

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДИФФУЗИОННО-КОНВЕКТИВНОГО ДАТЧИКА МАЛОЙ СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ

Герасименко Р. Ю., аспирант; Герасименко Е. Ю. доцент., к.т.н.,
Балакай В.И., д.т.н., профессор
(Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия)

Датчик представляет собой отрезок трубы длиной l из диэлектрика, на концах которого установлены электроды из металлической сетки. Электродные процессы в датчике контролируются стадией диффузии в электролите. Транспорт носителей заряда в глубине электролита осуществляется за счет конвективной диффузии. Коэффициент молекулярной диффузии принимается равным D , жидкость прокачивается со скоростью $V(t)$.

Ранее показано [1], что алгебраическая сумма скачков электрических потенциалов на границах раздела «анод-электролит» и «катод-электролит» определяется выражением

$$\Delta^+(t) - \Delta^-(t) = g_{11} \left(\frac{2DN}{h} \int_0^t I(\tau) d\tau - \frac{D^2 C_{01}}{h^3} \int_0^t \frac{V(\tau)}{V^2(\tau) - \frac{D^2}{h^2}} d\tau + 2hN(t) \right), \quad (1)$$

где N - положительная электродная константа; C_{01} - начальная концентрация электролита; $I(t)$ - сила тока во внешней цепи датчика; g_{11} - положительная константа линейной аппроксимации уравнения Нернста для используемой пары «электрод-электролит»; h - половина толщины диффузионного приэлектродного слоя.

Уравнение (1) носит универсальный характер и позволяет использовать его при любых значениях скорости $V(t)$ и любых законах изменения тока $I(t)$. Однако удобные для практики результаты получаются из него отдельно для больших и отдельно для малых скоростей. Рассмотрим один из этих режимов.

При малых скоростях движения электролита, когда $V(t) \ll \frac{D}{h}$, уравнение (1) приобретает вид

$$\Delta^+(t) - \Delta^-(t) = g_{11} \left(\frac{2DN}{h} \int_0^t I(\tau) d\tau + \frac{C_{01}}{h} \int_0^t V(\tau) d\tau + 2hN(t) \right). \quad (2)$$

Если электрическое питание датчика происходит от заданного источника тока $I(t)$, то в соответствии со 2-м законом Кирхгофа напряжение на электродах этого датчика вычисляется по правилу

$$u(t) = \Delta^+(t) - \Delta(t) + R_{\gamma} I(t), \quad (3)$$

где R_{γ} - омическое сопротивление столба жидкости электролита. Подставляя (2) в (3) получим

$$u(t) = g_{11} \left(\frac{2DN}{h} \int_0^t I(\tau) d\tau + \frac{C_{f1}}{h} \int_0^t V(\tau) d\tau + 2hN(t) \right) + R_{\gamma} I(t). \quad (4)$$

Применим к (4) интегральное преобразование Лапласа.

$$\overset{f1}{U}(p) = \left(\frac{2DN g_{11}}{hp} + 2hN g_{11} + R_{\gamma} \right) \overset{f1}{I}(p) + \frac{g_{11} C_{f1}}{hp} \overset{f1}{V}(p), \quad (5)$$

где $\overset{f1}{U}(p)$ и $\overset{f1}{V}(p)$ - изображения по Лапласу функций $u(t)$ и $V(t)$ соответственно.

Если входной величиной считать вектор $\begin{pmatrix} \overset{f1}{I}(p) & \overset{f1}{V}(p) \end{pmatrix}^T$, выходной величиной - напряжение $\overset{f1}{U}(p)$, то из (5) матричная передаточная функция датчика приобретает вид

$$W_I(p) = \begin{pmatrix} \frac{2DN g_{11}}{hp} + 2hN g_{11} + R_{\gamma} & \frac{g_{11} C_{f1}}{hp} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Матрица (6) содержит два элемента, соответствующие двум входам $\overset{f1}{I}(p)$ и $\overset{f1}{V}(p)$

Выражение для передаточной функции $W_I(p)$ позволяет построить структурную схему датчика (рис. 1).

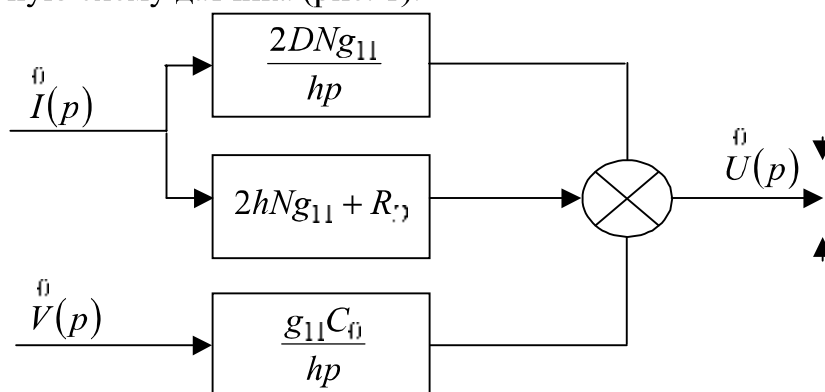


Рисунок 1 - Структурная схема датчика

Полученные передаточная функция и структурная схема датчика позволяют использовать их при моделировании САУ, содержащих этот датчик.

Перечень ссылок

1. Герасименко Р.Ю. и др. Дискретно-матричная модель процесса массопереноса. Научная мысль Кавказа. Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2002.