

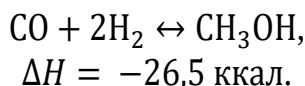
МОДЕЛЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МЕТАНОЛУ

Чечельницький М. Б., Квітка О. О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, kolyachechelnitskiy@gmail.com

У роботі розглянуто процес отримання метанолу. Метиловий спирт (CH_3OH) є одним з найважливіших за значенням та масштабами виробництва органічним продуктом, що випускається хімічною промисловістю. Він є сировиною для отримання таких продуктів, як формальдегід (близько 50 % від всього метанолу), синтетичний каучук (11 %), метиламін (9 %), а також диметилтерефталат, метилматрилат, пентаеритрит, уротропін тощо.

Для процесу синтезу метанолу необхідна газова суміш – свіжий газ із певним співвідношенням компонентів: водню, окису вуглецю та двоокису вуглецю*. Вона готується шляхом змішування синтез-газу з двоокисом вуглецю та азотоводневою сумішшю. Метиловий спирт утворюється за реакцією:



Як об'єкту моделювання було обрано холодильник-конденсатор, в якому відбувається охолодження контактних газів з колони синтезу та конденсація парів метанолу. Оскільки витрата газової суміші відноситься до системи керування попереднім апаратом, в якості єдиного вихідного параметру будемо розглядати температуру охолодженої газової суміші. Керувальним параметром є витрата води. Отже розглянемо контур керування температури охолодженої газової суміші за допомогою регулювання витрати води (рис. 1).

Як видно зі структурно-параметричної схеми (рис. 2) на температури охолодженої газової суміші та відпрацьованої води впливають їх витрати, вхідні температури та тепловіддача в довкілля.

Складемо тепловий баланс для холодильника виходячи з його структурно-параметричної схеми:

$$G_c c_c \theta_{c.вх} + G_v c_v \theta_{v.вх} = G_c c_{c.вих} \theta_{c.вих} + G_k r_k + G_v c_v \theta_{v.вих},$$

де G_c , G_v , G_k – витрати газової суміші, води та конденсату відповідно; c_c , c_v – питомі теплоємності газової суміші та води відповідно; r_k – питома теплота конденсації спирту (конденсат); θ – відповідні температури (індекси «вх.» та «вих.» відповідають вхідним та вихідним потокам).

Рівняння статистики для каналу «витрата води – температура охолодженої газової

* Мельник С. Р., Мельник Ю. Р., Піх З. Г. Проектування та розрахунок технологічних процесів органічного синтезу: навч. посібник. Львів: Львівська політехніка, 2006. 448 с.

суміші» має вигляд:

$$\theta_{c.вих} = \frac{G_c c_c \theta_{c.вх} + G_v c_v \theta_{v.вх} - G_k r_k - G_v c_v \theta_{v.вих}}{G_c c_{c.вих}}.$$

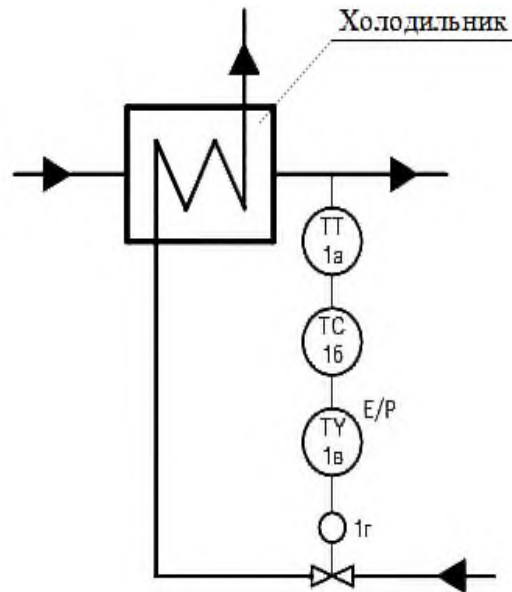


Рис. 1. Холодильник-конденсатор на схемі автоматизації

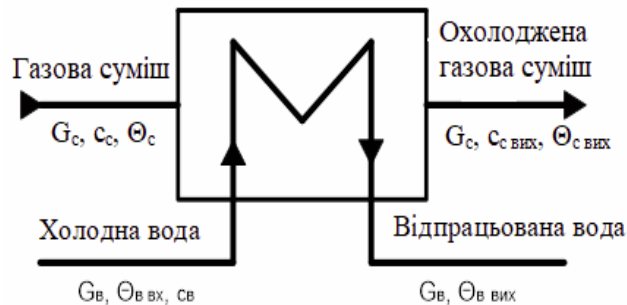


Рис. 2. Структурно параметрична схема холодильника-конденсатора

Згідно даних виробництва: $G_c=0,93$ кг/с; $c_c=2,97$ кДж/(кг·К); $\theta_{c.вх.}=353$ К; $\theta_{v.вх.}=283$ К; $\theta_{v.вих.}=303$ К; $c_v=4,183$ кДж/(кг·К); $c_{c.вих.}=2,34$ кДж/(кг·К); $G_k=0,19$ кг/с; $r_k=1100$ кДж/кг.

