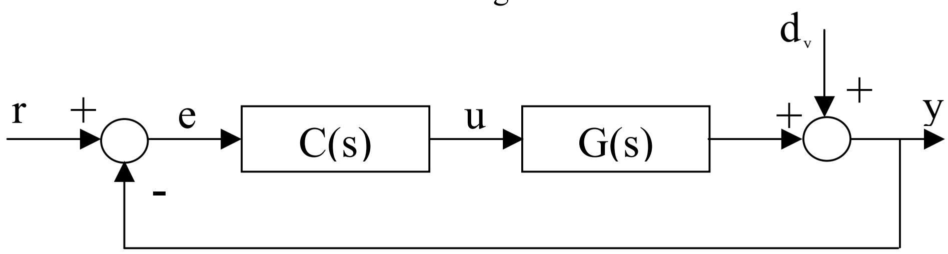
Analisi della precisione in regime permanente e progetto a regime

Esercizio 1

Si consideri il sistema di controllo illustrato in Figura:



Dove:

$$G(s) = -\frac{(s+1)}{(s+2)(s+4)} \qquad d_y(t) = \delta_y t,\ |\delta_y| \le 0.1$$

1. Progettare il controllore a regime $C_R(s)$ in modo che:
   - $|e_\infty^r| \le 0.1$ per $r(t) = 0.5t$;
   - $|y_\infty^{d_y}| \le 0.1$.
2. Si fissi $L(s) = C_R(s)G(s)$ e si valuti la stabilità del sistema retroazionato ottenuto dopo la compensazione a regime attraverso la determinazione dei margini di fase e di guadagno (utilizzare il diagramma di Nichols di L(s)).
3. Nel caso in cui, dopo la compensazione a regime, il sistema retroazionato risulti stabile, dopo avere fissato $C(s) = C_R(s)$, valutare sia per via analitica (teorema del valore finale) sia tracciando l'andamento di $e(t)$ e di $y(t)$, l'errore stazionario di inseguimento $|e_\infty^r|$ ed il contributo stazionario sull'uscita $|y_\infty^{d_y}|$ ottenuti.
4. Nel caso in cui, dopo la compensazione a regime, il sistema retroazionato risulti stabile, simulare la risposta al gradino unitario del sistema retroazionato calcolando i parametri caratteristici della risposta:
   - tempo di salita t_s;
   - sovraelongazione massima $\hat{s}$;
   - tempo di assestamento al 2%, $t_{a,2\%}$.

(Risultati: $C_R(s)$ = -40/s, $m_\varphi \approx 45°$, $m_G \to \infty$, $|e_\infty^r| = 0.1$, $|y_\infty^{d_y}| = 0.02$, $t_s \approx 0.246$ s, $\hat{S} \approx 19.07\%$, $t_{a,2\%} \approx$ 1.4 s)

Esercizio 2

Si consideri il sistema di controllo illustrato nella Figura della pagina precedente in cui:

$$G(s) = \frac{(s+3)(s+8)}{s(s+1)^2} \qquad d_y(t) = \delta\, t, |\delta| \leq 0.1$$

1. Progettare il controllore a regime $C_R(s)$ in modo che:
   - $|e_\infty^r| \leq 0.1$ per $r(t) = t^2$;
   - il sistema retroazionato sia astatico al disturbo $d_y(t)$.

Valutare attraverso il calcolo dei margini di fase e di guadagno la stabilità del sistema retroazionato ottenuto dopo la compensazione a regime.

(Risultati: $C_R(s) = 0.9/s$, $m_\varphi \approx -80°$, $m_G \to \infty \Rightarrow$ il sistema retroazionato dopo la compensazione a regime risulta instabile)

Esercizio 3 (ripasso)

Un sistema è descritto dalla f.d.t. $G(s) = \dfrac{2}{(s+4)^2(s+5)}$.

1. Determinare, se possibile, l'espressione analitica dell'uscita in regime permanente quando l'ingresso è una sinusoide di ampiezza 2 e pulsazione 0.01.
2. *Successivamente*, si supponga di voler stabilizzare tale sistema con retroazione unitaria negativa e con un controllore $C(s) = K/s$ in cascata (vedi Figura nella pagina precedente). Utilizzando il criterio di Nyquist, studiare la stabilità del sistema retroazionato al variare del guadagno $K \in \Re$.
3. Dopo avere verificato che il valore K = 1 stabilizza il sistema retroazionato calcolare l'espressione analitica dell'uscita quando il riferimento è un impulso di ampiezza 5.
4. Per K = 1 tracciare il diagramma di Bode della funzione di anello L(s) e valutare i margini di guadagno e di fase.
5. Per K = 1, tracciare il diagramma di Nichols della funzione di anello L(s) e, dopo avere valutato i margini di guadagno e di fase, ricostruire l'andamento del diagramma di Bode del modulo della funzione ad anello chiuso T(s), mediante i luoghi a modulo costante (usare `ngrid`). (verificare il risultato osservando il diagramma di Bode del modulo di T(s) tracciato da Matlab).

(Risultati:
- $y_{perm}(t) = 0.05\sin(0.01t-0.007)$,
- il sistema retroazionato risulta stabile per 0 < K< 155.6, risulta instabile con 2 poli instabili per K > 155.6 ed instabile con un polo instabile per K < 0,
- per K = 1
  - $y(t) = (3.13e^{-4.79\,t}\cos(0.4542t - 1.1611) - 1.3775e^{-3.394\,t} + 0.1296e^{-0.0255t})\varepsilon(t)$
  - $m_\varphi \approx 43.7°$, $m_G \approx 89$ dB)