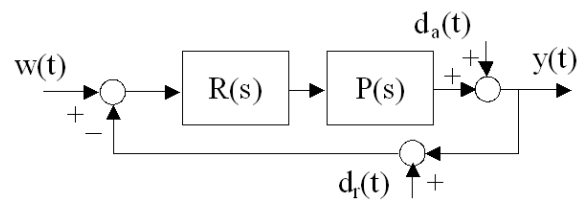


Esercizio 1

Dato il sistema di controllo



dove $P(s) = \frac{2e^{-0.2s}}{1+10s}$,

$$w(t) = \text{sca}(t),$$

$$d_a(t) = A \sin(\omega_a t), |A| < 1, \omega_a < 0.1 \text{ r/s},$$

$$d_r(t) = B \sin(\omega_r t), |B| < 10, \omega_r > 30 \text{ r/s},$$

determinare il regolatore $R(s)$ in modo che il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile e che

- 1) l'errore a transitorio esaurito prodotto da $w(t)$ sia nullo,
- 2) la pulsazione critica ω_c sia compresa tra 0.4 e 1 r/s,
- 3) il margine di fase φ_m sia di almeno 50° ;
- 4) l'ampiezza di ognuno degli effetti prodotti asintoticamente su $y(t)$ dai disturbi $d_a(t)$ e $d_r(t)$ sia minore di 0.1.

Risultato: **$R(s) =$**

Esercizio 2

Dato il sistema dinamico LTI a tempo discreto descritto nello spazio di stato da

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 \\ 0.5 & 0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad c = [1 \quad -0.2], \quad d = 0,$$

- 1) calcolarne la funzione di trasferimento $G(z)$;
- 2) calcolare (impiegando la funzione di trasferimento determinata) i primi 4 campioni della sua risposta $y(k)$ all'ingresso $u(k) = \text{sca}(k) - \text{sca}(k-2)$, a partire da condizioni iniziali nulle.

Risultato:

$G(z) =$

$y(0) =$

$y(1) =$

$y(2) =$

$y(3) =$

Esercizio 3

Dato il sistema di controllo in retroazione a tempo continuo in cui il processo è descritto dalla funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{1}{(1 + 10s)(1 + s)^2}$$

mentre il regolatore $R(s)$ è di tipo PI, con guadagno pari a 2 e tempo integrale di 10 s,

- 1) determinare approssimativamente la pulsazione critica ω_c ed il margine di fase ϕ_m ;
- 2) scegliere il tempo di campionamento T_s per la realizzazione digitale di $R(s)$ in modo che
 - a) la pulsazione di campionamento sia almeno 30 volte ω_c ,
 - b) il decremento di ϕ_m dovuto a campionamento e tenuta (considerando cioè trascurabile il ritardo di calcolo) non superi i 5° ,
 - c) l'attenuazione introdotta dalla funzione di trasferimento d'anello alla pulsazione di Nyquist sia di almeno 40 dB;
- 3) scrivere la funzione di trasferimento $R^*(z)$ del regolatore ottenuto discretizzando $R(s)$ con il metodo di Tustin e con il valore di T_s determinato al punto precedente;
- 4) scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto.

Risultato:

$\omega_c =$

$\phi_m =$

$T_s =$

$R^*(z) =$

$u^*(k+1) =$

Domande

1. Il criterio di Nyquist serve a determinare se un sistema retroazionato è asintoticamente stabile basandosi
 - ☐ sulla funzione di trasferimento d'anello aperto.
 - ☐ sul guadagno e sui poli.
 - ☐ sulla funzione di trasferimento d'anello chiuso.
2. Detta $L(s)$ la funzione di trasferimento d'anello di un sistema di controllo in retroazione e ω_c la corrispondente pulsazione critica, l'espressione della fase critica è
 - ☐ $\arg^\circ(L(j \omega_c)) - 180^\circ$.
 - ☐ $\arg^\circ(L(j \omega_c))$.
 - ☐ $|\arg^\circ(L(j \omega_c))|$.
3. In un regolatore di tipo PID, il ruolo dell'azione proporzionale è principalmente quello di
 - ☐ garantire errore nullo a regime.
 - ☐ aumentare il margine di fase.
 - ☐ fornire una risposta pronta alle variazioni dell'errore.
4. Quando si realizza con tecnologia digitale un regolatore LTI progettato a tempo continuo, la scelta del tempo di campionamento non dipende
 - ☐ dalla fase della risposta in frequenza del regolatore a tempo continuo alla pulsazione critica.
 - ☐ dalla pulsazione critica e dal margine di fase del sistema di controllo a tempo continuo.
 - ☐ dal comportamento della funzione d'anello per valori di pulsazione maggiori o uguali a quella di Nyquist.
5. Quando si realizza con tecnologia digitale un regolatore LTI in retroazione progettato a tempo continuo, l'effetto di campionamento e tenuta può, almeno in prima approssimazione, descriversi come
 - ☐ una riduzione della pulsazione critica dipendente dal tempo di campionamento.
 - ☐ la comparsa nell'anello di una costante di tempo dipendente dal tempo di campionamento.
 - ☐ la comparsa nell'anello di un ritardo dipendente dal tempo di campionamento.
6. Disegnare e commentare brevemente lo schema a blocchi di un regolatore PI a tempo continuo dotato di antiwindup.

7. Scrivere le istruzioni Matlab che definiscono il processo del second'ordine con guadagno unitario, nessuno zero e due poli coincidenti in $s = -0.1$ e il regolatore ottenuto invertendo tale processo e ponendovi in cascata una funzione di trasferimento con guadagno pari a 0.1, un polo nell'origine e uno in $s = -1$; scrivere quindi le istruzioni che calcolano e mostrano a video la risposta della variabile controllata del sistema di controllo in retroazione costituito dal regolatore e dal processo di cui sopra ad uno scalino del segnale di riferimento di ampiezza 2, scegliendo opportunamente il vettore dei tempi.
8. Con riferimento all'esperimento di controllo di temperatura svolto in laboratorio, spiegare sinteticamente come si è proceduto per determinare i parametri del regolatore PID impiegato.