 с.
2. Глинкин, Е.И. Схемотехника микропроцессорных систем / Е.И. Глинкин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1998. – 158 с.
3. Пат. 2167416 РФ. Способ и устройство для определения концентрации ионов водорода / Е.И. Глинкин и др. – G 01 N 27/416, Бюл. № 14, 2001.
4. Пат. по заявке 2006126110 РФ. Способ и устройство для определения концентрации ионов водорода / С.В. Петров, Е.И. Глинкин. – G 01 N 27/416, положительное решение от 26.04. 2007.

Кафедра «Биомедицинская техника»