

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК

Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, Н. В. Суворова

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»,
г. Барнаул

Статья посвящена разработке метода определения постоянной контактного ПИП и УЭП анализируемой жидкости. Предложенный метод заключается в определении величины постоянной первичного преобразователя путем аппроксимации активного сопротивления в зависимости от удельного сопротивления раствора в виде линейной функции.

Ключевые слова: первичный измерительный преобразователь, постоянная ПИП, удельная электрическая проводимость, УЭП, проводимость, сопротивление ПИП, поляризационное сопротивление электродов, емкость двойного электрического слоя, эквивалентная электрическая схема замещения, ЭЭСЗ.

Основным параметром контактных кондуктометрических первичных преобразователей (ПИП), который определяет преобразование измеренной проводимости или измеренного сопротивления ПИП с анализируемой жидкостью в удельную электрическую проводимость анализируемой жидкости (УЭП), является ее постоянная (коэффициент преобразования сопротивления ПИП в УЭП анализируемой жидкости). Результатом измерения активной составляющей сопротивления анализируемой жидкости и, следовательно, определения постоянной ПИП являются процессы, происходящие на электродах ПИП. Существует способ определения постоянной ПИП и активной составляющей суммарного поляризационного сопротивления [1]. Этот способ для получения величины постоянной ПИП, оценки величины суммарного поляризационного сопротивления электродов и суммарной емкости двойного электрического слоя использует эквивалентную электрическую схему замещения (ЭЭСЗ), приведенную на рисунке 1.

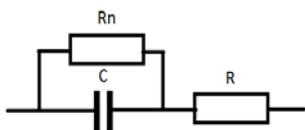


Рисунок 1 – Электрическая схема замещения ПИП

Условные обозначения:

- R_n – поляризационное сопротивление;
- R – активное сопротивление анализируемого раствора;
- C – суммарная емкость двойного электрического слоя.

Для определения значения постоянной ПИП проводят следующие операции:

- 1) приготовить несколько растворов с известной УЭП;
- 2) измерить активное сопротивление ПИП с каждым раствором при последовательной схеме соединения на нескольких частотах напряжения питания измерительной цепи;
- 3) аппроксимировать полученные данные зависимостью

$$R = f(\omega^{-2}), \quad (1)$$

4) за значение суммарного активного сопротивления анализируемой жидкости и соединительных проводов принять значение R при $\omega = \infty$;

5) для определения величины постоянной A суммарного сопротивления подводящих проводов и контактов r аппроксимировать R_∞ в зависимости от удельного сопротивления раствора ρ в виде линейной функции

$$R_{\infty} = a + b\rho, \quad (2)$$

б) за значение постоянной А принять значение коэффициента b а за сопротивление проводов величину коэффициента a.

В последнее время появились работы, в которых указывалось на наличие индуктивной составляющей в ЭЭСЗ контактного ПИП с анализируемым раствором, [2] связанной с переориентацией гидратированных ионов при прохождении переменного тока. С учетом этого явления ЭЭСЗ контактного ПИП с анализируемым раствором можно представить в виде приведенном на рисунке 2.

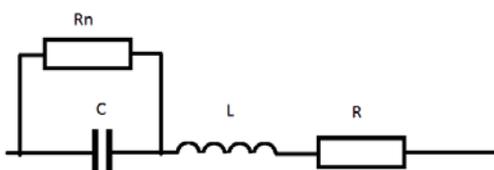


Рисунок 2 – ЭЭСЗ с учетом индуктивности
Условные обозначения:

Rn– суммарное поляризационное сопротивление;

C – суммарная емкость двойного электрического слоя;

R – активное сопротивление анализируемого раствора;

L – суммарная индуктивность.

