

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОСТИ

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

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

На основе анализа потребности промышленности и современного состояния метрологического обеспечения кондуктометрических анализаторов жидкости предложен путь совершенствования средств их метрологического обеспечения.

Ключевые слова: кондуктометр, эталон, методическая погрешность, импеданс электродов, кондуктивная постоянная.

Основным параметром контактных первичных преобразователей, точность определения которого влияет на погрешность определения удельной электрической проводимости анализируемых жидкостей, является постоянная первичного преобразователя. Постоянная первичного преобразователя – это коэффициент преобразования, измеренного активного сопротивления анализируемого раствора в его удельную электрическую проводимость. При отсутствии краевых эффектов и равных площадях электродов, которые расположены параллельно друг другу, эта постоянная оценивается как отношение расстояния между электродами первичного преобразователя к площади одного электрода.

Возможны два метода определения постоянной первичного контактного преобразователя – это оценка его значения по результатам определения его геометрических размеров и экспериментальный способ определения. При использовании первого метода необходимо изготовить электроды первичного преобразователя идентичными друг другу, расположить их строго напротив, соблюсти параллельность их плоскостей и точно измерить расстояние между электродами. Соблюдение все эти требования технологически достаточно сложно. Несоблюдение этих требований ведет к ошибке в определении постоянной первичного преобразователя. Поэтому этот метод применяется только при создании первичных преобразователей для комплектации первичных эталонов. Экспериментальный метод определения постоянной основан на измерении активной составляющей сопротивления первичного преобразователя с рас-

твором, удельная электрическая проводимость которого известна. Постоянная первичного преобразователя вычисляется как произведение измеренного значения активной составляющей сопротивления первичного преобразователя с раствором на известное значение его удельной электрической проводимости. В качестве растворов, удельная электрическая проводимость которых известна, применяются растворы хлористого калия в воде. Зависимость их проводимости от концентрации и температуры приведена в таблице 1.

Погрешность определяется постоянной завистью от точности приготовления растворов и погрешности измерения активной составляющей проводимости первичного преобразователя с раствором. При использовании особо чистых реактивов и весов высокого класса точности погрешность воспроизведения удельной электрической проводимости приготовленными растворами [1] не хуже чем 0.02% и практически не влияет на точность определения постоянной.

Основным источником погрешности определения постоянной является погрешность определения активной составляющей сопротивления анализируемой жидкости [2,3]. Эта погрешность обусловлена наличием электрохимических процессов на электродах первичного преобразователя. На рисунке 1 приведена электрическая эквивалентная схема замещения контактного первичного преобразователя кондуктометра с анализируемым раствором, которая учитывает наличие этого импеданса.

Таблица 1 – Удельная электрическая проводимость водных растворов KCl, См/м

Конц. моль/л	Температура, °C				
	0	5	10	15	20
0,01	0,0776	0,0895	0,1020	0,1148	0,1278
0,1	0,7150	0,8220	0,9330	1,048	1,176
1,0	6,544	7,424	8,319	9,250	10,21

Температура, °C					
25	30	35	40	45	50
0,141	0,155	0,169	0,183	0,198	0,213
3	2	4	8	4	1
1,288	1,412	1,538	1,666	1,795	1,926
11,18	12,17	13,17	14,18	15,20	16,22

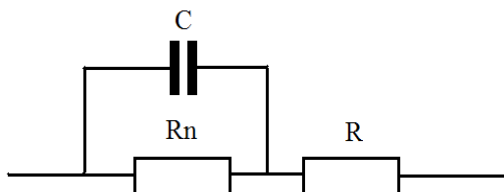


Рисунок 1 – Схема замещения контактного первичного преобразователя:

R_n – суммарное поляризационное сопротивление электродов, C – суммарная емкость электродов R – активное сопротивление анализируемой жидкости

В случае если электроды контактного первичного кондуктометрического преобразователя имеют равную поверхность и одинаковое распределение тока по их поверхности, величины суммарных поляризационного сопротивления и емкости равны:

$$R_n = 2R_s, C = 0,5C_s, \quad (1)$$

где: R_s – поляризационное сопротивление одного электрода; C_s – емкость двойного электрического слоя одного электрода.

