

ПРОМЫШЛЕННЫЙ pH-МЕТР С АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКОЙ

В. А. Карпов, Л. А. Захаренко, А. Г. Уваров, В. И. Шуликов

Гомельский государственный технический университет

им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Среди промышленных измерений параметров жидких сред, измерение активности ионов водорода, показателя pH , является одним из наиболее массовых, уступая лишь измерению температуры. Наиболее распространенным способом измерения pH является потенциометрический, основанный на преобразовании pH в ЭДС стеклянного электрода, называемого измерительным. В анализируемой среде ЭДС измерительного электрода, измеряется относительно опорного потенциала, формируемого с использованием сравнительного электрода. Сравнительный и измерительный электроды, называемые электродной системой, образуют разность потенциалов, по которой судят о значении показателя pH [1]. Измерение pH с использованием электродной системы характеризуется рядом специфических особенностей, среди которых следует отметить следующие:

- зависимость значения ЭДС от температуры анализируемой среды (при неизменном показателе pH);
- чрезвычайно высокое выходное сопротивление электродной системы (300–700 МОм) и его зависимость от условий измерения;
- технологический разброс и нестабильность основных параметров электродной системы (крутизны и координат изопотенциальной точки);
- необходимость пересчета ЭДС в значение pH с использованием основных параметров электродной системы (решения уравнения электродной системы).

До недавнего времени основным типом промышленного pH-метра являлся аналоговый, в котором отмеченные особенности учитывались с использованием средств аналоговой схемотехники. При этом учет реальных значений параметров электродной системы при решении уравнения преобразования (при настройке pH-метра) представляет собой сложную и трудоемкую операцию [2].

В представленных материалах отражены результаты работ по созданию промышленного pH-метра с автоматической настройкой, реализуемой средствами программной обработки.

Как известно [1, 2], уравнение ЭДС электродной системы имеет вид:

$$E_X = E_H - \frac{St}{n} \cdot (pH - pH_H) , \quad (1)$$

где: E_X – э.д.с. электродной системы, мВ; pH – значение pH контролируемого раствора; pH_H – значение pH раствора, при котором э.д.с. электродной системы не зависит от температуры раствора; E_H – э.д.с. электродной системы при pH раствора, равном pH_H , мВ (pH_H, E_H – координаты изопотенциальной точки); n – валентность измеряемых ионов (отрицательная для катионов и положительная для анионов); St – крутизна характеристики электродной системы, мВ/pH, которая для идеального электрода определяется по формуле:

$$St = \frac{\Delta E}{\Delta pH} = \ln(\alpha_H) \cdot \frac{R \cdot T}{F} = 2.3 \frac{R \cdot T}{F} = (54.19 + 0.198 \cdot t_p) \frac{mB}{pH} , \quad (2)$$

где: α_H – активность ионов водорода, грамм-ион/л; t_p – температура раствора в °С.

Откуда видно, что значение ЭДС зависит от температуры измеряемого раствора и от параметров электродной системы pH_H и E_H и не содержит в чистом виде показатель pH . Поскольку электродная система имеет технологический разброс параметров pH_H и E_H от номинальных значений, а этот разброс имеет место как при изготовлении электро-

дов, что обусловлено рядом технологических трудностей, так в процессе хранения и их эксплуатации, что связано с изменением электрохимических свойств электродов. Уход от номинальных значений при этом может составлять десятки процентов. Естественно, что для обеспечения приемлемой точности измерения требуется проводить процедуру настройки по буферным растворам. В инструментальной рН-метрии под буферными растворами понимаются среды с гарантированным показателем pH . Буферные растворы готовятся с высокой точностью, находящейся на уровне сотых долей pH .

Для автоматизации процедуры настройки и решения уравнения электродной системы, использована программная обработка сигналов с применением однокристалльной ЭВМ (ОЭВМ).

В практике инструментальной рН-метрии существует множество способов настройки рН-метров по буферным растворам. Наибольшее распространение получили настройки по 2-м буферным растворам, температура которых близка к температуре измеряемой среды и настройка по 3-м буферным растворам, температура одного из которых отличается от двух остальных. Рассмотрим реализацию процедуры настройки по 2-м буферным растворам.

Для двухбуферной настройки можно записать следующую систему уравнений, используя уравнение (1):

$$\begin{cases} E_{x1} = A + B \cdot pH_1, \\ E_{x2} = A + B \cdot pH_2, \end{cases} \quad (3)$$

где коэффициенты A и B определяются по формулам:

$$A = E_H + \frac{St}{n} \cdot pH_H, \quad B = \frac{St}{n}. \quad (4)$$

При решении данной системы уравнений можно однозначно определить коэффициенты прямой линии характеристики преобразования A и B для данной постоянной температуры. Но т.к. электродная система датчика характеризуется тремя параметрами (E_H , pH_H и St), а уравнений всего два, то невозможно однозначно определить координаты изопотенциальной точки (E_H , pH_H) при 2-х буферной настройке. Для уменьшения количества неизвестных членов в системе уравнений (3) задаются значением pH_H и однозначно определяют E_H и St . Для определения всех параметров электродной системы требуется проведение настройки по 3-м буферным растворам.

