

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

Б.С. Первухин, В.А. Сопин, В.С. Тюркин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

В статье предложен путь совершенствования средств их метрологического обеспечения на основе анализа потребности промышленности и современного состояния метрологического обеспечения кондуктометрических анализаторов жидкости

Ключевые слова: удельная электрическая проводимость, первичный преобразователь, переходная функция, конденсатор, ёмкость, постоянная первичного преобразователя.

Для измерения удельной электрической проводимости наиболее часто используются первичные преобразователи следующих видов: контактные первичные преобразователи (прямой гальванический контакт электродов с анализируемым раствором); ёмкостные первичные преобразователи (связь с анализируемой жидкостью осуществляется через ёмкость); индуктивные первичные преобразователи. Измерение удельной электрической проводимости со всеми видами первичных преобразователей проводится как правило аналоговыми методами. В качестве аналоговых выходных сигналов используется выходной ток или выходное напряжение измерительной цепи [1,2,3]. Для оценки удельной электрической проводимости по выходному сигналу измерительной цепи используются три основных критерия:

- амплитуда выходного сигнала измерительной цепи;
- среднее значение выходного сигнала, взятое за половину периода напряжения питания;
- среднее значение выходного напряжения, взятое за половину периода тока через первичный измерительный преобразователь.

Тем не менее применение различных измерительных цепей и способов оценки удельной электрической проводимости не освобождает результат оценки от влияния источников систематической погрешности [4].

Примером использования характеристик динамических процессов для определения значения удельной электрической проводимости является способ, приведенный в [5]. Этот способ основан на экспериментальном определении характеристик переходной

процесса и оценке по их значению удельной электрической проводимости анализируемого раствора.

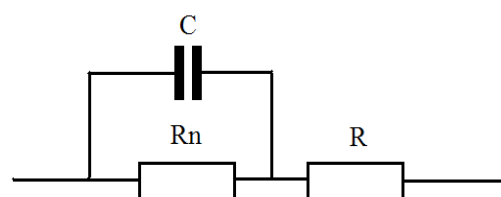


Рисунок 1 – Схема замещения контактного первичного преобразователя:
 R_n – суммарное поляризационное сопротивление электродов; C – суммарная емкость электродов; R – активное сопротивление анализируемой жидкости

Для определения параметров контактного первичного измерительного преобразователя проще использовать переходную функцию по току (переходная проводимость) [5]. Переходная функция по току (переходная проводимость) $g(t)$ схемы замещения (рисунок1) равна:

$$g(t) = \frac{1}{R + R_n} + \frac{R_n}{R(R + R_n)} \exp\left(-\frac{R + R_n}{RR_n C} t\right). \quad (1)$$

Для определения переходной функции необходимо питать первичный преобразователь переменным импульсным напряжением. При этом необходимо обеспечить длительность импульса такую, что к началу следующего импульса противоположной полярности выполнялись нулевые начальные условия.

Во время действия импульса напряжения питания необходимо получить несколько значений тока через первичный преобразователь и время достижения этих значений тока. Далее аппроксимировать полученные экспериментальные значения зависимостью:

$$g(t) = a + b \exp(-ct). \quad (2)$$

Из сравнения выражений (1) и (2) можно получить следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{R + R_n}; \\ b &= \frac{R_n}{R(R + R_n)}; \\ c &= \frac{R + R_n}{RR_n C}. \end{aligned} \quad (3)$$

Решив систему уравнений (3), можно определить активное сопротивление анализируемого раствора R:

$$R = \frac{1}{a + b}. \quad (4)$$

Используя эту методику можно получить значение только активного сопротивления анализируемой жидкости. Если A - значение постоянной первичного преобразователя, то удельная электрическая проводимость анализируемой жидкости χ будет равна $\frac{A}{R}$.

Аналогичный метод можно предложить и для определения удельной электрической проводимости с помощью ёмкостных первичных преобразователей. Электрическая эквивалентная схема замещения такого первичного преобразователя приведена на рисунке 2.

