

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Скакунова Т.П., аспирантка

(Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия)

Управляемое электрохимическое сопротивление (УЭХС) представляет собой проводник из материала L в форме параллелепипеда длиной l , толщиной r , шириной a , на боковую поверхность которого гальваническим способом наносится металл M из соли, содержащей его ионы. Толщина ε нанесенного слоя

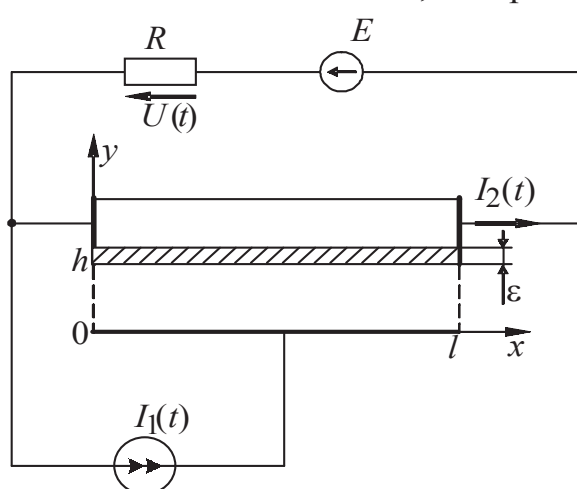


Рис. 1. Схема включения УЭХС

металла связана с толщиной h слоя электролита соотношением $\varepsilon \ll h$. Схема включения УЭХС приведена на рис. 1. Здесь $I_1(t)$ – ток управления; $I_2(t)$ – выходной ток; $U(t)$ – выходное напряжение; R , E – заданные постоянные величины. Задача исследования состоит в том, чтобы установить связь между выходным напряжением и управляющим током.

При моделировании УЭХС считаем, что плотность тока на управляющем электроде распределена равномерно, а все параметры системы являются постоянными. Электрические поля во всем объеме считаются потенциальными, а кинетика электродных процессов контролируется диффузией в электролите [1].

Зная ток управления $I_1(t)$, можно найти количество электричества q , пришедшее на подложку за отрезок времени $[0; t]$

$$q = \int_0^t I_1(t) dt .$$

Масса m и объем V металла, выделившегося на подложке, определяются соотношениями

$$m = k_M \int_0^t I_1(t) dt ; \quad V = (k_M / \gamma_M) \int_0^t I_1(t) dt ,$$

где k_M – электрохимический эквивалент металла; γ_M – его плотность.

Площадь сечения осевшего слоя металла за отрезок времени $[0; t]$ можно найти по формуле

$$S = k_M / (l \cdot \gamma_M) \int_0^t I_1(t) dt . \quad (1)$$

Сопротивление между точками $x=0$ и $x=l$ проводника, осажденного на боковую поверхность, определяется традиционно: $R_M = \rho_M l / S$, что с учетом (1) приводит к такому результату

$$R_M = \rho_M l^2 \gamma_M / \left(k_M \int_0^t I_1(t) dt \right), \quad (2)$$

где ρ_M – удельное электрическое сопротивление осажденного металла. Параллельное включение сопротивления подложки и осажденного металла позволяет вычислить эквивалентное сопротивление R_{Σ} между точками $x=0$ и $x=l$.

$$R_{\Sigma} = (\rho_C l R_M / (ar)) / (\rho_C l / (ar) + R_M) \quad (3)$$

где ρ_C - удельное сопротивление материала подложки.

Подстановка (2) в (3) определяет зависимость $R_{\Sigma}(I_1(t))$:

$$R_{\Sigma} = \rho_C \rho_M l^2 \gamma_M / \left(\rho_C k_M \int_0^t I_1(t) dt + \rho_M r a l \gamma_M \right). \quad (4)$$

Применение второго закона Кирхгофа для выходной цепи устройства позволяет записать

$$U(t) = (E R) / (R + R_{\Sigma}). \quad (5)$$

Подставляя (4) в (5), получаем

$$U(t) = E \cdot R / \left(R + \left(\rho_C \cdot \rho_M \cdot l^2 \cdot \gamma_M / \left(\rho_C \cdot k_M \cdot \int_0^t I_1(t) dt + \rho_M \cdot r \cdot a \cdot l \cdot \gamma_M \right) \right) \right).$$

Полученная динамическая зависимость $U(I_1)$ выходного напряжения от входного тока $I_1(t)$ позволяет в широком диапазоне изучать основные режимы работы управляемого электрохимического сопротивления.

Перечень источников

1. Скакунова Т.П. Моделирование процесса массопереноса в управляемом электрохимическом сопротивлении //Численно-аналитические методы: Сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Тера, 2003. – С58-62.