

Strumentazione e Controllo di Impianti Chimici

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

Esercitazione #2

1. Crescita della biomassa

Un processo biologico condotto in un reattore batch è caratterizzato dalla crescita della biomassa (B) a scapito del substrato (S). I bilanci materiali per le due specie sono:

$$\begin{cases} \frac{dB}{dt} = \frac{k_1 \cdot B \cdot S}{k_2 + S} \\ \frac{dS}{dt} = -k_3 \frac{k_1 \cdot B \cdot S}{k_2 + S} \end{cases}$$

Dove $k_1 = 0.5 h^{-1}$, $k_2 = 10^{-7} kmol/m^3$ e $k_3 = 0.6$. Determinare l'evoluzione di substrato e biomassa sull'intervallo temporale di 15 ore, sapendo che le condizioni iniziali sono:

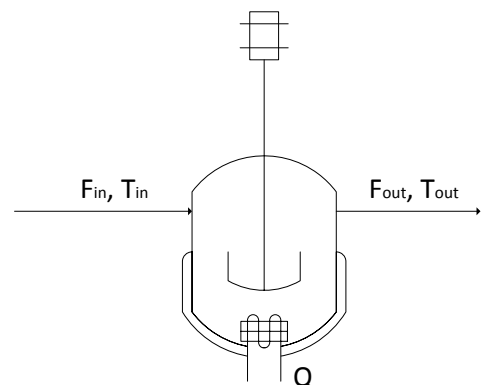
$$\begin{cases} B(t=0) = 1 kmol/m^3 \\ S(t=0) = 1 kmol/m^3 \end{cases}$$

Determinare l'evoluzione di substrato e biomassa risolvendo il sistema differenziale con Matlab. Modificare poi i parametri per il controllo dell'errore d'integrazione considerando una tolleranza relativa di 10^{-8} ed una assoluta di 10^{-12} (rispetto ai valori di default adottati di Matlab), utilizzando l'integratore ode23s. Confrontare le due dinamiche.

2. Variazione della temperatura in un serbatoio

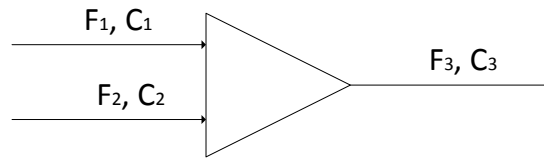
Si consideri un serbatoio di accumulo intermedio perfettamente miscelato (CST) e riscaldato. Valutare la dinamica della temperatura in uscita qualora si abbia un disturbo a gradino di $30^\circ C$ sulla temperatura di ingresso, noti i seguenti dati:

- potenza termica fornita al sistema: $Q = 1 MW$
- portata entrante: $F_{in} = 8 kmol/s$
- massa contenuta nel CST: $m = 100 kmol$
- calore specifico: $c_p = 2.5 kJ/kmol K$
- temperatura corrente in ingresso: $T_{in} = 300 K$



3. Miscelazione di due correnti

Si consideri la miscelazione di due correnti a differente concentrazione dello stesso composto:



Dati:

- Corrente 1: $F_1 = 2 \text{ m}^3/\text{h}$, $C_1 = 0.5 \text{ kmol}/\text{m}^3$
- Corrente 2: $F_2 = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, $C_2 = 6 \text{ kmol}/\text{m}^3$
- Volume miscelatore: $V = 0.5 \text{ m}^3$

Determinare la dinamica della concentrazione in uscita da un miscelatore, qualora la portata F_1 vari linearmente nel tempo secondo la legge: $F_1 = 0.04 \cdot t$, fino ad un massimo di $20 \text{ m}^3/\text{h}$

4. Sensitività di reazione in un serbatoio di stoccaggio

In un serbatoio di stoccaggio avviene una reazione indesiderata. La variazione di conversione (z) e temperatura (θ) possono essere descritte mediante le seguenti correlazioni:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{\psi}{B} (1-z)^n \cdot h(\theta) \\ \frac{d\theta}{dt} = \psi (1-z)^n \cdot h(\theta) - \theta \end{cases}$$

In tali relazioni, B rappresenta il calore di reazione; n l'ordine di reazione; ψ il rapporto tra il calore di reazione e il calore asportato per scambio termico; ε rappresenta l'energia di attivazione della reazione; h il termine esponenziale della cinetica di reazione:

$$h(\theta) = \exp\left(\frac{\theta}{1 + \varepsilon\theta}\right)$$

Tutte le variabili sono opportunamente adimensionalizzate.

Si valuti la dinamica di temperatura al variare del parametro ψ tra 0.35 e 0.65, con i seguenti valori dei parametri:

- $n = 1$
- $B = 20$
- $\varepsilon = 0.05$

E le seguenti condizioni iniziali:

- $z(0) = 0$
- $\theta(0) = 1$