

# LABORATORIUM DYNAMIKI PROCESOWEJ

## INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA

### Ćwiczenie C-10 – Badanie dynamiki reaktora nieizotermicznego z proporcjonalno-całkującą regulacją poziomu cieczy

Celem ćwiczenia jest zaprojektowanie w *Simulinku* blokowego schematu pracy nieizotermicznego reaktora z idealnym mieszaniem i regulacją poziomu cieczy. W reaktorze przebiega reakcja chemiczna I rzędu typu  $A \rightarrow B$ . Plik *Simulinka* "c10.mdl" zawiera schemat izotermicznego reaktora z idealnym mieszaniem i proporcjonalną regulacją poziomu cieczy. Dynamikę tego układu można opisać następującymi równaniami:

$$\frac{dV}{dt} = F_0 - F \quad (1)$$

$$F = K_P (V - V_{\min}) \quad (2)$$

$$\frac{dVc_A}{dt} = F_0 c_{A0} - F c_A - V c_A k_A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \quad (3)$$

gdzie:

- |                                                                 |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $V$ - objętość cieczy w reaktorze,                              | $V_{\min}$ - minimalna objętość cieczy w reaktorze,                      |
| $t$ - czas,                                                     | $c_A$ - stężenie $A$ w reaktorze,                                        |
| $F_0$ - strumień wlotowy do reaktora,                           | $c_{A0}$ - stężenie $A$ w strumieniu wlotowym,                           |
| $F$ - strumień wylotowy z reaktora,                             | $k_A \exp(-E/RT)$ - stała szybkości reakcji zależna od temperatury $T$ . |
| $K_P$ - wzmacnienie proporcjonalnego regulatora poziomu cieczy, |                                                                          |

Należy przyjąć następujące dane procesowe:

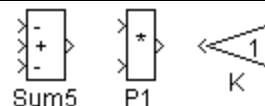
- Parametry strumienia wlotowego  
 $F_0 = 0.8 \text{ m}^3/\text{s}$  przez pierwsze 10 s trwania procesu a po tym czasie skokową zmianę na  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $c_{A0} = 1 \text{ kmol}/\text{m}^3$ .
- Początkowe wartości zmiennych  
 $t = 0 \text{ s}$ ,  $V = 1.1 \text{ m}^3$ ,  $c_A = 0.1 \text{ kmol}/\text{m}^3$ ,
- Parametry stałe procesu  
 $K_P = 2 \text{ s}^{-1}$ ,  $V_{\min} = 1 \text{ m}^3$ ,  $k_A = 0.8 \text{ s}^{-1}$ ,  $E = 1000 \text{ J/mol}$ ,  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ,  $T = 315 \text{ K}$ .

W schemacie *Simulinka* wykorzystano następujące elementy:

Elementy generujące sygnały wejściowe - sygnał stały i sygnał ze skokową zmianą wartości (z biblioteki *Sources: Constant* i *Step*):



Elementy sumujące i mnożące (z biblioteki *Math Operations: Sum*, *Product* i *Gain*):



Element całkujący z możliwością definiowania wartości początkowej (z biblioteki *Continuous: Integrator*):



Element realizujący funkcje jednej zmiennej  $u$  (z biblioteki *User-Defined Functions: Fcn*):



Element do wizualizacji czasowych zmian zmiennych procesowych (z biblioteki *Sinks: Scope*):



### Wykonanie ćwiczenia:

1. Korzystając ze schematu w pliku "c10.mdl" i podanych wielkości procesowych przeprowadzić symulację zmian stężeń i objętości reaktora izotermicznego z proporcjonalną regulacją poziomu cieczy.
2. Zaprojektować w miejsce regulatora proporcjonalnego P regulator PI o wzmacnieniu  $K_P = 2$  i stałej czasowej  $\tau_I = 2$  i przeprowadzić symulację reaktora izotermicznego dla zadanej wartości objętości mieszaniny reakcyjnej  $V_Z = 1 \text{ m}^3$ . Jako człon całkujący wykorzystać element *Transfer Fcn* (z odpowiednio zdefiniowaną transmitancją) pochodzący z biblioteki obiektów *Simulinka - Continuous*. Nowy schemat zapisać w pliku "c10a.mdl". (opcja *Save As* w menu *File*).
3. Plik "c10a.mdl" zapisać jako "c10b.mdl" i w nowo utworzonym pliku, na bazie istniejącego schematu, zaprojektować schemat reaktora nieizotermicznego z płaszczem grzejnym. Układ taki można opisać równaniami (1), (2), (3) oraz uproszczonym bilansem energii (przy założeniu stałej temperatury w płaszczu grzejnym):

$$\frac{d VT}{dt} = F_0 T_0 - FT - \frac{\lambda}{\rho C_P} V c_A k_A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) - \frac{U}{\rho C_P} A_H (T - T_J) \quad (4)$$

$$A_H = \frac{4}{D} V \quad (5)$$

gdzie:

$T$ - temperatura w reaktorze,	$U$ - współczynnik przenikania ciepła,
$T_0$ - temperatura strumienia wlotowego,	$A_H$ - Powierzchnie wymiany ciepła między reaktorem a płaszczem grzejnym,
$\lambda$ - ciepło reakcji,	$T_J$ - temperatura w płaszczu grzejnym,
$\rho$ - gęstość mieszaniny reakcyjnej,	$D$ - średnica reaktora.
$C_P$ - ciepło właściwe mieszaniny reakcyjnej,	

Należy przyjąć następujące, dodatkowe dane procesowe:

1. Parametry strumienia wlotowego:

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

2. Początkowe wartości zmiennych:

$$T = 320 \text{ K}$$

3. Parametry stałe procesu:

$$\lambda = 10^5 \text{ J/mol}, \rho = 1100 \text{ kg/m}^3, C_P = 5000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}, U = 10^5 \text{ J/(m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K)}, D = 0.8 \text{ m}, T_J = 360 \text{ K}.$$

Przeprowadzić symulację procesu określając zmiany w czasie:

- stężenia produktu,
- objętości mieszaniny reakcyjnej,
- szybkości przepływu strumieni,
- temperatury w reaktorze.

Zaprojektowany schemat zapisać na dysku (opcja *Save* w menu *File*).

**Uwaga** Powyższy opis to jedynie przykład zadania C-10. Aktualne zadanie przekaże prowadzący na początku zajęć. Na zakończenie zajęć każdy student otrzyma ocenę za wykonanie zadania.

Informacje dotyczące zasad wykonywania ćwiczenia i zaliczeń są podane na stronie internetowej prowadzącego: <http://www.ichip.pw.edu.pl/pl/orciuch>