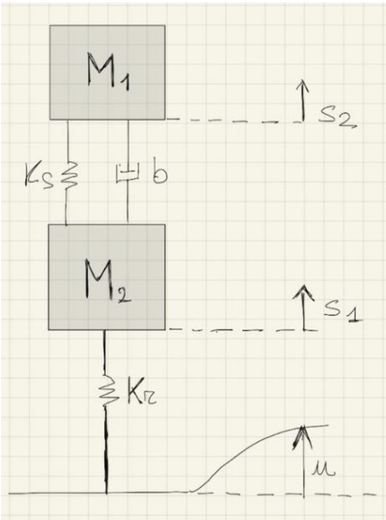
Fondamenti di Automatica
Ingegneria Industriale

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

Testo Prova scritta - 27 Febbraio 2023

Esercizio 1 (5 punti)

Si consideri il modello di sospensione in figura



M_1: massa della ruota ($12Kg$).

M_2: massa del veicolo ($1900Kg$).

$K_s = 180KN/m$, $b = 10KNs/m$, parametri sospensione.

$K_r = 1.1 \cdot 10^6$N/m elasticità ruota.

s_1, s_2: scostamento della masse dalle posizioni di equilibrio per $\bar{u} = 0$. Trascurare la gravità.

Ricavare il sistema dinamico avente uscita pari allo scostamento di M_1 dalla posizione di equilibrio.

Esercizio 2 (5 punti)

Si consideri un sistema LTI (A, B, C, D) avente polinomio caratteristico

$$\phi(s) = 2s^3 + 4s^2 + 2(K-3)s + 8(K-5)$$

(a) Determinare, utilizzando il criterio di Routh-Hurwitz, per quali valori di K il sistema risulta asintoticamente stabile.

(b) Si consideri ora la funzione di trasferimento $G(s) = \frac{1}{\phi(s)}$ con $K = 6$. Determinare l'uscita a regime per $u(t) = \text{imp}(t) + 2\sin(2t)$.

(c) Utilizzando la forma canonica di raggiungibilità, determinare un sistema (A, B, C, D) in forma minima avente $G(s)$ al punto precedente.

Esercizio 3 (5 punti)

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

1. Un controllore PID rende un sistema in anello chiuso sempre A.S.
2. Si consideri un sistema LTI ed un ingresso $u(t) = Asin(wt + \phi)$. La corrispondente uscita a regime sarà sempre del tipo $y(t) = Bsin(wt + \psi)$ con B numero reale finito e ψ opportuno.
3. Un sistema dinamico non lineare può avere zero punti di equilibrio.

4. Uno schema a blocchi è A.S. solo se i singoli blocchi sono A.S.
5. Per un sistema LTI, il punto $(\bar{x}, \bar{u}) = (0, 0)$ è sempre punto di equilibrio.

Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il sistema non lineare

$$
\begin{aligned}
\dot{x}_1(t) &= x_1(t)\,(x_1(t) - 1) + x_2(t)u_1(t) \\
\dot{x}_2(t) &= -x_1(t) - x_2(t)u_2(t) \\
y_1(t) &= x_1(t)e^{u_2(t)} \\
y_2(t) &= x_2(t)e^{u_1(t)}
\end{aligned}
$$

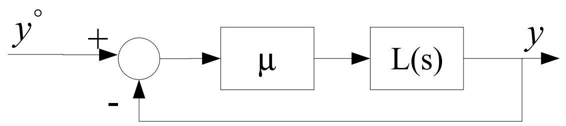
(a) In corrispondenza degli ingressi $u_1(t) = \bar{u}_1 = 0$ e $u_2(t) = \bar{u}_2 = 1$, si determinino tutti gli stati di equilibrio.

(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.



$$L(s) = \frac{\frac{s}{50} + 1}{\left(-\frac{s}{5} + 1\right)^2}$$

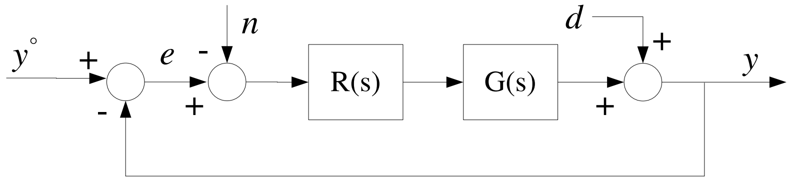
Sapendo che $\angle L(j23) = 180°$, si utilizzi il criterio di Nyquist.

(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:



$$G(s) = 0.1\frac{e^{-0.001s}}{\left(\frac{s}{0.1} + 1\right)(s + 1)}$$

- Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:
  (a) Si abbia $|e_\infty| \leq 0.01$ per $y^\circ = \text{sca}(t)$;
  (b) il margine di fase ϕ_m verifichi $\phi_m \geq 60°$;
  (c) la banda passante del sistema in anello chiuso sia maggiore o uguale a 100 rad/s;
  (d) il disturbo $d(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \leq 10$ rad/s sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 10.
  (e) il disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 700$ 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.