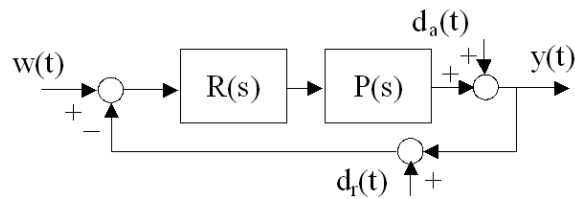


Esercizio 1

Dato il sistema di controllo

dove $P(s) = \frac{1-0.2s}{(1+4s)^2}$,

$$w(t) = 4\text{ram}(t), \quad d_a(t) = 25 \sin(0.02t), \quad d_r(t) = 10 \sin(4t + 15^\circ),$$

- 1) determinare il regolatore $R(s)$ in modo che il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile e che
 - a) l'errore a transitorio esaurito prodotto da $w(t)$ sia in modulo minore di 0.2,
 - b) la pulsazione critica ω_c sia maggiore di 0.1 r/s,
 - c) il margine di fase ϕ_m sia di almeno 50° ;
- 2) determinare, in presenza del regolatore progettato, le ampiezze D_a e D_r degli effetti prodotti asintoticamente su $y(t)$ dai disturbi $d_a(t)$ e $d_r(t)$.

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

Esercizio 2

Dato il sistema dinamico LTI a tempo continuo la cui matrice dinamica è

$$A = \begin{bmatrix} \alpha & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta & -\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma+2 \end{bmatrix}$$

dire per quali valori della terna (α, β, γ) esso è asintoticamente stabile.

Risultato:

Il sistema è asintoticamente stabile per

Esercizio 3

Dato il sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto

$$\begin{aligned}x(k+1) &= \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 2 & 0.5 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \end{bmatrix} u(k) \\ y(k) &= \begin{bmatrix} 1.5 & 1 \end{bmatrix} x(k) + 0.25 u(k)\end{aligned}$$

- dire, motivando la risposta, se è o meno asintoticamente stabile;
- calcolarne la funzione di trasferimento $G(s)$;
- calcolare i primi tre campioni della sua risposta $y(k)$ all'impulso discreto unitario a partire da $x'(0) = [3 \ 1]$.

Risultato:

Il sistema è

$y(0) =$

$y(1) =$

$y(2) =$

Esercizio 4

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

$$P(s) = \frac{2}{(1+4.1s)(1+0.2s)}$$

mentre il regolatore $R(s)$ è di tipo PI, con guadagno pari a 0.5 e tempo integrale pari a 4 s,

- 1) determinare, anche approssimativamente, la pulsazione critica ω_c ed il margine di fase φ_m del sistema di controllo in anello chiuso;
- 2) scegliere il tempo di campionamento T_s per la realizzazione digitale di $R(s)$ in modo che l'attenauazione introdotta dalla risposta in frequenza d'anello alla pulsazione di Nyquist sia di almeno 40 dB e valutare il conseguente decremento di φ_m dovuto a campionamento, tenuta e ritardo di calcolo;
- 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 in precedenza;
- 4) scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto.

Risultato: $\omega_c =$ $\varphi_m =$ $T_s =$ decremento di φ_m : $R^*(z) =$ $u^*(k+1) =$

Domande

1. Il movimento libero dello stato di un sistema LTI instabile, per $t \rightarrow \infty$,
 - ☐ tende a zero.
 - ☐ ha almeno una componente che tende all'infinito.
 - ☐ non ha limite finito.
2. Il criterio di Routh serve a determinare se un sistema retroazionato è asintoticamente stabile, sotto opportune ipotesi, a partire dalla conoscenza
 - ☐ del suo polinomio caratteristico.
 - ☐ di pulsazione critica e margine di fase.
 - ☐ dei poli del sistema retroazionato..
3. Dato un sistema di controllo in retroazione LTI a tempo continuo con regolatore $R(s)$ e processo $P(s)$, l'espressione in gradi della fase critica φ_c , detta ω_c la pulsazione critica, è
 - ☐ $\arg^\circ(R(j\omega_c))+180^\circ$.
 - ☐ $\arg^\circ(P(j\omega_c))$.
 - ☐ $\arg^\circ(R(j\omega_c)P(j\omega_c))$.
4. Il margine di fase di un sistema di controllo in LTI retroazione a tempo continuo serve a valutarne
 - ☐ la velocità di risposta.
 - ☐ il grado di stabilità.
 - ☐ la precisione statica.
5. Discretizzando a passo di campionamento T_s un regolatore LTI SISO con funzione di trasferimento $R(s)$ tramite il metodo di Eulero esplicito, la funzione di trasferimento $R^*(z)$ del regolatore a tempo discreto ottenuto è
 - ☐ $R(z-1)$.
 - ☐ $R((z-1)/T_s)$.
 - ☐ $R(T_s)$.
6. Enunciare, sinteticamente ma con precisione, il criterio di Nyquist.

7. Dire quanto vale D dopo l'esecuzione dei seguenti comandi Matlab (o Scilab):

```
>> A=[1 2;3 4];  
>> b=[5;6];  
>> c=[1 1 1];  
>> D=[A,b;c]+2;
```

8. Basandosi sull'esperienza fatta in laboratorio, descrivere in sintesi cosa s'intende per “taratura empirica di un regolatore in base a una risposta rilevata sul processo”.