Переходная проводимость первичного преобразователя, эквивалентная электрическая схема которого приведена на рисунке 2 (б), будет иметь вид:

$$g(t) = U \frac{C_c^2}{R} e^{-\frac{1}{R(C_c+C)}t}. \quad (5)$$

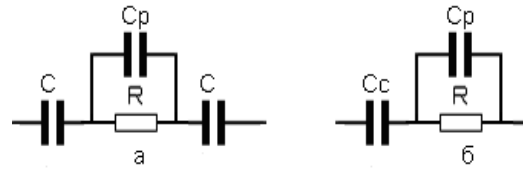


Рисунок 2 – Эквивалентные схемы ёмкостного первичного преобразователя
C – ёмкость связи электрода с раствором;
C_p – электрическая ёмкость, обусловленная диэлектрическими свойствами раствора;
R – активное сопротивление раствора;
C_c – суммарная ёмкость связи

Если снять экспериментальные данные по току и времени достижения этих значений и аппроксимировать их зависимостью вида $i(t) = Uae^{-bt}$, то будем иметь только два уравнения при трёх неизвестных. Это обстоятельство не даёт возможности решить систему уравнений. Для решения задачи можно изменить какой-либо из искомых параметров на известную величину. Наилучшим образом для выполнения этого условия подходит конденсатор с известной ёмкостью, включенный последовательно с ёмкостным первичным преобразователем. Измерительная цепь примет вид, который приведён на рисунке 3.

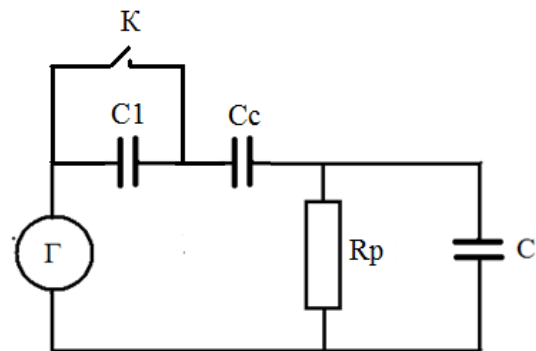


Рисунок 3 – Измерительная цепь с дополнительным конденсатором C₁ известной ёмкости. Обозначения: K – ключ;
C₁ – дополнительный конденсатор;
C_c – суммарная ёмкость связи;
R_p – активное сопротивление раствора;
C_p – электрическая ёмкость, обусловленная диэлектрическими свойствами раствора

Если экспериментальные данные величин тока и времени для достижения этих значений при замкнутом ключе аппроксимировать экспоненциальной зависимостью, получим:

$$i(t) = Ua_1 e^{-b_1 t}. \quad (6)$$

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

Разомкнув ключ, закорачивающий конденсатор с известной ёмкостью C_1 , сняв экспериментальные данные величины тока и времени достижения этого значения и аппроксимировав полученные данные экспоненциальной зависимостью, получим:

$$i(t) = Ua_2 e^{-b_2 t}. \quad (7)$$

В случае включения последовательно к первичному преобразователю ёмкости C_1 , суммарная ёмкость связи уменьшится и будет равна:

$$C_{c\Sigma} = \frac{C_c C_1}{C_c + C_1}. \quad (8)$$

Из полученных результатов обработки экспериментальных данных с учетом (6) и (7) получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{C_c^2}{R_p}; \\ b_1 &= \frac{1}{R_p (C_c + C)}; \\ a_2 &= \frac{C_c^2 C_1^2}{R_p (C_c + C_1)^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Система уравнений (9) уже разрешима относительно сопротивления анализируемой жидкости. При её решении получим следующую связь параметров первичного преобразователя с параметрами, определенными экспериментально:

$$R_p = \frac{C_1^2}{a_1} \left(\sqrt{\frac{a_1}{a_2}} - 1 \right)^2. \quad (10)$$

Таким образом, использование динамических параметров даёт возможность определить величину активного сопротивления анализируемой жидкости, на которую не влияют другие параметры как контактного, так и ёмкостного первичного преобразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин Б.С. Моделирование трансформаторных кондуктометров основанных на методе прямого измерения./Первухин Б.С., Латышенко К. П., Фатеев Д. Е. // Приборы, 2009.-№6-С. 38-42.
2. Первухин Б.С. Моделирование многообмоточных трансформаторных кондуктометров / Первухин Б.С., Латышенко К. П., Фатеев Д. Е. // Приборы, 2010.-№6-С. 49-55.
3. Первухин Б.С. Проектирование контактных кондуктометров с использованием в качестве критериев оптимизации заданной систематической погрешности // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2011.-№2- С.41-44.
4. Первухин Б. С. Методическая погрешность контактных кондуктометров / Первухин Б.С.//Естественные и технические науки, 2011-№1-С. 176-182.
5. Юшкова В.Б. Модернизация метода измерения удельной электропроводности жидкостей, воды и химических растворов/Юшкова В.Б., Первухин Б.С. // Ползуновский вестник, 2015.-№4. Т.1.-С.95-98

Первухин Борис Семёнович – д.т.н., профессор кафедры ИТ АлтГТУ, тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: bspervuhin@mail.ru; **Сопин Виктор Анатольевич** – магистрант кафедры информационных технологий, **Тюркин Вячеслав Сергеевич** – магистрант кафедры информационных технологий.