

### Esercizio 1

Dato il sistema dinamico non lineare a tempo continuo

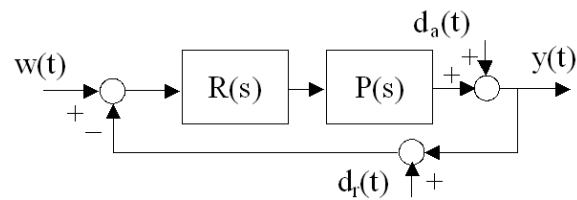
$$\dot{x} = (x^2 - 1)e^x$$

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

**Risultato:**

**Esercizio 2**

Dato il sistema di controllo



dove

$$P(s) = \frac{e^{-0.5s}}{2s},$$

$$w(t) = 2\text{sca}(t), \quad d_a(t) = -0.1\text{sca}(t), \quad d_r(t) = A_r \sin(\omega_r t), \quad |A_r| < 10, \quad \omega_r > 20 \text{ r/s},$$

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  $w(t)$  e  $d_a(t)$  sia nullo,
- 2) la pulsazione critica  $\omega_c$  sia compresa tra 0.1 e 1 r/s,
- 3) il margine di fase  $\phi_m$  sia di almeno  $45^\circ$ ,
- 4) l'ampiezza dell'effetto asintoticamente prodotto dal disturbo  $d_r(t)$  su  $y(t)$  non superi 0.1.

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

**Esercizio 3**

il sistema dinamico LTI a tempo discreto con funzione di trasferimento

$$G(z) = \frac{z - 0.5}{z^2 - 0.6z - 0.16}$$

- 1) dire, motivando la risposta, se esso è asintoticamente stabile, semplicemente stabile o instabile;
- 2) esprimere la trasformata Zeta  $Y_s(z)$  della sua risposta allo scalino discreto unitario;
- 3) calcolare i primi 4 valori della sua risposta  $y(k)$  all'ingresso  $u(k)=2k^2$ , a partire da  $k=0$  e con condizioni iniziali nulle.

**Risultato:**

**Il sistema è**

**$Y_s(z) =$**

**$y(0) =$**

**$y(1) =$**

**$y(2) =$**

**$y(3) =$**

**Esercizio 4**

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

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

mentre il regolatore è puramente integrale e tale da produrre una pulsazione critica di 0.5 r/s

- 1) calcolare il margine di fase  $\phi_m$  del sistema in anello chiuso;
- 2) dovendo realizzare il regolatore con tecnologia digitale, determinare il tempo di campionamento  $T_s$  in modo che il decremento del margine di fase dovuto a campionamento, tenuta e ritardo di calcolo non superi il 5% del valore calcolato al punto precedente;
- 3) esprimere la legge di controllo a tempo discreto, impiegando il tempo di campionamento ottenuto e discretizzando il regolatore col metodo di Tustin.

**Risultato:**

$\phi_m =$

$T_s =$

$u(k+1) =$

**Domande**

1. L'ordine di un sistema dinamico è pari al numero delle sue variabili
  - ☐ d'ingresso.
  - ☐ di stato.
  - ☐ d'uscita.
2. Un sistema dinamico lineare
  - ☐ non può avere due e solo due stati di equilibrio.
  - ☐ non può contenere ritardi.
  - ☐ ha soltanto autovalori reali distinti.
3. Ai fini dell'analisi di stabilità di un sistema dinamico LTI, la sua rappresentazione in variabili di stato e la sua funzione di trasferimento sono equivalenti se e solo se
  - ☐ nel sistema non vi sono cancellazioni critiche.
  - ☐ nel sistema non vi sono zeri a destra.
  - ☐ il sistema non è instabile.
4. Se l'uscita di un sistema dinamico LTI, quando l'ingresso è nullo, tende per  $t \rightarrow \infty$  ad un valore costante non necessariamente nullo, certamente quel sistema
  - ☐ è instabile.
  - ☐ non è a fase minima.
  - ☐ ha un autovalore nell'origine.
5. La trasformata di Laplace è un operatore
  - ☐ algebrico.
  - ☐ lineare.
  - ☐ non lineare.
6. In un regolatore di tipo PID, l'azione integrale ha il ruolo
  - ☐ di garantire errore nullo a regime.
  - ☐ di aumentare il guadagno.
  - ☐ di aumentare il margine di fase.
7. Quando si realizzano con tecnologia digitale dei regolatori progettati a tempo continuo, il margine di fase, rispetto al valore a tempo continuo,
  - ☐ in generale si riduce
  - ☐ non cambia.
  - ☐ aumenta a meno che non vi sia azione integrale, nel qual caso si riduce di  $90^\circ$ .
8. Il metodo cdi discretizzazione approssimata che fa corrispondere esattamente tra loro le regioni di stabilità asintotica dei piani complessi a tempo continuo e discreto è quello
  - ☐ di Eulero esplicito.
  - ☐ di Eulero implicito.
  - ☐ di Tustin.
9. Enunciare sinteticamente il criterio di Bode e spiegarne l'utilità ai fini del progetto del controllo.

10. Illustrare in breve i principali criteri per la scelta del tempo di campionamento nella realizzazione digitale di un regolatore progettato a tempo continuo.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
11. Scrivere le istruzioni Matlab (o Scilab) necessarie per definire nel workspace la funzione di trasferimento a tempo continuo con guadagno pari a 2, uno zero nel semipiano destro con costante di tempo pari a 1s e due poli reali negativi coincidenti con costante di tempo pari a 5s, e per tracciare i relativi diagrammi di Bode.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
12. Con riferimento all'esperimento svolto in laboratorio, descrivere brevemente il problema di controllo considerato e illustrarlo con uno schema a blocchi.