

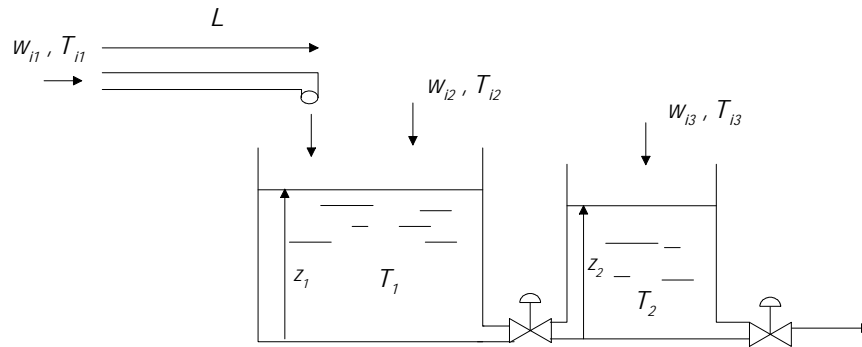
CONTROLLO DEI PROCESSI

prova del 1/9/2009

Studente.....Firma.....

Esercizio 1

Si consideri il seguente sistema termico/idraulico.



Si ipotizzi che la condotta sia coibentata, che gli unici scambi termici significativi siano dovuti alle portate di ingresso e uscita e che la parte idraulica sia sempre all'equilibrio con portate costanti.

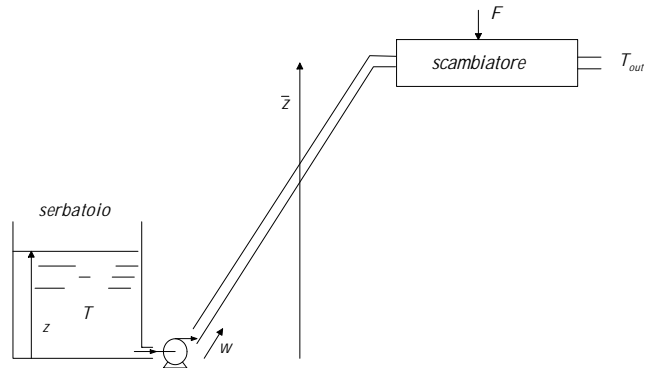
1. Si scriva il modello di questo sistema
2. Supponendo che per opportuni valori numerici il sistema sia descritto da

$$\begin{bmatrix} \dot{T}_1(t) \\ \dot{T}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1(t) \\ T_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{i1}(t-2) \\ T_{i2}(t) \\ T_{i3}(t) \end{bmatrix}$$

3. si determini la funzione di trasferimento tra T_{i1} e T_2 e, a partire da questa, si progetti un regolatore PI (senza regolatore di Smith) che garantisca un margine di fase di circa 60° .
4. Si modifichi poi il progetto utilizzando un predittore di Smith.
5. Si dica, motivando la risposta, se è possibile compensare perfettamente il disturbo T_{i2} con un opportuno schema di compensazione.

Esercizio 2

Si consideri il seguente sistema



in cui si suppone che il livello z sia sempre costante (per portate di ingresso non indicate nel disegno) e che all'interno della condotta non vi sia alcuna perdita di carico dovuta ad attriti. Si ipotizzi anche che la condotta sia coibentata e che la pompa sia descritta da

$$\Delta p = \alpha \omega^2 + \beta w^2$$

dove ω è il numero di giri, che si suppone essere funzione di un ingresso in tensione v . In particolare, si assuma che il legame tra v e ω sia dato da una funzione di trasferimento del I ordine, con guadagno pari a 10 e costante di tempo T .

1. Si ricavi il modello linearizzato del sistema, con ingresso ω e con uscita T_{out} .
2. Si discutano i problemi di controllo dovuti alla dinamica dello scambiatore, analizzando i diagrammi di Bode (qualitativi) della funzione di trasferimento tra la portata e la temperatura di uscita.
3. Supponendo di poter misurare la portata w , si mostri uno schema di controllo in cascata in cui l'anello interno è progettato per regolare w e l'anello esterno è progettato per regolare T_{out} . Si discutano sinteticamente i vantaggi di questa soluzione.

Soluzione esercizio 1

Poiché il sistema è all'equilibrio idraulico $z_1 = \text{cost.}$, $z_2 = \text{cost.}$, e le equazioni di bilancio dell'energia sono

$$\begin{aligned}c\rho A_1 z_1 \frac{dT_1(t)}{dt} &= cw_{i1}(T_{i1}(t - \tau) - T_1(t)) + cw_{i2}(T_{i2}(t) - T_1(t)) \\c\rho A_2 z_2 \frac{dT_2(t)}{dt} &= c(w_{i1} + w_{i2})(T_1(t) - T_2(t)) + cw_{i3}(T_{i3}(t) - T_2(t))\end{aligned}$$

o anche

$$\begin{bmatrix} \dot{T}_1(t) \\ \dot{T}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{w_{i1}+w_{i2}}{\rho A_1 z_1} & 0 \\ \frac{w_{i1}+w_{i2}}{\rho A_2 z_2} & -\frac{w_{i1}+w_{i2}+w_{i3}}{\rho A_2 z_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1(t) \\ T_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{w_{i1}}{\rho A_1 z_1} & \frac{w_{i2}}{\rho A_1 z_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{w_{i3}}{\rho A_2 z_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{i1}(t - \tau) \\ T_{i2}(t) \\ T_{i3}(t) \end{bmatrix}$$

dati i valori numerici indicati, la funzione di trasferimento tra T_{i1} e T_2 è

$$G(s) = \frac{e^{-2s}}{(s+1)(s+2)} = \frac{0.5e^{-2s}}{(s+1)(0.5s+1)}$$

Non è possibile una compensazione perfetta a causa del ritardo nella f.d.t. del sistema da controllare.