CONTROLLO DEI PROCESSI

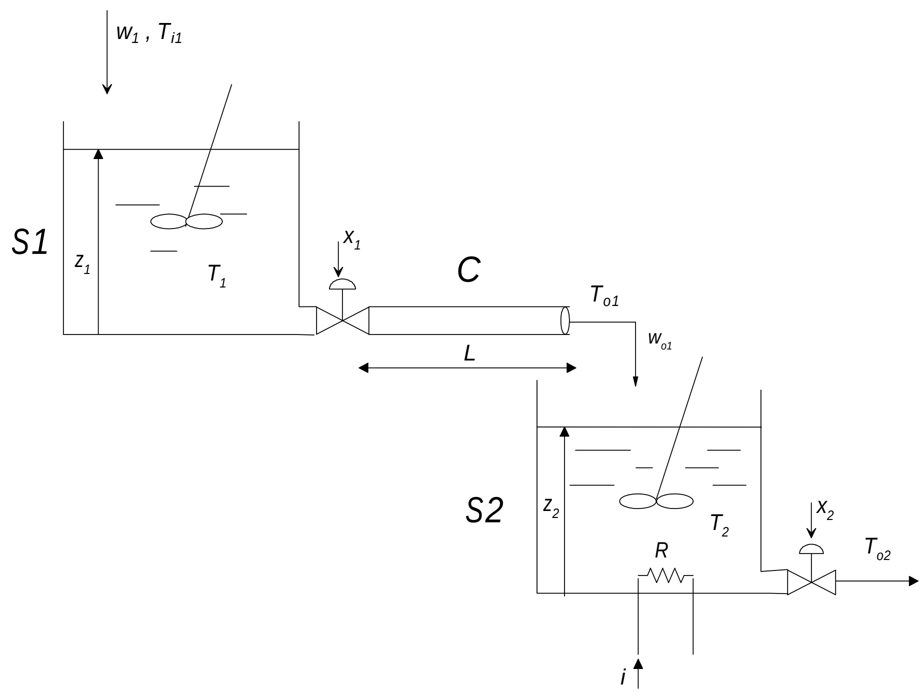
prova del 7/2/2011

Studente..matricola...

Firma ....

Esercizio 1

Si consideri il seguente sistema termico/idraulico



in cui si suppone che valgano le seguenti ipotesi e definizioni:

1. il serbatoio $S1$ è sempre in equilibrio idraulico, con w_1 e z_1 costanti (per un opportuno valore della apertura della valvola di uscita);
2. le pareti del serbatoio $S1$ sono sempre in equilibrio termico con la temperatura esterna T_a;
3. la superficie complessiva di scambio tra il liquido contenuto nel serbatoio $S1$, le pareti e il pelo libero è A_{t1}, il corrispondente coefficiente di scambio è k_{s1};
4. le pareti del serbatoio $S2$ sono in equilibrio termico con la temperatura T_2 all'interno del serbatoio e sono adiabaticamente isolate dall'esterno;
5. il coefficiente di scambio tra il pelo libero del serbatoio $S2$ e l'esterno è k_{s2};

6. la sezione del condotto C è A_c, quella del serbatoio $S1$ è A_1, mentre quella del serbatoio $S2$ è A_2;
7. le valvole hanno caratteristica lineare, la costante della valvola di uscita da $S2$ è k_{v2} e la relativa area massima di passaggio è A_{v2};
8. al'interno di $S1$ e $S2$ i fluidi sono perfettamente miscelati e si può trascurare il lavoro di miscelazione;
9. nella valutazione delle energie specifiche totali, si può considerare soltanto l'energia interna specifica;
10. le energie interne specifiche e le entalpie specifiche si possono ritenere uguali;
11. i fenomeni di attrito nel condotto si possono ritenere trascurabili.

Domanda 1 Si scriva il modello del sistema;
Domanda 2 si determini lo stato di equilibrio corrispondente a valori costanti $\bar{T}_{i1}$, $\bar{x}_2$, $\bar{\imath}$ degli ingressi T_{i1}, x_2, i;
Domanda 3 si determini il modello linearizzato corrispondente all'equilibrio trovato;
Domanda 4 definendo con $T_{i1}(s)$, $T_1(s)$, $T_{o1}(s)$, $X_2(s)$, $Z_2(s)$, $T_2(s)$, $I(s)$ le trasformate dei corrispondenti segnali alle variazioni, si verifichi che, per opportuni valori positivi di μ_1, μ_2, μ_3, τ_1, τ_2, τ_3 le funzioni di trasferimento del sistema linearizzato sono

$$
\begin{aligned}
T_1(s) &= \frac{\mu_1}{1+s\tau_1}T_{i1}(s) \quad , \quad T_{o1}(s) = e^{-\tau s}T_1(s) \quad , \quad Z_2(s) = -\frac{\mu_2}{1+s\tau_2}X_2(s) \\
T_2(s) &= \frac{\mu_3}{1+s\tau_3}T_{o1}(s) + \frac{\mu_4}{1+s\tau_3}I(s)
\end{aligned}
$$

Domanda 5 Posto convenzionalmente $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 1$, $\tau = 10$, $\tau_1 = 5$, $\tau_2 = 10$, $\tau_3 = 20$,:

- si progetti dapprima un controllore PI per regolare $T_2(s)$ agendo su $I(s)$. Si spieghi per quali motivi non è conveniente scegliere un guadagno del PI troppo elevato.
- Si mostri una realizzazione antiwindup del PI.
- Si progetti un compensatore del disturbo $T_{i1}(s)$.