Первый из сравниваемых методов экспериментально определяет постоянную первичного преобразователя из частотной зависимости активной составляющей сопротив-

180

ления первичного преобразователя в диапазоне частот от 5 до 10 кГц и содержит следующую последовательность операций [2]:

– приготовить несколько растворов с известным удельным сопротивлением (ρ);

– измерить активное сопротивление первичного преобразователя с каждым из растворов при последовательной схеме замещения;

– определить активное сопротивление раствора в ПИП, аппроксимировав значение активного сопротивления, полученного при последовательной схеме, зависимостью $R_1 = R + a\omega^{-2}$ и приняв постоянный член этой зависимости за активное сопротивление раствора в первичном преобразователе;

– определить постоянную первичного преобразователя A и активное сопротивление контактов и подводящих проводов r , аппроксимировав полученные данные линейной зависимостью $R = r + A\rho$.

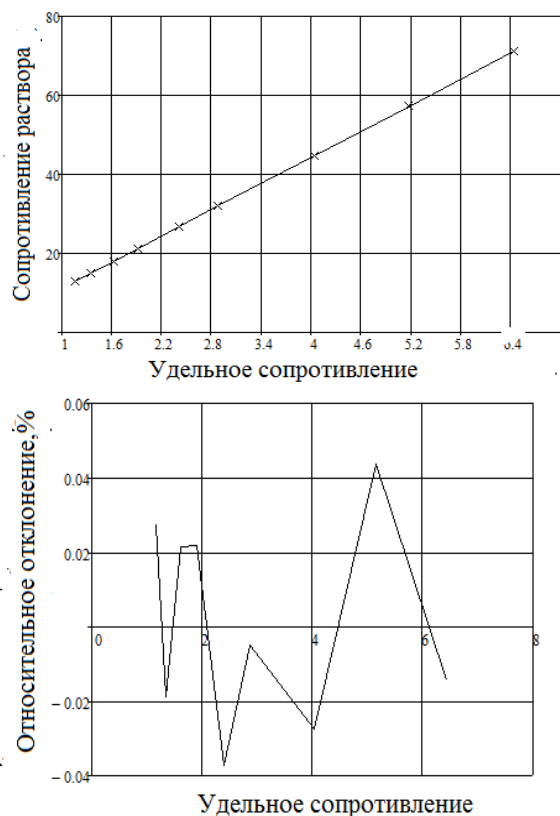


Рисунок 2 – Результаты определения постоянной первичного преобразователя

Определение постоянной первичного преобразователя с платиновыми электродами при изменении удельной электрической

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОСТИ

проводимости раствора от 0,1554 до 0,8603 См/м в диапазоне изменения частоты питающего напряжения от 4 до 10 кГц дало следующий результат аппроксимации активной составляющей сопротивления раствора:
 $R = 0,14 + 11,045\rho$.

Сопротивление проводов и контактов равно 0,14 Ом, постоянная первичного преобразователя равна 11,045 м⁻¹.

На рисунке 2а приведены результаты аппроксимации, а на рисунке 2б относительное отклонение аппроксимирующей функции от точек аппроксимации.

Поскольку ионы имеют некоторую массу, то следует ожидать, что их реакция на появление напряжения будет не мгновенной, а с запаздыванием, т.е. ток в жидкости будет запаздывать относительно приложенного напряжения. Этот факт можно отразить в эквивалентной схеме замещения первичного преобразователя с раствором наличием индуктивности.

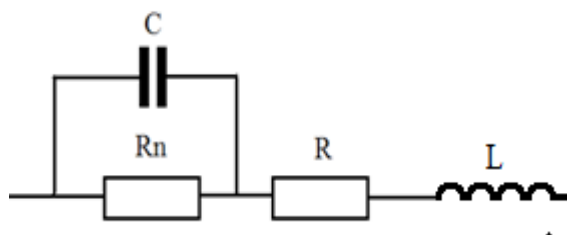


Рисунок 3 – Эквивалентная схема замещения первичного преобразователя с учетом индуктивности

Наличие емкости и индуктивности предполагает, что при некоторой частоте будет происходить резонанс напряжений, после которого реактивное сопротивление первичного преобразователя с раствором изменит свой знак на противоположный. На рисунке 4 приведена экспериментальная зависимость реактивной составляющей импеданса первичного преобразователя с раствором от частоты напряжения питания для растворов с различной удельной электрической проводимостью. Как видно из приведенных результатов, реактивная составляющая импеданса первичного преобразователя достигает условия резонанса напряжений при разных частотах для различных удельных электрических проводимостей.

