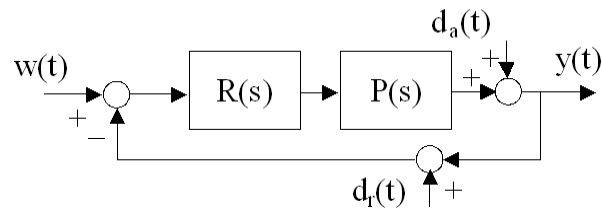


Esercizio 1

Dato il sistema di controllo



dove
$$P(s) = \frac{0.5(1-0.2s)}{(1+20s)(1+5s)^2},$$

$$w(t) = \text{sca}(t), \quad d_a(t) = 5\text{sca}(t-10), \quad d_r(t) = B\sin(\omega_r t), \quad |B| < 10, \quad \omega_r > 4 \text{ r/s},$$

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

- l'errore a transitorio esaurito prodotto da $w(t)$ e $d_a(t)$ sia nullo,
- la pulsazione critica ω_c sia compresa tra 0.02 e 0.1 r/s,
- il margine di fase ϕ_m sia di almeno 55° ,
- l'ampiezza dell'effetto prodotto asintoticamente su $y(t)$ dal disturbo $d_r(t)$ sia minore di 0.05.

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

Esercizio 2

Dato il sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto

$$\begin{aligned}x(k+1) &= \begin{bmatrix} -0.2 & 0 \\ 1 & 0.5 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} u(k) \\ y(k) &= \begin{bmatrix} 0 & 0.5 \end{bmatrix} x(k)\end{aligned}$$

- a) calcolarne la funzione di trasferimento $G(z)$;
- b) calcolare, *usando la funzione di trasferimento ottenuta al punto precedente*, i primi 4 valori della sua risposta $y(k)$ all'impulso discreto unitario, partendo ovviamente da condizioni iniziali nulle.

Risultato:

a) $G(z) =$

b) $y(0) =$ $y(1) =$ $y(2) =$ $y(3) =$

Esercizio 3

Dato il sistema dinamico LTI SISO a tempo continuo descritto dalla funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{0.5}{1 + 30s}$$

- a) esprimere le funzioni di trasferimento a tempo discreto $G_{EE}(z)$ e $G_{TU}(z)$ che si ottengono discretizzando $G(s)$ rispettivamente coi metodi di Eulero esplicito e Tustin, lasciando indicato il tempo di campionamento T_s ;
- b) considerando la funzione di trasferimento $G_{EE}(z)$, calcolare il massimo valore T_{EE} attribuibile a T_s per ottenere un sistema a tempo discreto asintoticamente stabile;
- c) considerando la funzione di trasferimento $G_{TU}(z)$, calcolare il massimo valore T_{TU} attribuibile a T_s per ottenere un sistema a tempo discreto privo di modi oscillatori.

Risultato:

a) $G_{EE}(z) =$

$G_{TU}(z) =$

b) $T_{EE} =$

c) $T_{TU} =$

Esercizio 4

Dato il sistema di controllo in retroazione a tempo continuo in cui il processo e il regolatore sono rispettivamente descritti dalle funzioni di trasferimento

$$P(s) = \frac{10}{(1+5s)^2}, \quad R(s) = 0.01 \frac{1+5s}{s(1+0.1s)}$$

- determinare approssimativamente la pulsazione critica ω_c ed il margine di fase ϕ_m ;
- scegliere il tempo di campionamento T_s per la realizzazione digitale di $R(s)$ in modo che il decremento di ϕ_m dovuto a campionamento, tenuta e ritardo di calcolo non superi i 2° ;
- scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto ottenuta discretizzando $R(s)$ col metodo di Eulero esplicito.

Risultato:

a) $\omega_c =$

$\phi_m =$

b) $T_s =$

c) $u(k+1) =$

Domande

1. Dato un sistema di controllo in retroazione LTI a tempo continuo con regolatore $R(s)$ e processo $P(s)$, l'espressione della pulsazione critica ω_c si ottiene risolvendo l'equazione
 - ☐ $|R(j\omega_c)| = 1$.
 - ☐ $|R(j\omega_c)P(j\omega_c)| = 1$.
 - ☐ $|R(j\omega_c)| = |P(j\omega_c)|$.
2. Il criterio di Bode
 - ☐ è un caso particolare del criterio di Nyquist.
 - ☐ serve a calcolare il margine di fase.
 - ☐ si applica soltanto se la retroazione è negativa.
3. Il margine di guadagno di un sistema di controllo in retroazione LTI a tempo discreto serve a valutarne
 - ☐ la frequenza critica.
 - ☐ il grado di stabilità.
 - ☐ il grado di reiezione dei disturbi in andata.
4. Dato un sistema di controllo in retroazione LTI a tempo continuo con regolatore $R(s)$ e processo $P(s)$, la funzione di trasferimento

$$\frac{R(s)}{1 + R(s)P(s)}$$
 è detta
 - ☐ funzione di sensitività.
 - ☐ funzione di sensitività complementare.
 - ☐ funzione di sensitività del controllo.
5. L'espressione della trasformata Zeta della risposta all'impulso discreto unitario del sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto descritto dalle matrici (A, b, c, d)
 - ☐ non è nota se non lo è il tempo di campionamento.
 - ☐ è $c[zI - A]^{-1}b + d$.
 - ☐ è $c[zI - A]^{-1}$.
6. Se una funzione di trasferimento a tempo discreto $G(z)$ non ha poli in $z=1$ l'espressione del suo guadagno
 - ☐ è $G(1)$.
 - ☐ è $G(0)$.
 - ☐ dipende dal numero di zeri di $G(z)$.
7. Se un sistema dinamico LTI a tempo continuo ha un autovalore in $s=s_0$, il sistema a tempo discreto ottenuto da esso con discretizzazione "esatta" a passo T_s
 - ☐ ha un autovalore in $z=e^{s_0 T_s}$.
 - ☐ non ha autovalori.
 - ☐ ha un autovalore in $z=e^{s_0 T_s}$.
8. Dovendo realizzare un regolatore LTI SISO con tecnologia digitale, è bene condurre il progetto a tempo continuo di quel regolatore
 - ☐ con un margine di fase un poco superiore al necessario.
 - ☐ prevedendo la presenza di un integratore.
 - ☐ mantenendo il guadagno il più piccolo possibile.
9. Enunciare, sinteticamente ma con precisione e definendo correttamente tutte le entità menzionate, il criterio di Bode

10. Disegnare lo schema a blocchi di un regolatore PI a tempo continuo a 1 g.d.l. dotato di antiwindup.

11. Scrivere le istruzioni Matlab (o Scilab) che definiscono il sistema a tempo continuo con funzione di trasferimento $G(s) = G_1(s) + G_2(s)$, dove

$$G_1(s) = \frac{1}{s+2}, \quad G_2(s) = \frac{2(1-s)}{(1+5s)^2},$$

e ne calcolano la risposta $y(t)$ all'ingresso $u(t) = \sin(5t)$, per t compreso tra 0 e 20 (estremi inclusi) a passo 0.01.

12. Con riferimento all'esperimento svolto in laboratorio, dire quali sono i principali fenomeni che avvengono nell'apparato oggetto del controllo e come la natura di tali fenomeni si riflette nella scelta delle variabili di stato del relativo modello dinamico.