

2. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Анализ математической модели изменения электропроводности растворов с целью определения коэффициентов настройки прибора измерения их концентрации

Исаеня Н. В., доц., канд. техн. наук, БГАТУ, г. Минск

Одним из основных информационных параметров измерения концентрации растворов является проводимость X , которая будет непостоянной при изменении их температуры T . Так проводимость некоторых из них при постоянной концентрации N может изменяться более чем в два раза при изменении температуры, например, с 20 до 70 градусов. Таким образом концентрация является функцией двух переменных (проводимости и температуры) и имеет вид матрицы (табл. 1).

Таблица 1

T °C	N, г/л					
	N ₁	N ₂	...	N _j	...	N _m
T ₁	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1j}	...	X _{1m}
T ₂	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2j}	...	X _{2m}
...
T _i	X _{i1}	X _{i2}	...	X _{ij}	...	X _{im}
...
T _n	X _{n1}	X _{n2}	...	X _{nj}	...	X _{nm}

Проводимость X при постоянной концентрации N с изменением температуры определяется линейной зависимостью $x = x_0 + et$, (1) где x_0 – проводимость при 0°C, e - температурный коэффициент изменения проводимости.

В свою очередь концентрация N через проводимость X при постоянной температуре определяется квадратичной зависимостью

$$N = ax^2 + bx + c, \quad (2)$$

поэтому при измерении концентрации целесообразно скомпенсировать температурные изменения в проводимости, а измерение концентрации проводить по формуле (2).

С целью компенсации температурных изменений в проводимости выражение (1) преобразовывается к виду $x = x_0(1 + et/x_0) = x_0(1 + \alpha t)$, (3) где $\alpha = e/x_0$.

Задача состоит в том, чтобы на основании экспериментально полученной матрицы проводимости конкретного раствора (табл.1) найти такое α , которое совместно с показаниями датчика температуры t по произведению (αt) скомпенсировало бы изменения проводимости X . Тогда на основании матрицы проводимости (табл.1), используя линейную аппроксимацию концентрации по столбцам $X_{ij} = X_{0j}(1 + \alpha_j t_i)$ согласно формулы (1), можно получить коэффициенты аппроксимации α_j для различных значений концентрации N_j . Затем из данного массива α от α_{\min} до α_{\max} можно найти такое α , где суммарная ошибка в % между истинными значениями проводимостей и рассчитанными по выражению $X_{ij} = X_{0j}(1 + \alpha_j t_i)$ будет минимальной. Потом в результате деления табличных значений проводимости каждого столбца на выражение $(1 + \alpha t_i)$ будет получена матрица проводимостей скомпенсированная по температуре.

Поскольку концентрация N через проводимость X определяется квадратичной зависимостью $N = ax^2 + bx + c$, то аппроксимирующее выражение концентрации по строкам при постоянной температуре будет $N_j = a_i X_{ij}^2 + b_i X_{ij} + c_i$. (4)

Методом наименьших квадратов рассчитываются аппроксимирующие коэффициенты a_i, b_i, c_i для каждой из строк матрицы (при $t_i = const$). Затем в области от их минимального до максимального значений формируется массив коэффициентов a, b и c с определенным шагом. На основании фиксированных a, b и c и скомпенсированной по температуре матрице проводимости, используя аппроксимирующее выражение концентрации по строкам (4), тройным вложенным циклом рассчитываются значения концентрации N_j для каждой из строк матрицы при любых комбинациях коэффициентов a, b и c . Затем из всех значений коэффициентов a, b и c определяется такая их тройка, при которой будет минимальная суммарная ошибка в % между расчетными значениями концентрации по выражению (4) и их истинными значениями из таблицы. Эти найденные тройки коэффициентов совместно с полученным выше α и являются настроечными параметрами прибора при определении концентрации по выражению $N = aX^2/(1+\alpha t)^2 + bX/(1+\alpha t) + c$, где X – истинные значения проводимостей. Максимальная ошибка в измерении концентрации, полученной на основании расчетов по выражению $N_j = a X_{ij}^2 / (1 + \alpha t_i)^2 + b X_{ij} / (1 + \alpha t_i) + c$, закладываемого в работу измерительной схемы прибора, и их истинными значениями, взятыми из исходной матрицы, составляет не более 5% при изменении температуры с 20 до 70 градусов.