

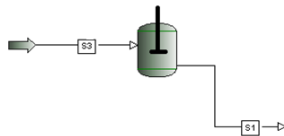
# Strumentazione e Controllo di Impianti Chimici

Prof. Davide Manca  
Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta"  
Politecnico di Milano

## Esercitazione #8 Sistemi del primo ordine e di ordine superiore

### 1. Primo ordine

Ipotizzando un hold-up costante, la seguente equazione descrive il comportamento di un reattore CSTR ove ha luogo una sola reazione  $A \rightarrow B$ :

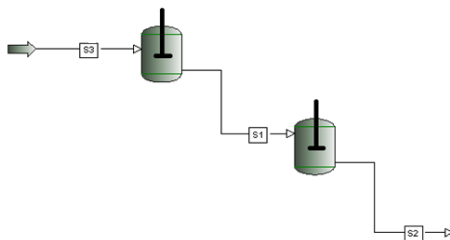


$$V \frac{dc_A}{dt} = F(c_{A0} - c_A) - V k c_A$$

Si integri numericamente (MATLAB) l'equazione entro un opportuno intervallo di tempo (5 min) e si imponga il disturbo riportato in coda al testo per ottenere una risposta del primo ordine.

### 2. Secondo ordine

Il seguente sistema di equazioni differenziali ordinarie (ODE) descrive il comportamento di due reattori CSTR in serie:



$$V_1 \frac{dc_{A,1}}{dt} = F(c_{A,0} - c_{A,1}) - V_1 k_1 c_{A,1}$$

$$V_2 \frac{dc_{A,2}}{dt} = F(c_{A,1} - c_{A,2}) - V_2 k_2 c_{A,2}$$

Si integri numericamente il sistema ODE entro un opportuno intervallo di tempo e si imponga il disturbo riportato in coda al testo per ottenere una risposta del secondo ordine in uscita al secondo reattore. Si confrontino gli andamenti del primo e del secondo ordine.

### 3. Ordine $n$

Analogamente a quanto fatto per il punto 2, è possibile estendere lo studio ad ordini superiori, aumentando il numero di reattori CSTR in serie secondo l'equazione generalizzata:

$$V_i \frac{dc_{A,i}}{dt} = F(c_{A,i-1} - c_{A,i}) - V_i k_i c_{A,i}$$

Si caratterizzi un sistema di tre reattori CSTR e si confronti la risposta del terzo ordine con gli andamenti dei punti 1 e 2.

### 4. Dati

Condizioni iniziali:

$$c_{A,0} = 0.8 \text{ [kmol/m}^3\text{]}$$

$$c_{A,1} = 0.4 \text{ [kmol/m}^3\text{]}$$

$$c_{A,2} = 0.2 \text{ [kmol/m}^3\text{]}$$

$$c_{A,3} = 0.1 \text{ [kmol/m}^3\text{]}$$

Parametri:

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau = 2 \text{ [min] (V/F)}$$

$$k = 0.5 \text{ [min}^{-1}\text{];}$$

### 5. Disturbo

All'istante  $t_0 = 0$  [min],  $c_{A,0} = 1.8$  [kmol/m<sup>3</sup>]

### 6. Esempio di codice e risultati

Per maggior chiarezza, si riporta uno stralcio di pseudo-codice:

$$\begin{aligned} \dot{y}(1) &= (c_{A0} - y(1))/\tau - k*y(1) \\ \dot{y}(2) &= (y(1) - y(2))/\tau - k*y(2) \\ \dot{y}(3) &= (y(2) - y(3))/\tau - k*y(3) \end{aligned}$$