

ESERCIZIO 1

Si consideri un sistema con retroazione negativa e funzione di trasferimento d'anello

$$L(s) = \frac{\rho(s+6)(s+4)}{(s-2)(s^2+16s+68)}$$

- 1.1)** Tracciare l'andamento qualitativo del luogo delle radici (diretto e inverso).
- 1.2)** Sulla base del luogo delle radici, determinare per quali valori di ρ il sistema retroazionato è asintoticamente stabile.
- 1.3)** Nel caso di asintotica stabilità, discutere se il sistema può avere dei poli dominanti complessi coniugati.
- 1.4)** Dimostrare in generale che un sistema instabile con grado relativo $\nu=1$ e con tutti gli zeri nel semipiano sinistro (aperto) può essere sempre stabilizzato con un regolatore proporzionale ad alto guadagno.

ESERCIZIO 2

Si debba progettare un controllore per il sistema descritto dalla funzione di trasferimento $G(s) = \frac{2e^{-24s}}{s}$.

2.1) Volendo utilizzare uno schema di controllo standard con regolatore ad azione puramente proporzionale ($R(s) = \mu_R$), si spieghino quali sono i limiti alle prestazioni indotti dalla presenza del ritardo.

2.2) Si progetti un regolatore basato sul predittore di Smith capace di superare tali limitazioni. Si disegni anche lo schema a blocchi del sistema complessivo.

2.3) A partire dallo schema a blocchi, si verifichi che la funzione di trasferimento tra il riferimento w e la variabile controllata y è composta dalla serie di una funzione razionale e di un ritardo.

2.4) Mediante l'approssimante di Padé del ritardo, si ricavi un'approssimante razionale del regolatore progettato al punto 2.2.

ESERCIZIO 3

Per controllare un sistema con funzione di trasferimento $G(s) = \frac{10}{s+2}$ si utilizza un regolatore digitale che opera con periodo di campionamento $T = 0.1$ e con la seguente legge di controllo:

$$u^*(k) = u^*(k-1) + 0.8e^*(k) - 0.6e^*(k-1)$$

3.1) Scrivere l'espressione della corrispondente funzione di trasferimento $R^*(z)$.

3.2) Calcolare la versione a segnali campionati $G^*(z)$ del sistema sotto controllo, spiegando cosa essa rappresenta.

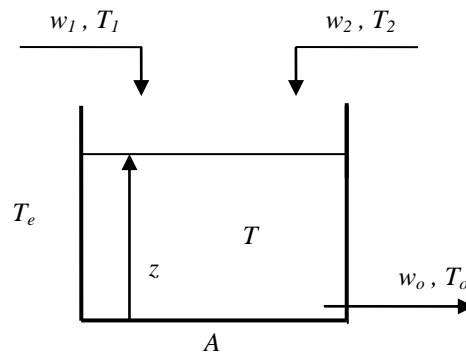
3.3) Trascurando il tempo di elaborazione del regolatore digitale e la presenza di un eventuale filtro anti-aliasing, verificare l'asintotica stabilità del sistema di controllo.

3.4) Valutare le prestazioni del sistema di controllo in termini di precisione statica e di velocità di assestamento in risposta a un riferimento a scalino.

ESERCIZIO 4

Si consideri il processo termo-idraulico schematizzato in figura, supponendo che

- la sezione A del serbatoio sia costante;
- il liquido abbia densità ρ e calore specifico c costanti;
- la temperatura T all'interno del serbatoio sia spazialmente uniforme;
- la potenza termica scambiata con l'ambiente esterno sia modellizzabile come $\Phi = k(T_e - T)$;
- tutti gli scambi di energia meccanica siano trascurabili;
- la portata di deflusso w_o e le temperature T_1 e T_2 siano parametri costanti;
- si possano considerare le portate di afflusso w_1 e w_2 come gli ingressi manipolabili;
- la temperatura esterna T_e sia una variabile di disturbo.



4.1) Scrivere il modello dinamico del processo.

4.2) Determinare i possibili valori di equilibrio di z e T per assegnati valori costanti degli ingressi.

4.3) Il modello linearizzato del sistema nell'intorno di un dato stato di equilibrio è descritto dalle seguenti equazioni:

$$\delta \dot{z}(t) = a_{11} \delta z(t) + a_{12} \delta T(t) + b_{11} \delta w_1(t) + b_{12} \delta w_2(t) + b_{13} \delta T_e(t)$$

$$\delta \dot{T}(t) = a_{21} \delta z(t) + a_{22} \delta T(t) + b_{21} \delta w_1(t) + b_{22} \delta w_2(t) + b_{23} \delta T_e(t)$$

Calcolare i valori dei parametri a_{ij} e b_{ij} in funzione dei parametri fisici e geometrici del sistema.

4.4) Discutere come cambierebbero i valori di equilibrio e i parametri del modello linearizzato se il coefficiente di scambio termico k fosse una funzione lineare $k(z) = \alpha z$ del livello z .

4.5) Assumendo k costante, si disegni lo schema a blocchi di un sistema di controllo decentralizzato in cui viene usato l'ingresso w_1 per la regolazione di livello e l'ingresso w_2 per la regolazione di temperatura.

4.6) Con riferimento al sistema di controllo definito al punto precedente e supponendo che il regolatore di livello sia descritto dalla funzione di trasferimento $R_z(s) = \mu_z$, dire quale funzione di trasferimento andrebbe considerata nel progetto del regolatore di temperatura $R_T(s)$, a seconda che si usi la strategia di progetto indipendente oppure quella di progetto sequenziale.