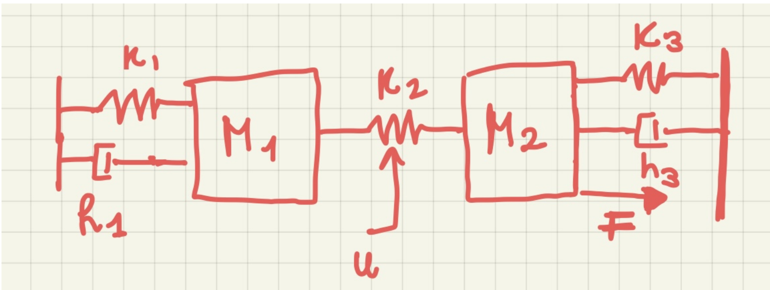
Fondamenti di Automatica
Ingegneria Industriale

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

Testo Prova scritta - 11 Settembre 2023

Esercizio 1 (5 punti)

Si consideri il sistema meccanico in figura.



Il sistema è costituito da due masse collegate tramite molle e smorzatori. Gli ingressi del sistema sono la forza F e u. Quest'ultimo controlla il coefficiente elastico variabile della molla k_2 secondo la seguente equazione

$$k_2(t) = \bar{k}_2 u(t) \tag{1}$$

I parametri del sistema sono $M_1 = 1Kg$, $M_2 = 3Kg$, $k_1 = 0.1Kg/s^2$, $\bar{k}_2 = 0.3Kg/s^2$, $k_3 = 0.5Kg/s^2$, $h_1 = 0.5Kg/s$, $h_3 = 0.8Kg/s$. Determinare le equazioni del sistema dinamico ipotizzando come uscite la posizione e la velocità della massa 2.

Esercizio 2 (5 punti)

Si consideri il seguente sistema dinamico

$$\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= x_2 \\
\dot{x}_2 &= -0.1x_1 - 1.1x_2 + u \\
y &= 0.1x_1 + 0.1\tau x_2
\end{aligned}$$

(a) Determinare la funzione di trasferimento mantenendo τ come parametro.

(b) Per quali τ si ha sovraelongazione? Per quali risposta inversa?

(c) Sia $u(t) = 3\text{imp}(t) + 2\text{sca}(t)$. Determinare il valore a regime dell'uscita per $\tau = 2$.

Esercizio 3 (5 punti)

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

1. Una f.d.t. del primo ordine non può mai presentare una sovraelongazione in uscita a fronte di un ingresso a scalino.
2. La stabilità di un sistema in anello chiuso dipende anche dalla posizione degli zeri in anello aperto.
3. Un controllore PID presenta sempre un derivatore nella f.d.t.

4. Un sistema dinamico può avere un numero infinito di pundi di equilibrio associati a $u = \bar{u} \neq 0$.
5. Sia la realizzazione in forma canonica di raggiungibilità che quella di osservabilità restituiscono sempre un sistema (A,B,C,D) completamente raggiungibile ed osservabile.

Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il sistema non lineare

$$
\begin{aligned}
\dot{x}_1(t) &= \cos^2(x_1(t)) + x_1(t)x_2(t) + u_1(t) \\
\dot{x}_2(t) &= x_2^2(t) + u_2(t) \\
y_1(t) &= x_1(t)u_2(t) \\
y_2(t) &= x_2(t)u_1(t)
\end{aligned}
$$

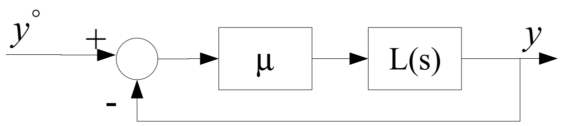
(a) In corrispondenza degli ingressi $u_1(t) = \bar{u}_1 = -1$ e $u_2(t) = \bar{u}_2 = 0$, si determinino tutti gli stati di equilibrio che soddisfano $0 \leq \bar{x}_1 \leq \pi$.

(b) Si ricavi l'espressione dei sistemi linearizzati nell'intorno degli equilibri ottenuti.

(c) Si analizzi la stabilità degli stati di equilibrio tramite i corrispondenti sistemi linearizzati.

Esercizio 5 (5 punti)

Si consideri il sistema di controllo in figura.



$$L(s) = \frac{\left(-\frac{s}{2} + 1\right)}{\left(\frac{s}{0.2} + 1\right)^2}$$

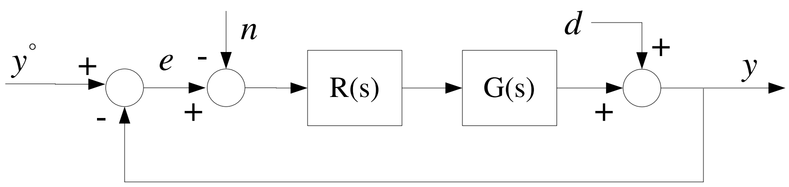
Sapendo che $\angle L(j0.921) = 180°$, si utilizzi il criterio di Nyquist.

(a) Si disegnino i diagrammi di Bode e si tracci il diagramma di Nyquist.

(b) Si determini inoltre per quali valori di $\mu \neq 0$ il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile.

Esercizio 6 (8 punti)

Si consideri il sistema di controllo in figura:



$$G(s) = 10\frac{\left(-\frac{s}{100} + 1\right)}{\left(\frac{s}{10} + 1\right)^2\left(\frac{s}{100} + 1\right)}$$

- Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:
  (a) Si abbia $|e_\infty| \leq 0.01$ per $y° = \text{sca}(t)$;
  (b) il margine di fase ϕ_m verifichi $\phi_m \geq 70°$;
  (c) la banda passante del sistema in anello chiuso sia maggiore o uguale a 5 rad/s;
  (d) il disturbo $d(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \leq 1$ rad/s sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 10.

(e) il disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 200$ rad/s sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a $30dB$.

- 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.