Герасименко Е.Ю., Петренко А.И., Кобец В.А.
Донской Государственный Технический Университет
Ростов-на-Дону, Россия

doi: 10.18411/ij-30-11-2016-3-06
idsp 000001:ij-30-11-2016-3-06

Система управления установкой электролиза с программируемым качеством катодного покрытия

Аннотация

В данной работе определяется система управления установкой электролиза с программируемым качеством катодного покрытия, была получена кривая напряжения на регуляторе.

Ключевые слова: электроосаждения благородного металла, электролизер.

Целью работы является построение системы управления, обеспечивающей получение заданного металлического покрытия на катоде электролизера с определенными функциональными свойствами.

Относительно лимитирующей стадии электродных процессов данная система (электролизер) с электротехнической точки зрения будет представлять собой активный нелинейный двухполюсник (рис. 1).

Рис. 1. Пассивное включение электролизера

Чтобы в электролизере на катоде начались процессы электроосаждения благородного металла (платины), необходимо замкнуть внешнюю цепь а-к на

внешний источник электрической энергии, например, источник напряжения с э. д. с. Еп.

Токораспределение в этой схеме описывается уравнений Кирхгофа

$$i1 - i2 - i3 = 0, \quad (1)$$

$$i4 + i5 - i1 = 0, \quad (2)$$

$$\eta^+ = \frac{1}{C_{gc}^+} \int_0^t i3 dt, \quad (3)$$

$$-\eta^- = \frac{1}{C_{gc}^-} \int_0^t i5 dt, \quad (4)$$

$$i2 = i^+ 0S^+ \left[e^{\frac{\alpha^+ Z^+ F}{RT} \cdot \eta^+} - \frac{(1 - \alpha^+) Z^+ F}{-e RT} \cdot \eta^+ \right], \quad (5)$$

$$i4 = i^- 0S^- \left[-\frac{\alpha^- Z^- F}{e RT} \cdot \eta^- - \frac{(1 - \alpha^-) Z^- F}{-e RT} \cdot \eta^- \right], \quad (6)$$

$$i1 R_\Sigma + E^+ + \eta^+ - E^- - \eta^- = E_{п}, \quad (7)$$

где S^+ , S^- - площади анода и катода соответственно.

В системе (1)-(7) начальные условия полагаются нулевыми, то есть

$$\eta^+(0) = 0; \quad \eta^-(0) = 0.$$

Если замкнуть электролизер на постоянную э. д. с. Еп, то перенапряжения $\eta^-(t)$ и $\eta^+(t)$ в переходном режиме будут меняться от нуля до своих максимальных значений. Чтобы обеспечить катодное покрытие металлом с нужным необходимым качеством, требуется изменение катодного перенапряжения $\eta^-(t)$ по строго определенному закону. Одним из таких законов может быть аperiodический (рис. 2), описываемый функцией

$$\eta^-(t) = Ate^{-\beta t},$$

где параметры А и β являются заданными величинами. В настоящей работе это

$$A = 0,4 \text{ В} \cdot \text{с}^{-1}; \quad \beta = 0,1 \text{ с}^{-1}.$$

Рис. 2. Кривая катодного перенапряжения

Для достижения цели – воспроизведения нужного закона катодного перенапряжения $\eta^-(t)$ – в схему на рис. 1 последовательно с э. д. с. E_n необходимо ввести (рис.3) регулятор с напряжением $U_p(t)$.

Введение регулятора влечет изменение уравнения (7):

$$i_1 R_3 + E^+ + \eta^+ - (E^- + \eta^-) + U_p = E_n. \quad (8)$$

Рис. 3. Программное управление электролизером

Математическая модель (1)-(6), (8) дает возможность раскрыть структуру последовательного регулятора. Будем исходить из того, что на вход регулятора воздействует заданное катодное перенапряжение $\eta^-(t)$, а на выходе должно соблюдаться напряжение $U_p(t)$. Под это требование и преобразуется полученная модель (1)-(6), (8):

$$i_3 = i_1 - i_2, \quad (9)$$

$$i_1 = i_4 - (-i_5), \quad (10)$$

$$\eta^+ = \frac{1}{C^+_{gc}} \int_0^t i_3 dt, \quad (11)$$

$$-i_5 = C^-_{gc} \frac{d\eta^-}{dt}, \quad (12)$$

$$i_2 = i^+ 0S^+ \left[e^{\frac{\alpha^+ Z^+ F}{RT} \cdot \eta^+} - \frac{(1-\alpha^+) Z^+ F}{-eRT} \cdot \eta^+ \right], \quad (13)$$

$$i_4 = i^- 0S^- \left[-\frac{\alpha^- Z^- F}{eRT} \cdot \eta^- - \frac{(1-\alpha^-) Z^- F}{-eRT} \cdot \eta^- \right], \quad (14)$$

$$U_p = E_n - i_1 R_3 - (E^+ + \eta^+) + (E^- + \eta^-), \quad (15)$$

Рис. 4. Кривая напряжения на регуляторе

Поскольку разработанная система управления имеет нелинейности, то исследование ее динамики аналитическими методами практически исключено. Наиболее удачным методом решения этой задачи является ее реализация в системе MASS [1] на ЭВМ типа IBM. Данная система по существу является аналого-цифровым комплексом, где оптимально использованы достоинства цифровых и аналоговых вычислительных машин. При исходных данных

$$\begin{aligned} Z^- &= 3; \alpha^- = 0,5; i^- 0S^- = 0,48 \times 10^{-3} \text{ A}; C^-_{gc} = 0,4 \times 10^{-4} \text{ ф}; \\ Z^+ &= 2; \alpha^+ = 0,5; i^+ 0S^+ = 0,50 \times 10^{-3} \text{ A}; C^+_{gc} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ ф}; \\ R_3 &= 1,2 \text{ Ом}; E^- = 0,45 \text{ В}; E^+ = 1,229 \text{ В}; E_{\pi} = 5 \text{ В} \end{aligned}$$

Была получена вышеприведенная кривая напряжения на регуляторе.

Литература

1. Методические указания по использованию диалогового пакета прикладных программ для анализа и синтеза динамических систем. / Сост.: Пятина О.Н., Галикян Г.С., Малашенко Л.И.:Новочерк. политехн. ин-т. Новочеркасск, 1989. 38 с.