Таким чином отримаємо залежність вихідної температури охолодженої газової суміші від витрати води на вході до теплообмінника.

$$\theta_{c.вих} = 352 - 76,89 G_v.$$

Статичну характеристику каналу керування $\theta_{c.вих} = f(G_v)$ наведено на рис. 3. Слід зазначити, що значення температури на виході приводиться в кельвінах. Зменшення витрати води, при зафіксованій витраті газової суміші, збільшує температуру на виході, оскільки апарат не достатньо води на охолодження.

Рівняння динаміки для холодильника має вигляд:

$$G_c c_{\theta_{c.вх}} + G_{\theta_{\theta_{c.вх}}} - G_c c_{\theta_{c.вих}} \theta_{c.вих} - G_{\theta_{\theta_{c.вих}}} + G_{\theta_{\theta_{c.вих}}} = c_{\theta_{c.вих}} V \rho \frac{d\theta_{c.вих}}{dt}.$$

де V – об'єм газової суміші, що проходить через конденсатор за визначений проміжок часу; $V = 0,63 \text{ м}^3$; ρ – густина газової суміші; $\rho = 0,54 \text{ кг/м}^3$.

Після лінеаризації та перетворення за Лапласом рівняння динаміки набуває вигляду:

$$G_c c_{\theta_{c.вх}} + G_{\theta_{\theta_{c.вх}}}(p) c_{\theta_{\theta_{c.вх}}} - G_c c_{\theta_{c.вих}} \theta_{c.вих}(p) - G_{\theta_{\theta_{c.вих}}} + G_{\theta_{\theta_{c.вих}}}(p) c_{\theta_{\theta_{c.вих}}} = c_{\theta_{c.вих}} V \rho \frac{\theta_{c.вих}(p)}{p}.$$

Передавальна функція за каналом «витрата води – температура газової суміші» має вигляд:

$$W_{G_{\theta_{c.вих}}}(p) = \frac{(c_{\theta_{\theta_{c.вх}}} - c_{\theta_{\theta_{c.вих}}}) p}{G_c c_{\theta_{c.вих}} p + c_{\theta_{c.вих}} V \rho}$$

або:

$$W_{G_{\theta_{c.вих}}}(p) = \frac{-38,38 p}{p + 0,37}.$$

Динамічну характеристику каналу керування «витрата води – температура газової суміші» наведена на рис. 4.

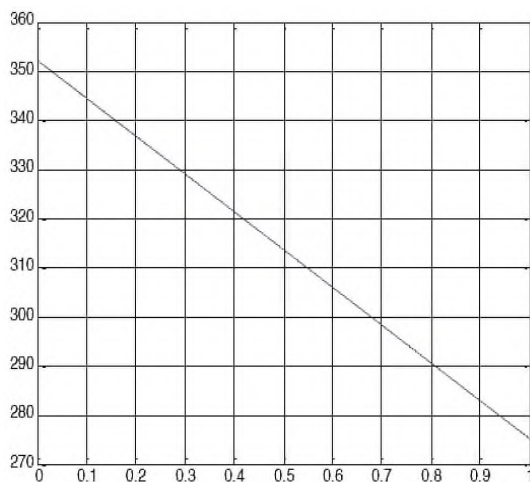


Рис. 3 – Статична характеристика холодильника за каналом керування

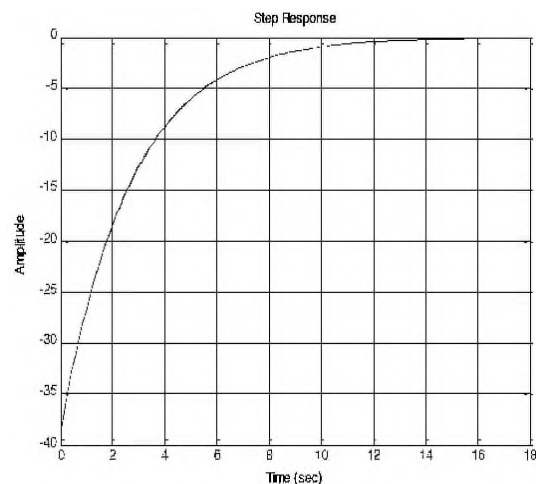


Рис. 4 – Динамічна характеристика холодильника за каналом керування

Отже, отримана передавальна функція холодильника є аперіодичну ланкою першого порядку.