

ESERCIZIO 1

Si consideri un sistema retroazionato negativamente con funzione d'anello $L(s) = \frac{\rho(s+1)}{s(s+2)(s+3)(s+5)}$.

- 1.1) Tracciare l'andamento qualitativo del *luogo delle radici diretto*.
- 1.2) Tracciare l'andamento qualitativo del *luogo delle radici inverso*.
- 1.3) Mostrare che per l'asintotica stabilità del sistema retroazionato la condizione $\rho > 0$ è *necessaria* ma non è *sufficiente*.
- 1.4) Valutare (può bastare una stima approssimata) il massimo valore di ρ per cui è garantita la stabilità del sistema retroazionato.

ESERCIZIO 2

Si consideri il sistema MIMO con uscite $y_i, i = 1, 2$, ingressi manipolabili $u_i, i = 1, 2$ e ingressi di disturbo $d_i, i = 1, 2$ descritto dalle seguenti relazioni nel dominio della trasformata di Laplace:

$$Y(s) = G(s)U(s) + H(s)D(s) \quad , \quad G(s) = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & G_{12}(s) \\ 0 & G_{22}(s) \end{bmatrix} \quad , \quad H(s) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ H_{21}(s) & H_{22}(s) \end{bmatrix}$$

2.1) Disegnare lo schema a blocchi dettagliato del sistema.

2.2) Supponendo che sia $G_{11}(s) = \frac{0.4(1+s)}{1+3s}$, $G_{12}(s) = \frac{2}{1+4s}$, $G_{22}(s) = \frac{0.6}{1+s}$, progettare un *disaccoppiatore* con ingressi $v_i, i = 1, 2$.

2.3) Sul sistema disaccoppiato, calcolare i valori di regime degli ingressi manipolabili $\bar{u}_i, i = 1, 2$ e delle uscite $\bar{y}_i, i = 1, 2$ quando si applica un ingresso v_2 a scalino unitario (e v_1 è nullo). Commentare il risultato in termini di efficacia del disaccoppiatore.

2.4) Supponendo che sia $H_{21}(s) = \frac{-1}{1+s}$, $H_{22}(s) = \frac{0.6}{1+2s}$ e che entrambi i disturbi siano misurabili, progettare un *compensatore statico* in anello aperto.

ESERCIZIO 3

3.1) Si descriva lo scopo del *mantenitore* in un sistema di controllo digitale.

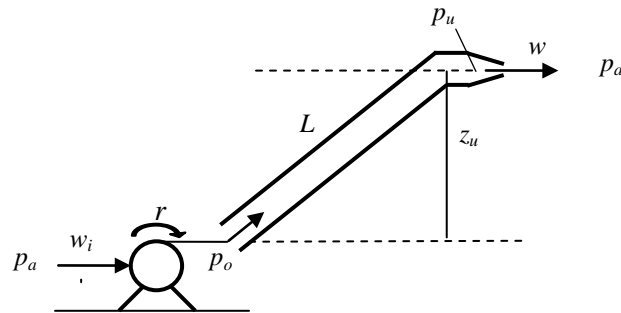
3.2) Si scriva l'equazione che descrive il legame ingresso/uscita nel dominio del tempo di un *mantenitore di ordine zero*.

3.3) Spiegare in che senso si può affermare che un mantenitore di ordine zero è descritto dalla funzione di trasferimento $H_0(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s}$. Dire anche perché tale funzione di trasferimento può essere approssimata con quella di un ritardo di tempo.

3.4) Supponendo che all'ingresso di un mantenitore di ordine zero sia applicato il segnale $f^*(k) = a^k$, $a = -2$, $k \geq 0$, disegnare il grafico del segnale di uscita $f(t)$ e calcolarne la trasformata di Laplace.

ESERCIZIO 4

Si consideri il sistema idraulico descritto in figura (costituito da una pompa, una condotta e un ugello) nel quale si desidera controllare la portata w in uscita dall'ugello mediante la velocità r di rotazione della pompa. Si assuma che il modello della pompa sia descritto da $H = \frac{p_o - p_a}{\rho g} = \alpha r^2 - \beta w_i^2$, con $\alpha > 0, \beta > 0$, e quello dell'ugello sia $w = k(A_u) \sqrt{2\rho(p_u - p_a)}$, dove $k(A_u)$ è una data funzione nonlineare della sezione di uscita A_u . Si indichino inoltre con ρ la densità del liquido e con L la lunghezza della condotta.



4.1) Spiegare perché è legittimo assumere che in ogni istante risulti $w_i(t) = w(t)$.

4.2) Dimostrare che il modello dinamico del sistema può essere scritto nella forma:

$$\dot{w}(t) = -\gamma w^2(t) + \sigma r^2(t) - \eta$$

dove γ , σ e η sono tre parametri positivi. Ricavare le loro espressioni in funzione dei parametri geometrici e fisici del sistema.

4.3) Determinare il modello linearizzato nell'intorno dell'equilibrio corrispondente all'ingresso costante \bar{r} .

4.4) Discutere come si potrebbe progettare un regolatore PI capace di garantire un errore a transitorio esaurito nullo in risposta a un riferimento a scalino e un tempo di assestamento della risposta allo scalino inferiore a un dato valore T .

4.5) Supponendo ora che il parametro α del modello della pompa sia incerto e possa assumere un valore qualsiasi all'interno dell'intervallo $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$, dire come si potrebbe tener conto di tale incertezza nel progetto del regolatore.

4.6) Spiegare cosa cambierebbe nel progetto del regolatore se si volesse controllare, anziché la portata, la velocità u del liquido in uscita dall'ugello. A questo riguardo, si discutano le due situazioni in cui si utilizza un misuratore di portata oppure un misuratore di velocità, entrambi con dinamica non trascurabile.