

УДК 66.023:519.8

І. Лучейко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ «ПРОТОЧНИЙ РЕАКТОР ЗМІШУВАННЯ + РЕАКЦІЯ $A_1 \rightarrow \alpha_2 A_2 \rightarrow \alpha_3 A_3$ » В ТОЧЦІ МАКСИМУМУ ВИХОДУ A_2

Раніше нами обчислені симплекси $\zeta_j = E_j / E \in f(\bar{\omega})$ амплітуд усталених вихідних $\varepsilon_j = \Delta c_j / c_{0j} = \Delta \eta_j / \eta_{0j} = E_j \sin(\bar{\omega} \tau + \varphi_j)$ та вхідного $\varepsilon_1^{\hat{\alpha}\hat{\delta}} = \Delta c_1^{\hat{\alpha}\hat{\delta}} = E \sin \bar{\omega} \tau$ сигналів [коефіцієнти перетворення або чутливості системи щодо зовнішнього гармонічного збурення концентрації A_1 на вході реактора ідеального змішування (РІЗ)]

$$\zeta_1 = \frac{1}{c_0 \bar{\omega}_1} = \frac{1 + \partial \rho}{\bar{\omega}_1}, \quad \zeta_2 = \frac{a_1}{\eta_{02} \bar{\omega}_1 \bar{\omega}_2} = \frac{1 + \partial \rho}{\bar{\omega}_2} n_1 \zeta_1, \quad \zeta_3 = \frac{a_1 a_2}{\eta_{03} \bar{\omega}_0 \bar{\omega}_1 \bar{\omega}_2} = \frac{n_2 \zeta_2}{\bar{\omega}_0}, \quad (1)$$

де $\eta_{02} = x_0 - \eta_{03}$ – номінальний вихід продукту A_2 ; $x_0 = 1 - c_0$ – ступінь перетворення A_1 ; $a_i \equiv n_i \partial \rho = \partial \bar{\omega}_{0i} / \partial c_{0i}$ – статичні ($E \equiv 0$) чутливості швидкостей реакцій: $\partial \rho = x_0 / c_0 \notin f(n_1)$, $\partial \rho = \eta_{03} / \eta_{02} = s_{03} / s_{02} = \partial \rho [1 + \partial \rho \eta_{02}]^{-1} - 1 \notin f(n_2)$; n_i – порядки реакцій; $s_{0(i+1)} = \eta_{0(i+1)} / x_0$ – селективності; $\bar{\omega}_0 = (1 + \bar{\omega}^2)^{1/2}$, $\bar{\omega}_i = [(1 + a_i)^2 + \bar{\omega}^2]^{1/2}$ – модулі повних «динамічних» чутливостей РІЗ як апарата та підсистем «РІЗ + стадія $\alpha_i A_i \rightarrow \alpha_{i+1} A_{i+1}$ »; $\bar{\omega} = \omega \tau_0$ – комплекс циклічної частоти (τ_0 – середній час перебування реагентів у РІЗ).

Із (1) у дещо спрощеній формі – через симплекси $\xi_j = \eta_{0j} \zeta_j = \Delta \eta_{j \max}^{\hat{\alpha}\hat{\delta}} / \Delta c_{1 \max}^{\hat{\alpha}\hat{\delta}}$ абсолютних відхилень концентрацій – «універсальні» АЧХ $\xi_j(\bar{\omega})$ наберуть вигляду, зокрема для цільового продукту A_2

$$\xi_2 = a_1 \left\{ \left[(1 + a_1)^2 + \bar{\omega}^2 \right] \left[(1 + a_2)^2 + \bar{\omega}^2 \right] \right\}^{-1/2} \in f(a_i, \bar{\omega}). \quad (2)$$

Показано, що в «неявній» точці $x_{0*} \Leftarrow \partial \eta_{02} / \partial \tau_0 = 0$ максимум виходу A_2 рівний

$$\eta_{02}^{\max} = a_1 \cdot \eta_{03*} = \frac{n_1 x_{0*}^2}{n_1 x_{0*} + c_{0*}} = \left(\frac{\gamma_0 c_{0*}^{n_1+1} \alpha_2^{1-n_2}}{n_1 x_{0*} + c_{0*}} \right)^{1/n_2}, \quad (3)$$

де $a_1 = n_1 x_{0*} / c_{0*} = n_2 / a_{2*} = s_{02*} / s_{03*}$; $0 < x_{0*}(n_i, \gamma_0, \alpha_2) < 1$ – розв'язок ($n_1 > 0$) останнього рівняння (3); $\gamma_0 = \bar{k}_{01} / \bar{k}_{02}$ – симплекс констант швидкостей реакцій.

Тоді відповідні формули для розрахунку АЧХ

$$\xi_{2*} = n_1 \partial \rho \left\{ \left[(1 + n_1 \partial \rho)^2 + \bar{\omega}^2 \right] \left[(1 + \beta^{-1} \partial \rho^1)^2 + \bar{\omega}^2 \right] \right\}^{-1/2} \Rightarrow \quad (4)$$

$$\xi_{2*}^{\max}(\bar{\omega} \ll 1) \approx n_1 \beta \partial \rho^2 \left[(1 + n_1 \partial \rho)(1 + \beta \partial \rho) \right]^{-1}, \quad \xi_{2*}(\bar{\omega} \gg 1) \approx n_1 \partial \rho / \bar{\omega}^2 \ll 1,$$

де $\beta = n_1 / n_2$ – симплекс порядків реакцій.

Як видно з (4) і доведено раніше, при доволі високих частотах $\omega \gg 1 / \tau_0$ (рад/с) система практично не реагує на збурення концентрації на вході РІЗ.