Импеданс ПИП с ЭЭСЗ, представленной на рисунке 2, будет равен

$$Z = \frac{Rn}{1 + \omega^2 C^2 Rn^2} + R + j \left(\omega L - \frac{\omega C R n}{1 + \omega^2 C^2 Rn^2} \right) \quad (3)$$

Из (3) можно предположить, что при некоторой частоте возможно изменение реактивной составляющей импеданса ПИП с емкостного характера на индуктивный. Для экспериментальной проверки этого предположения проведено измерение активной и реактивной составляющих импеданса ПИП с одним и тем же анализируемым раствором при различных емкостях двойного электрического слоя [3]. Измерения частотных характеристик проводилось на одном и том же ПИП с различной обработкой его электродов (гладкая платина, травленая платина и платинированная платина). Изменение поверхности электродов позволяет изменить емкость двойного электрического слоя приблизительно на порядок. Обработанные результаты измерений приведены на рисунке 3.

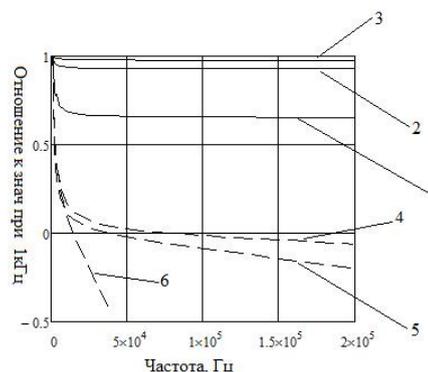


Рисунок 3 – Изменение активной и реактивной составляющих импеданса ПИП

Условные обозначения:

1 – изменение активной составляющей для гладких электродов;

2 – изменение активной составляющей для травленых электродов;

3 – изменение активной составляющей для платинированных электродов;

4 – изменение реактивной составляющей для гладких электродов;

5 – изменение реактивной составляющей для травленных электродов;

6 – изменение реактивной составляющей для платинированных электродов.

Для определения постоянной первичного преобразователя используется методика, предложенная в источнике [1], но в качестве активного сопротивления используется измеренное значение сопротивления ПИП при частоте, когда реактивная составляющая импеданса равна нулю. В результате получены значения последовательного сопротивления r , связанного с электрохимическими процессами, происходящими на электродах ПИП, и постоянной ПИП A , которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения последовательного сопротивления и постоянной ПИП для различных электродов

| Гладкие электроды | | Травленные электроды | | Платинированные электроды | |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| r , Ом | A , м ⁻¹ | r , Ом | A , м ⁻¹ | r , Ом | A , м ⁻¹ |
| 0,12 | 11,02 | 0,11 | 11,03 | 0,117 | 11,032 |
| 9 | 2 | 1 | 6 | | |

В результате может быть рекомендована следующая методика определения постоянной ПИП и влияющего на результат опре-

деления УЭП анализируемой жидкости поляризационного сопротивления электродов:

1) приготовить несколько растворов с известной УЭП;

2) измерить активное сопротивление ПИП с каждым раствором при последовательной схеме соединения на частоте резонанса;

3) для определения величины постоянной A и суммарного поляризационного сопротивления r аппроксимировать R в зависимости от удельного сопротивления раствора ρ в виде линейной функции

$$R = a + b\rho; \quad (4)$$

4) за значение постоянной A принять значение коэффициента b а за сопротивление проводов – величину коэффициента a .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин Б.С. Определение параметров контактных первичных преобразователей кондуктометров// Измерительная техника – 2008 – №3 – с.61-63.

2. Климник А.Б. Колебательные процессы в двойном электрическом слое при наложении переменного напряжения/ /Вестник Тамб. Ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки – 2006 – Т 11, вып. 4. – с.586-587.

3. Первухин Б.С. Определение влияющих параметров первичных преобразователей на интеллектуальные кондуктометрические анализаторы жидкости/ Первухин Б.С., Щастливцев И.А.// Ползуновский альманах – 2007, № 3. – с.74-76.

Первухин Борис Семенович к.т.н., доцент, e-mail: bspervuhin@mail.ru; Кривобоков Дмитрий Евгеньевич к.т.н., доцент; Суворова Наталья Владимировна – магистрант.