



## ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСТВОРЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

**Тураев Шавкат Абдикаюмович. к.т.н., доцент-руководитель**  
**Бозоров Алишер Ганишер угли. Докторант.**  
**Ташкентский государственный технический**  
**университет имени Ислама Каримова. Узбекистан**

С точки зрения теории электрохимии каждый из элементов модели АБ(Аккумуляторных батарей) в виде последовательной  $RLC$ -цепи имеет свой физический смысл.

Сопротивление  $R_0$  – омическое сопротивление, определяемое сопротивлением активных масс электродов и электролита [2]. Сопротивление электролита проявляется, при ускоренном движении ионов электролита под действием электрического поля (внешнего или собственной ЭДС). Вследствие этого движения возникают тормозящие силы – трение и электростатическое взаимодействие движущихся зарядов. Скорость движущихся частиц пропорциональна значению этих тормозящих сил, что подтверждает справедливость закона Ома для электролитов. В результате действия электрического поля и тормозящих сил возникает движение носителей заряда с постоянной относительной скоростью, пропорциональной напряженности электрического поля [1].

Сопротивление активных масс отрицательного электрода АБ обычно пренебрежимо мало, так как чаще всего выполняется из таких металлов как свинец, цинк, железо, кадмий, магний, литий. В качестве активного вещества положительного электрода чаще используют оксиды или гидроксиды металлов ( $PbO_2$ ,  $MnO_2$ ,  $NiOOH$ ,  $AgO$ ,  $HgO$ ). При этом лишь немногие оксиды обладают, достаточно высокой электронной проводимостью. Удельная электрическая проводимость неполного гидрата окиси никеля ( $NiOOH$ ), применяемого в никель-кадмиевых и никель-металлгидридных АБ, равна примерно  $10^{-6}$  См/м, тогда как проводимость двуокиси свинца  $PbO_2$ , применяемой в свинцово-кислотных АБ, составляет 8 См/м. [3].

На границе между электродом и раствором электролита находится двойной электрический слой (ДЭС). Он образован электрическими зарядами, находящимися на поверхности металла, и ионами противоположного знака, расположенными в растворе у поверхности металла. ДЭС возникает при соприкосновении металла с раствором, в результате взаимного обмена заряженными частицами двух сред (ионы раствора отдают свои электроны металлу, а металл отдает ионы в раствор). В простейшем случае, можно представить себе, что поверхность металла притягивает из раствора эквивалентное по числу зарядов количество ионов с зарядами, противоположными по знаку заряду поверхности. Эти ионы располагаются вдоль поверхности, приближаясь вплотную к ней, в результате чего

образующийся двойной слой можно уподобить плоскому конденсатору с емкостью  $C_0$  [4].

Индуктивность  $L_0$  проявляет себя при воздействии на электрохимическую систему АБ переменным электрическим током (при измерениях параметров АБ на переменном токе). В физическом смысле элемент  $L_0$  отражает взаимосвязь энергии магнитного поля с соответствующим электрическим током. Он учитывает как самоиндукцию соединяющих проводников и выводов, так и собственную индуктивность электрохимической системы АБ [4].

В переменном электрическом поле двойного электрического слоя ионы испытывают воздействие способное заставить их колебаться. Возможная в этих условиях схема перемещения гидратированных ионов представлена на рис. 1.

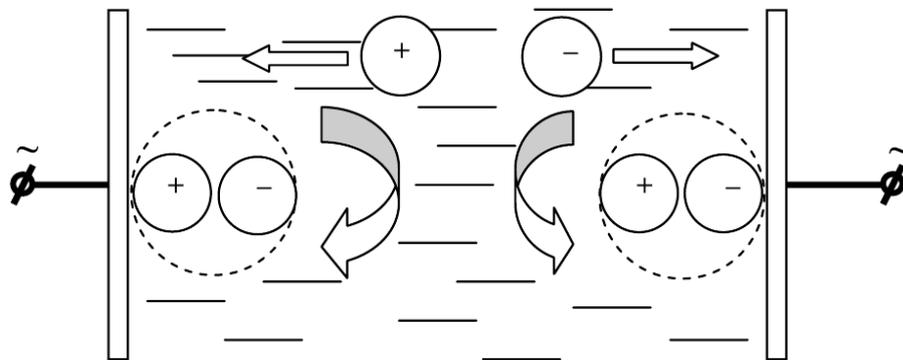


Рис. 1. Схема перемещения ионов в двойном электрическом слое и в растворе электролита

