РАЗДЕЛ IV. ФИЗИКА

Мамелина Т.Ю.

Контрольно-измерительные электрохимические приборы

*Пензенский государственный технологический университет
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/lj-02-2021-34

idsp: ljjournal-02-2021-34

Аннотация

В статье рассматриваются виды контрольно-измерительных электрохимических приборов, подробно рассмотрен рН-метр.

Ключевые слова: анализ, прибор, рН-метр.

Abstract

The article deals with the types of control and measuring electrochemical devices and equipment, the pH meter is considered in detail.

Keywords: analysis, device, pH-meter.

Процесс анализа в лаборатории в большинстве случаев стал аппаратным. Приборы стали делиться на портативные и стационарные, значительно расширили возможности и ускорили все методы исследования. С одной стороны, это значительно упростило получение результатов, с другой, усложнило выбор самих приборов. Но все-таки, легче потратить время на поиск качественного и эргономичного прибора, чем проводить рН-метрию или другой лабораторный процесс на устаревшем устройстве, или тем более вручную.

Приборы для быстрого измерения уровня концентрации ионов водорода в жидкостях широко востребованы в каждой современной лаборатории. Они используются для определения активности ионов водорода в воде и в водных растворах. Без них невозможно обойтись в пищевой и сырьевой промышленности, при изучении объектов окружающей среды, в производственных системах, обеспечивающих непрерывный контроль технологических процессов, в том числе и происходящих в агрессивных средах. От области применения приборов зависят и требования к ним, например, тип рабочего электрода. Модели отличаются друг от друга и типом конструкции, и специализацией, и многими другими параметрами.

Функционирование рН метра основано на измерении ЭДС электродной системы. Данная величина прямо пропорциональна активности водородных ионов в растворе, то есть рН, или водородному показателю. Измерительная схема данного устройства является, по сути, вольтметром, проградуированным в единицах рН для какой-либо конкретной электродной системы (чаще всего измерительный электрод изготовлен из стекла, а вспомогательный — хлорсеребряный). Основным требованием к входной схеме прибора можно назвать высокое входное сопротивление — входной ток не более 10–10А (а у хороших аппаратов менее 10–12А). Это обеспечивает то, что между входами создается сопротивление изоляции не менее 10–11Ом (обусловлено высоким внутренним сопротивлением зонда, которым является стеклянный электрод). Изначально электродвижущая сила измерялась компенсационным методом, для чего использовался потенциометр и чувствительный гальванометр. Равновесие схемы означало отсутствие тока в гальванометре и нагрузки на электроды (по шкале потенциометра отсчитывается ЭДС). Метод с баллистическим гальванометром мало отличался от предыдущего: от электродов заряжался конденсатор и разряжался на рамку гальванометра. Заряд конденсатора влияет на степень отклонения рамки.

Со временем появились приборы, имеющие входные усилители на электронных лампах. У таких «электрометрических» ламп имеется ток утечки сетки (порядка пикоампер), позволяющий получать большое входное сопротивление. Недостаток схемы — большой дрейф, уход калибровки в результате достаточно быстрого старения и изменения характеристик лампы. Для коррекции были разработаны компенсационные схемы с усилителем, работающие по типу «модулятор — демодулятор». Специальный вибропреобразователь (механический ключ) поочередно соединяет конденсатор с входом и цепью обратной связи. В случае различия напряжения на них через конденсатор протекает переменный ток, создающий переменное напряжение на сеточном резисторе входной лампы. Усиливающаяся несколькими каскадами пульсация поступает на фазочувствительный демодулятор и на выходе получается напряжение, пропорциональное разности на входе. Цепь обратной связи (резистивный делитель) задает общий коэффициент усиления, стремясь поддерживать на входе усилителя нулевую разность напряжений. Эта схема почти не зависит от степени износа ламп, можно использовать массовые приёмно-усилительные лампы. В ещё более поздних модификациях вместо контактного преобразователя использовался динамический конденсатор, а затем лампы сменились полевыми транзисторами. В настоящее время прецизионно-операционные усилители с входом на полевых МОП-транзисторах полностью удовлетворяют требованиям по входному сопротивлению.

Второй проблемой для ЭДС электродной системы считается ее сильная зависимость от температуры, поэтому важна схема ее термокомпенсации. Вначале с этой целью использовались медные термометры сопротивления, которые включались в мостовые схемы обратной связи либо потенциометры со шкалой в градусах (ручкой потенциометра устанавливалась температура, измеренная ртутным термометром). Такие схемы были сложны в настройке и калибровке, в современных моделях датчик температуры функционирует на отдельном аналого-цифровом преобразователе, а необходимые корректировки вносит микроконтроллер.

Измерительные электроды в современных приборах конструктивно бывают либо со встроенным контрольным электродом, либо с отдельно выполненным. Кроме того, они могут быть перезаряжаемые и не перезаряжаемые. Основным недостатком любых современных электродов является накопление микротрещин в стекле и загрязнение микропор. Помогает от этого очистка соляной кислотой, но со временем показания датчика все равно необратимо изменяются. Выход из ситуации — использование высококласных датчиков и своевременная замена стеклянной (мембранной) части или датчика целиком.

1. Грибанов Д. Д. Контрольно-измерительные приборы и инструменты. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. - М.: Академия (Academia), 2017. - 860 с.
2. Дьяконов В. П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения / В.П. Дьяконов. - М.: Солон-Пресс, 2010. - 267 с.
3. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Н. и др. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: для нач. проф. образования. – М.: Академия, ПрофОбрИздат, 2002. - 464с.
4. Портативные электрохимические анализаторы/ С.В. Соколов, П.Н. Загороднюк, Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им Д.И. Менделеева), 2001, т. XLV, № 5-6.
5. Соколов Б. А. Контрольно-измерительные приборы и автоматика котлов. Учебное пособие. - М.: Академия (Academia), 2012. - 209 с.
6. pH-метры. Общая информация, классификация, особенности карманных pH-метров - Лабораторное оборудование: обзоры, сравнения, рекомендации [Электронный ресурс] URL: <https://labblog.ru> (дата обращения 01.02.2021).
7. pH-метр лабораторный — виды, характеристики и особенности [Электронный ресурс] URL: <https://vodorodgenerator.ru/> (дата обращения 01.02.2021).
8. Каталог лабораторного и медицинского оборудования [Электронный ресурс] URL: <http://www.dissercat.com/content/sistemy-dlya-vnelaboratornogo-inversionno-voltamperometricheskogo-analiza> (дата обращения 01.02.2021).