Можно предложить следующий способ определения постоянной первичного преобразователя:

- приготовить несколько растворов с известным удельным сопротивлением (ρ);
- по результатам измерения реактивной составляющей определить резонансную частоту напряжения питания первичного преобразователя;
- измерить активное сопротивление первичного преобразователя при резонансной частоте для приготовленных растворов;
- определить постоянную первичного преобразователя A и активное сопротивление контактов и подводящих проводов r , аппроксимировав полученные данные, линейной зависимости: $R = r + A\rho$.

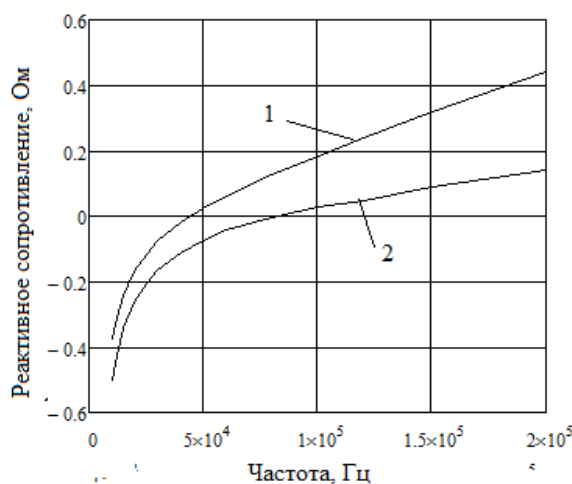


Рисунок 4 – Зависимости реактивной составляющей импеданса первичного преобразователя от частоты; 1 – для раствора с удельной электрической проводимостью 0,86028 См/м; 2 – для раствора с удельной электрической проводимостью 0,15540 См/м

В результате использования предложенной методики получена следующая аппроксимирующая функция: $R = 0,10 + 11,040\rho$. На рисунке 5 представлены графики этой функции и относительное ее отклонение от точек аппроксимации.

В результате анализа экспериментальных данных было установлено, постоянная первичного преобразователя, определенная по первой методике отличается от полученных результатов, выполненных по второй методике менее чем на 0,04%. Однако сопротивление проводов и контактов изменилось более чем на 30%.

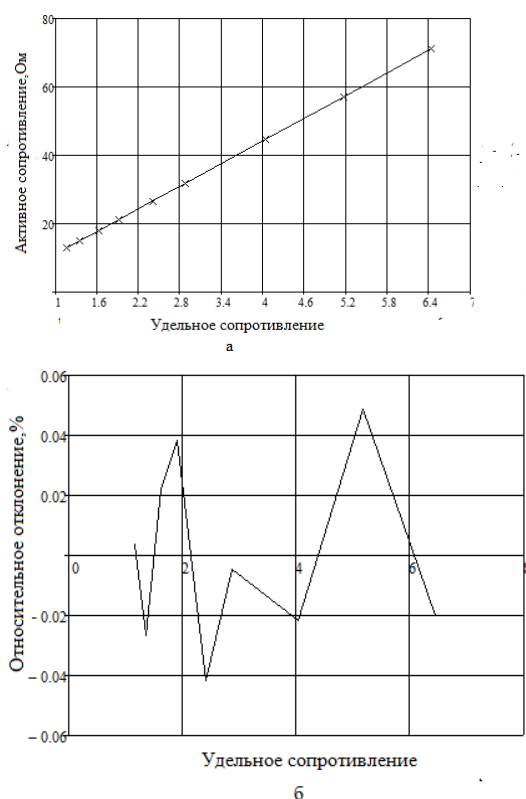


Рисунок 5 – Отклонение функции от точек аппроксимации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.457-2015 Государственная поверочная схема для средств измерения удельной электрической проводимости жидкостей.
2. Первухин Б.С. Определение параметров контактных первичных преобразователей кондуктометров//Измерительная техника. – 2008. – №3. – С. 61-63.
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 – д.т.н., профессор кафедры информационных технологий, bspervuhin@mail.ru, 8-8-913-240-51-38; Тюркин Вячеслав Сергеевич – магистрант кафедры информационных технологий; Сопин Виктор Анатольевич – магистрант кафедры информационных технологий.