В такт с изменением заряда поверхности электрода ионная обкладка двойного электрического слоя перестраивается: гидратированные катионы заменяются гидратированными анионами. При этом гидратированные ионы перемещаются у поверхности электродов в первом приближении по криволинейным траекториям близким к круговым. В случае ионов с примерно одинаковым радиусом это допущение должно выполняться наиболее точно.

Растворы электролитов, как известно, представляют собой проводники электрического тока второго рода. Носители тока – катионы и анионы в растворах окружены ионной атмосферой и при своём движении под действием электрического поля тормозят взаимное перемещение. При движении гидратированных ионов в электрическом поле через условно выбранную границу часть тока переносится анионами, а часть – катионами. На скорость движения гидратированных ионов оказывает влияние и вязкость раствора электролита, увеличение которой должно понижать резонансную частоту колебаний системы. Кроме того, значение резонансной частоты рассматриваемых взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов может определяться соотношением подвижностей анионов и катионов.

Кроме того в двойном электрическом слое наблюдается резкое уменьшение диэлектрической проницаемости воды от 81 до 2...3. Это

обуславливает увеличение сил взаимного притяжения противоположно заряженных ионов в двойном электрическом слое по сравнению с силами, действующими между ионами, находящимися в отдалении от него.

Колебательный процесс в двойном электрическом слое возбуждается внешним источником переменного тока. При этом ионы испытывают то тормозящее, то ускоряющее их движение действие электрического поля электродов, перезаряжаемых в такт с частотой переменного тока. Такая физическая картина позволяет уподобить электрохимическую систему двум колебательным контурам, соединённым между собой раствором электролита с собственным сопротивлением  $R_0$ . Эти «колебательные контуры» имеют «конденсаторы»  $C_{дв1}$  и  $C_{дв2}$  – двойной электрический слой и «индуктивности»  $L1$  и  $L2$  (рис. 2.), появление которых связано с инерционными свойствами движения гидратированных ионов, обеспечивающих протекание переменного электрического тока, аналогично электронам в проводниках электрического тока первого рода.

Схеме перемещения гидратированных ионов (рис. 1.) соответствует эквивалентная электрическая схема (рис. 2.).

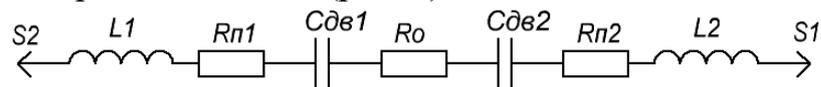


Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема электрохимической системы

Очевидно, что исходя из правил расчета последовательных электрических цепей полное комплексное сопротивление эквивалентной схемы на рис. 2. сводится к выражению полного комплексного сопротивления последовательной  $RLC$ -цепи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. Учеб. пособие для вузов / Под ред. акад. Б. П. Никольского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 880 с.
2. Федоров, А. Внутреннее сопротивление химических источников тока и его измерение / А. Федоров, С. Сарапов // Компоненты и технологии, № 3, 2005 С. 13-15.
3. Варыпаев, В.Н. Химические источники тока: Учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / В.Н. Варыпаев, М.А. Дасоян, В.А. Никольский; Под ред. В.Н. Варыпаева. – М.: Высш. шк., 1990. – 240 с
4. Стойнов, З.Б. Электрохимический импеданс / З.Б. Стойнов, Б.М. Графов, Б.С. Савова-Стойнова, В. В. Елкин // М.: «Наука», 1991. 336 с.