

Fondamenti di Automatica

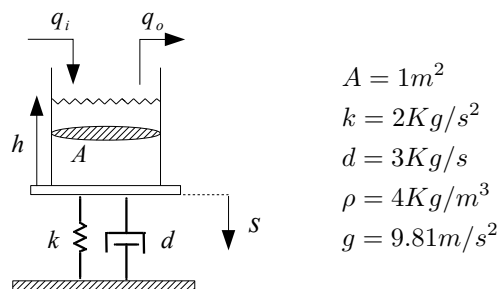
Ingegneria Industriale

Prof. D.M. Raimondo, Prof. M. Cucuzzella

Testo Prova scritta - 21 Giugno 2021

Esercizio 1 (5 punti)

Si consideri il sistema dinamico in figura



dove la parte meccanica è composta da una molla di costante elastica k ed uno smorzatore avente coefficiente di attrito d . La parte idraulica è costituita da una vasca di sezione A che poggia sulla parte meccanica. Gli ingressi del sistema sono la portata di ingresso $q_i(t)$ e la portata di uscita $q_o(t)$, realizzate tramite pompe. La variabile $s(t)$ indica invece la scostamento della vasca dalla posizione di equilibrio per $h = 0$ (vasca vuota). Poichè la massa di liquido (pari al volume occupato da esso per la densità ρ) contenuta nella vasca varia in funzione del livello $h(t)$, essa esercita una forza peso tempo variante.

- Si ricavino le equazioni del sistema dinamico complessivo avente come uscite il volume d'acqua nella vasca e la posizione $s(t)$.

Esercizio 2 (5 punti)

Si consideri il sistema LTI

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -3x_1 + u_1 \\ \dot{x}_2 &= x_1 + x_2 - u_1 \\ y &= x_1 - x_2\end{aligned}$$

- Determinare la funzione di trasferimento.
- Indicare, se possibile, il valore di regime dell'uscita a fronte di un ingresso a scalino. Riportare nel riquadro la risposta e motivarla (fuori dal riquadro).
- Determinare il valore di uscita per $t = 1$ a fronte di un ingresso $u_1(t) = 2sca(t)$.

Esercizio 3 (5 punti)

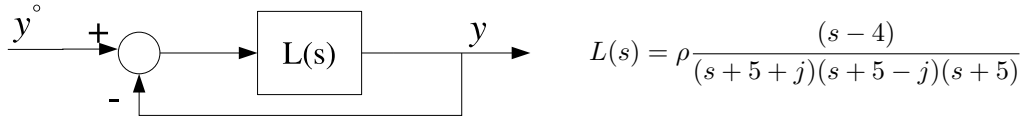
Si consideri il sistema non lineare

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= (\cos(x_1))^2 - \cos(u) + (\sin(u))^2 \\ \dot{x}_2 &= x_1 x_2 \\ y &= x_1 x_2 u\end{aligned}$$

- (a) In corrispondenza dell'ingresso $u(t) = \bar{u} = 0$ si determinino tutti gli stati di equilibrio aventi x_1 e x_2 compresi tra 0 e 2π (escluso).
- (b) Si ricavi l'espressione dei sistemi linearizzati nell'intorno degli equilibri aventi $x_2 = 0$.
- (c) Si analizzi la stabilità degli stati di equilibrio tramite i corrispondenti sistemi linearizzati.

Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il sistema di controllo



- (a) Per $\rho < 0$ si tracci il luogo delle radici con la massima precisione.
- (b) Si determini inoltre per quali valori di $\rho < 0$ il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile.

Esercizio 5 (5 punti)

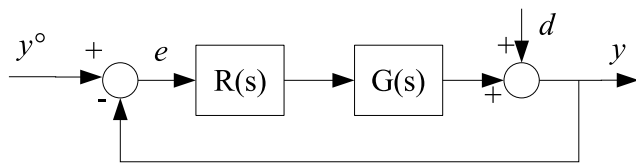
Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false. Punteggio: risposta esatta= 1, errore= -0.5, non risponde= 0.

- | | V | F |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Sia $L(s)$ un sistema a fase minima che soddisfa le ipotesi per applicare Bode. Allora $F(s)$ è asintoticamente stabile se e solo se $\phi_m > 0$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Un sistema LTI proprio ha matrice D sempre diversa da zero. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Sia $G(s)$ una f.d.t. avente due poli c.c.. Se lo smorzamento è negativo allora il sistema è instabile. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Il derivatore puro è un sistema dinamico improprio. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Per un sistema LTI $\bar{x} = 0$ è sempre uno stato di equilibrio per $\bar{u} = 0$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Esercizio 6 (8 punti)

Si consideri il sistema di controllo in figura:

- Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:
 1. si abbia $|e_\infty| \leq 0.1$ per $d(t) = sca(t)$;
 2. la banda passante del sistema in anello chiuso sia maggiore o uguale a $10rad/s$;
 3. il margine di fase ϕ_m verifichi $\phi_m \geq 50^\circ$;
 4. il disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 1000 rad/s$ sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 10.
- Si supponga che $G(s)$ venga sostituita con $\tilde{G}(s) = G(s)e^{-s\tau}$. Determinare per quali valori di $\tau > 0$, il regolatore progettato al punto precedente garantisce che il sistema in anello chiuso sia ancora asintoticamente stabile.



$$G(s) = \frac{e^{-0.01s}(\frac{s}{2} - 10)}{(s + 10)}$$