

Esercizio 1

Dato il sistema dinamico non lineare a tempo continuo

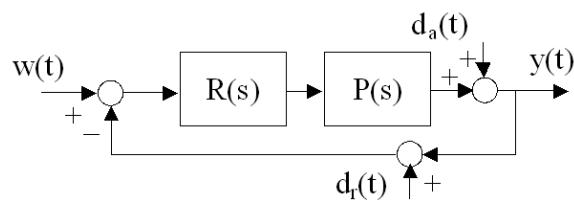
$$\dot{x} = x \cos(x)$$

- 1) calcolarne gli stati di equilibrio;
- 2) discutere la stabilità di tali stati di equilibrio.

Risultato:

Esercizio 2

Dato il sistema di controllo



dove

$$P(s) = \frac{1 - 0.1s}{(1 + 5s)(1 + s)(1 + 0.5s)},$$

$$w(t) = \text{ram}(t) - \text{ram}(t - 2),$$

$$d_a(t) = A_a \sin(\omega_a t), |A_a| < 1, \omega_a = 0.01 \text{ r/s}, \quad d_r(t) = A_r \sin(\omega_r t), |A_r| < 1, \omega_r > 10 \text{ r/s},$$

a) determinare un regolatore $R(s)$ tale 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 0.04 e 0.4 r/s,
- 3) il margine di fase ϕ_m sia di almeno 45° ,
- 4) l'ampiezza dell'effetto asintoticamente prodotto dal disturbo $d_r(t)$ su $y(t)$ non superi 0.1;

b) valutare (anche approssimativamente) l'ampiezza massima A della sinusoide prodotta asintoticamente su $y(t)$, in presenza del regolatore progettato, dal disturbo $d_a(t)$.**Risultato:** **$R(s) =$** **$A =$**

Esercizio 3

Dato il sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto descritto nello spazio di stato dalla quaterna

$$A = \begin{bmatrix} -0.8 & -1.2 \\ 0.45 & 0.7 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0.5 \\ -0.5 \end{bmatrix}, \quad c = [1 \quad 0], \quad d = 0$$

- 1) dire, motivando la risposta, se esso è asintoticamente stabile, semplicemente stabile o instabile;
- 2) calcolarne la funzione di trasferimento $G(z)$;
- 3) calcolare, usando $G(z)$, i primi 4 valori della sua risposta $y(k)$ allo scalino discreto unitario, a partire da condizioni iniziali nulle.

Risultato:

Il sistema è

$G(z) =$

$y(0) =$

$y(1) =$

$y(2) =$

$y(3) =$

Esercizio 4

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

$$P(s) = \frac{5}{(1+4s)(1+0.4s)}, \quad R(s) = 0.4 \left(1 + \frac{1}{4s} \right)$$

- 1) dovendo realizzare il regolatore con tecnologia digitale, determinare il tempo di campionamento T_s in modo che l'attenuazione introdotta dalla risposta in frequenza d'anello alla pulsazione di Nyquist sia di almeno 40 dB;
- 2) esprimere la legge di controllo a tempo discreto, impiegando il tempo di campionamento ottenuto e discretizzando il regolatore col metodo di Eulero esplicito.

Risultato:

$T_s =$

$u(k+1) =$

Domande

1. Per analizzare la stabilità di un sistema dinamico LTI, impiegare una sua rappresentazione in variabili di stato o la sua funzione di trasferimento è equivalente se e solo se
 - ☐ nel sistema non vi sono cancellazioni critiche.
 - ☐ nel sistema non vi sono cancellazioni polo/zero.
 - ☐ il sistema è a fase minima.
2. Un sistema dinamico LTI a tempo continuo è asintoticamente stabile se
 - ☐ non ha autovalori nulli.
 - ☐ ha soltanto autovalori con parte reale negativa.
 - ☐ non ha autovalori con parte reale positiva.
3. La risposta di un sistema dinamico LTI asintoticamente stabile all'ingresso $u(t) = \text{ram}(t) - \text{ram}(t-T)$, $T > 0$, tende per $t \rightarrow \infty$
 - ☐ a zero.
 - ☐ a $+\infty$.
 - ☐ a un valore costante pari al guadagno del sistema.
4. Il movimento libero dello stato in un sistema dinamico LTI dipende
 - ☐ dallo stato iniziale e dall'ingresso.
 - ☐ dal solo stato iniziale.
 - ☐ dalla relazione tra stato iniziale e ingresso.
5. In un sistema interconnesso, la stabilità asintotica di tutti i blocchi componenti è certamente necessaria per la stabilità asintotica del sistema complessivo nel caso in cui
 - ☐ l'ordine del sistema sia maggiore di 2.
 - ☐ nel sistema non vi siano cancellazioni.
 - ☐ nel sistema non vi siano anelli.
6. In un regolatore di tipo PI o PID, l'azione proporzionale ha principalmente il ruolo
 - ☐ di garantire errore nullo a regime.
 - ☐ di garantire una pronta risposta del controllo.
 - ☐ di aumentare il grado di stabilità.
7. Nel progetto del controllo, a parità di tutte le altre condizioni, è bene che il limite per $\omega \rightarrow \infty$ del modulo della risposta in frequenza della funzione di sensitività del controllo sia
 - ☐ circa unitario.
 - ☐ il più grande possibile.
 - ☐ il più piccolo possibile.
8. Il metodo di discretizzazione approssimata che, partendo da un sistema a tempo continuo asintoticamente stabile, per qualche scelta del tempo di campionamento può produrre uno a tempo discreto instabile, è quello
 - ☐ di Eulero esplicito.
 - ☐ di Eulero implicito.
 - ☐ di Tustin.
9. Enunciare sinteticamente il criterio di Routh e spiegarne il tipico utilizzo.

