ESERCIZIO 1

Si consideri un sistema con retroazione negativa e funzione d'anello: $L(s) = \frac{\rho(s-1)}{(s+4.5)^2(s+2)}$.

1.1) Tracciare l'andamento qualitativo del *luogo delle radici diretto*.

1.2) Sulla base del luogo disegnato valutare se il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile quando $\rho = 40$. Verificare poi il risultato mediante il criterio di Routh.

1.3) Sempre con $\rho = 40$, dire se la risposta allo scalino del sistema retroazionato presenta significative oscillazioni.

1.4) Tracciare l'andamento qualitativo del *luogo delle radici inverso*.

1.5) Sulla base del luogo inverso determinare almeno un valore negativo di ρ per cui il sistema in anello chiuso è instabile.

ESERCIZIO 2

Si consideri un sistema di controllo digitale, che opera con periodo di campionamento $T = 0.2$, per controllare il processo descritto da $G(s) = 5e^{-0.4s}$.

2.1) Verificare che il sistema a segnali campionati associato a $G(s)$ è descritto dalla funzione di trasferimento a tempo discreto $G^*(z) = \frac{5}{z^2}$.

2.2) Per il regolatore digitale si utilizzi il seguente algoritmo di controllo:

$$u^*(k) = au^*(k-1) + be^*(k)$$

essendo a e b due parametri da determinare. Si progettino tali parametri in modo che:

(1) il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile;

(2) l'errore a transitorio esaurito $e^*(\infty)$ sia nullo per andamenti costanti del riferimento.

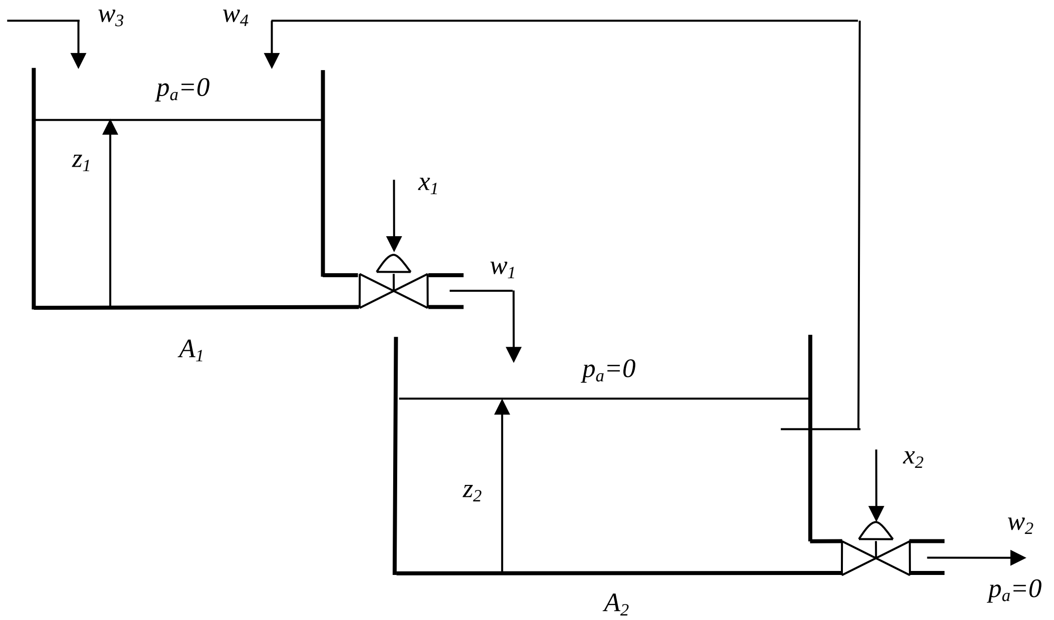
2.3) Al termine del precedente progetto, valutare il tempo di assestamento t_a (a tempo continuo) del sistema di controllo a uno scalino del riferimento.

2.4) Ricavare un regolatore analogico $\tilde{R}(s)$ che possa approssimare il regolatore digitale progettato.

2.5) Sulla base di $\tilde{R}(s)$ valutare la pulsazione critica $\tilde{\omega}_c$ e il margine di fase $\tilde{\varphi}_m$ del sistema in anello chiuso risultante.

ESERCIZIO 3

Si consideri il sistema a doppio serbatoio con ricircolo mostrato in figura. La portata di ricircolo è data da $w_4(t) = rm_2(t)$, dove $m_2(t)$ è la massa di liquido nel serbatoio 2 ed r è una costante positiva. Si desidera controllare i livelli $z_1(t)$ e $z_2(t)$ usando come variabili di controllo i gradi di apertura $x_1(t)$ e $x_2(t)$ delle due valvole. La portata $w_3(t)$ agisce come un disturbo. Le valvole sono supposte lineari con identici parametri k e A_v . Si indichi con ρ la densità del fluido e con g l'accelerazione di gravità.



3.1) Ricavare il modello dinamico nonlineare del sistema.

3.2) Determinare il legame all'equilibrio tra i livelli $\bar{z}_1$ e $\bar{z}_2$.

3.3) Ricavare le matrici A, B, C del modello linearizzato del sistema nell'intorno di un generico stato di equilibrio.

3.4) Per dati valori dei parametri fisici, il modello linearizzato è descritto dalla matrice di trasferimento:

$$G(s) = \begin{bmatrix} -\frac{\mu_{11}(1+sT_1)}{(1+s\tau_1)(1+s\tau_2)} & -\frac{\mu_{12}}{(1+s\tau_1)(1+s\tau_2)} \\ \frac{\mu_{21}s}{(1+s\tau_1)(1+s\tau_2)} & -\frac{\mu_{22}(1+sT_2)}{(1+s\tau_1)(1+s\tau_2)} \end{bmatrix}$$

tra gli ingressi $x_1(t)$ e $x_2(t)$ e le uscite $z_1(t)$ e $z_2(t)$. I parametri di $G(s)$ assumono i seguenti valori:

$$\mu_{11} = \mu_{22} = 4 \quad , \quad \mu_{12} = 2.6 \quad , \quad \mu_{21} = 128 \quad , \quad \tau_1 = 22 \quad , \quad \tau_2 = 95 \quad , \quad T_1 = 64 \quad , \quad T_2 = 32$$

Se si sceglie uno schema di controllo decentralizzato, determinare i migliori accoppiamenti e disegnare lo schema a blocchi del sistema di controllo.

3.5) Spiegare come andrebbe effettuato il progetto del sistema di controllo decentralizzato, utilizzando l'approccio *sequenziale*.