Domanda 6 Considerando ancora i dati della domanda precedente, come variabile di controllo $T_{i1}(s)$,e come variabile controllata $T_2(s)$:

- Si progetti un regolatore PI che garantisca un margine di fase di circa 60^o;
- si ripeta il punto precedente utilizzando anche un predittore di Smith.

Esercizio 2

Si dica cosa si intende per controllo di rapporto.

SOLUZIONI

Domanda 1

$$S1 \quad : \qquad c\rho A_1 z_1 \frac{dT_1(t)}{dt} = cw_1(T_{i1}(t) - T_1(t)) + k_{s1}A_{t1}(T_a - T_1(t))$$

$$C \quad : \qquad T_{o1}(t) = T_1(t-\tau), \qquad \tau = \frac{L}{u_1}, \qquad w_1 = \rho A_c u_1$$

$$S2 \quad : \qquad \rho A_2 \frac{dz_2(t)}{dt} = w_1 - k_2 A_{v2} x_2(t) \rho \sqrt{g} \sqrt{z_2(t)}$$

$$S2 \quad : \qquad c\rho A_2 z_2 \frac{dT_2(t)}{dt} = cw_1(T_{o1}(t) - T_2(t)) + k_{s2}A_2(T_a - T_2(t)) + Ri^2(t)$$

Domanda 2

$$\bar{T}_1 = \frac{cw_1\bar{T}_{i1} + k_{s1}A_{t1}T_a}{cw_1 + k_{s1}A_{t1}}$$

$$\bar{T}_{o1} = \bar{T}_1$$

$$\bar{z}_2 = \left(\frac{w_1}{k_2 A_{v2}\bar{x}_2\rho\sqrt{g}}\right)^2$$

$$\bar{T}_2 = \frac{cw_1\bar{T}_{o1} + k_{s2}A_2T_a + R\bar{\imath}^2}{cw_1 + k_{s2}A_2}$$

Domanda 3

$$\delta\dot{T}_1(t) = \frac{1}{c\rho A_1 z_1}\left(cw_1\delta T_{i1}(t) - (cw_1 + k_{s1}A_{t1})\,\delta T_1(t)\right)$$

$$\delta T_{o1}(t) = \delta T_1(t-\tau)$$

$$\delta\dot{z}_2(t) = \frac{1}{\rho A_2}\left(-k_2 A_{v2}\rho\sqrt{g}\sqrt{\bar{z}_2}\delta x_2(t) - \frac{k_2 A_{v2}\bar{x}_2\rho\sqrt{g}}{2\sqrt{\bar{z}_2}}\delta z_2(t)\right)$$

$$\delta\dot{T}_2(t) = \frac{1}{c\rho A_2 \bar{z}_2}\left(cw_1\delta T_{o1}(t) - (cw_1 + k_{s2}A_2)\,\delta T_2(t) + 2R\bar{\imath}\delta i(t)\right)$$

Domanda 4

$$\left(s + \frac{cw_1 + k_{s1}A_{t1}}{c\rho A_1 z_1}\right)T_1(s) = \frac{cw_1}{c\rho A_1 z_1}T_{i1}(s) \rightarrow T_1(s) = \frac{\mu_1}{1+\tau_1 s}T_{i1}(s)$$

$$T_{o1}(s) = e^{-\tau s}T_1(s)$$

$$\left(s + \frac{k_2 A_{v2}\rho\bar{x}_2\sqrt{g}}{2\rho A_2\sqrt{\bar{z}_2}}\right)Z_2(s) = -\frac{k_2 A_{v2}\rho\sqrt{g}\sqrt{\bar{z}_2}}{\rho A_2}X_2(s) \rightarrow Z_2(s) = -\frac{\mu_2}{1+\tau_2 s}X_2(s)$$

$$\begin{aligned}(s + (cw_1 + k_{s2}A_2))T_2(s) &= \frac{cw_1}{c\rho A_2\bar{z}_2}T_{o1}(s) + \frac{2R\bar{\imath}}{c\rho A_2\bar{z}_2}I(s) \\ &\downarrow \\ T_2(s) &= \frac{\mu_3}{1+\tau_3 s}T_{o1}(s) + \frac{\mu_4}{1+\tau_3 s}I(s)\end{aligned}$$