При 3-х буферной настройке решение следующей системы уравнений позволяет однозначно определить все параметры электродной системы (E_H , pH_H и St):

$$\begin{cases} E = E_H - \frac{St_1}{n} \cdot (pH_H - pH_1), \\ E_2 = E_H - \frac{St_1}{n} \cdot (pH_H - pH_2), \\ E_3 = E_H - \frac{St_2}{n} \cdot (pH_H - pH_3). \end{cases} \quad (5)$$

Использование однокристалльной ЭВМ в промышленном преобразователе позволило значительно упростить процедуру настройки. При разрешении уравнения (1) относительно pH при измерении и решении систем уравнений (3) и (5) при настройке использовалась математика чисел с плавающей запятой в трехбайтном формате (8, 16), в котором для мантиссы числа используется 16 бит, для смещенного порядка числа – 7 бит и один бит знаковый. В программе реализованы четыре арифметические операции: сло-

жения, вычитания, умножения и деления. Кроме того, для вывода информации на 5-и разрядный дисплей и считывания данных с дисплея разработаны подпрограммы перевода чисел из формата с плавающей запятой в двоично-десятичный код и обратно.

Кроме вышеперечисленного использование ОЭВМ позволило добавить ряд сервисных функций, таких как связь с компьютером по интерфейсу RS-232, просмотр параметров электродной системы, на которые настроен преобразователь, их модификацию, накопление и архивирование данных измерения и т.п.

Для сохранения высокой эквивалентной точности измерения, характерной для аналоговых рН-метров, в которых реализован дифференциальный метод измерения с использованием прецизионных дорогостоящих элементов с ручным переключением внешних перемычек с последующей настройкой, в рассмотренном рН-метре использован аналого-цифровой преобразователь – К572ПВ6, использование которого позволило отказаться от применения дифференциального метода измерения с сохранением высокой точности (до сотых долей процента) во всех поддиапазонах измерения.

Метрологическое обеспечение рН-метров производится с использованием стандартных буферных растворов, приготавливаемых из стандарт-титров. Значения показателя pH этих растворов гарантируются с высокой степенью точности (0.01 рН) и их температурные изменения хорошо изучены. Всего имеется семь основных стандартных буферных растворов (1.10; 1.68; 3.56; 4.01; 6.86; 9.18; 12.45 при 20°C). Отличительной особенностью этих растворов является то, что области изменения показателя pH , при изменении температуры от 0 до 100°C, не пересекаются. Это обстоятельство позволяет идентифицировать буферный раствор по показателю pH , измеренному рН-метром, настроенным всего лишь по номинальным значениям $pH_{н}$ и $E_{н}$. Таким образом, имея в памяти программы значения pH стандартных буферных растворов и их изменения в функции температуры можно организовать работу рН-метра с автоматической идентификацией значения pH буферного раствора, что существенно облегчит процедуру настройки.

Литература

1. Макаров А.К., Свердлин В.Н. Приборы для измерения рН.–Л.: Энергия, 1970.
2. Кирасиров А.Ф., Карпов В.А. Измерительные цепи рН-метров.– Гомель: ИПП “СОЖ”, 1997.

О ДЕКОДЕРЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ДВОИЧНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, АДАПТИРУЮЩЕМСЯ К УРОВНЮ ШУМОВ

А. С. Шагинян, Е. А. Храбров

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

При передаче телеграфных сообщений, в телеметрии, в сейсморазведке [1, 5, 6] и в других областях техники применяются устройства фазового пуска, использующие псевдослучайные двоичные последовательности. Они обеспечивают синхронный прием передающихся после них сигналов. В радиолокации, сейсморазведке и испытательной технике [6, 7] рабочие (зондирующие) сигналы часто также основаны на таких последовательностях. На таких последовательностях обычно базируются коды помехоустойчивых систем передачи информации с подавлением ошибок.

В сейсморазведке при проведении полевых работ от сейсмостанции к компактной группе вибраторов по радиоканалу посылается сигнал общего пуска, основанный на псевдослучайной последовательности. Благодаря ему все вибраторы одновременно начинают излучать сейсмический сигнал, а на сейсмостанции при этом формируется синхронный с вибраторами опорный сигнал, используемый при дальнейшей корреляционной обработке принятого сейсмостанцией отраженного сейсмического сигнала.