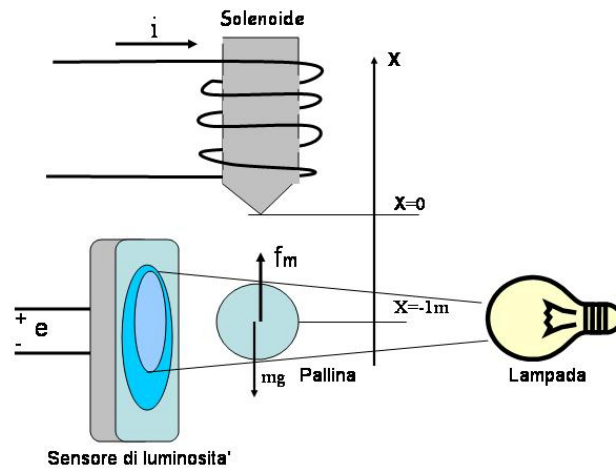


Corso di laurea in Ingegneria dell'Informazione  
 Prova di laboratorio di Fondamenti di Automatica

Svolgere i seguenti esercizi, facendo uso dei pacchetti MATLAB e SIMULINK. È richiesta una breve relazione, corredata del codice usato e dei grafici prodotti, con un commento dei passi svolti e dei risultati conseguiti. La relazione va spedita tramite posta elettronica in formato pdf all'indirizzo `schenato@dei.unipd.it`

Si consideri il seguente sistema di sospensione magnetica di una pallina metallica:



La corrente elettrica  $i$  ([Amp]) che scorre all'interno di una spira che avvolge un solenoide crea un campo magnetico che attira la pallina verso l'alto. La forza verso l'alto  $f_m$  ([N]) prodotta sulla pallina e' approssimata dalla seguente formula:

$$f_m = 0.4 \frac{i}{1 + 9x^2} \quad (1)$$

dove  $x$  ([m]) e' la distanza della pallina dal solenoide. La massa della pallina e'  $m = 0.02$  [kg]. La costante di gravita'  $g = 9.8$  [m/s<sup>2</sup>]. Per piccoli spostamenti la tensione  $e$  ([V]) sul rivelatore di luminosita' e' proporzionale alla posizione  $x$  della pallina:

$$e = Ex$$

dove  $E = 15$  [V/m].

- si derivino le equazioni della dinamica che legano la corrente di ingresso  $i$  alla tensione di uscita  $e$ , supponendo che l'attrito dell'aria sulla pallina sia trascurabile
- si trovi la corrente  $i_0$  tale che la posizione  $x_0 = -1\text{m}$  sia un punto di equilibrio. Si linearizzi l'equazione che lega la variazione di tensione  $\Delta e = e - e_0$ , dove  $e_0 = 15x_0$  e' la tensione nella posizione di equilibrio, alla variazione della corrente del solenoide  $\Delta i = i - i_0$ .
- si traccino le risposte a gradino unitario rispetto al punto di lavoro  $(i_0, e_0)$  sia per il sistema linearizzato che per il sistema nonlineare. Si verifichi che le risposte siano uguali a quelle in Figura 1.
- si consideri un controllo proporzionale P del tipo  $i = -Ke$ . Si traccino il luogo delle radici e il diagramma di Bode. Calcolare analiticamente il valore di  $K$  minimo al di sopra del quale il sistema a catena chiusa presenta oscillazioni. Calcolare la frequenza

di oscillazione per  $K = 10$  e verificare il risultato con MATLAB o SIMULINK. Confrontare la frequenza di oscillazione del sistema linearizzato e del sistema nonlineare per diverse condizioni iniziali della posizione della pallina,  $x_{init} = -0.9$  (piccole oscillazioni) e  $x_{init} = -0.3$  (grandi oscillazioni). Si osservi che il sistema linearizzato non puo' essere stabilizzato asintoticamente attorno al punto di equilibrio  $x_0 = -1$  per nessun valore di  $K$ .

- e. si supponga ora che sia disponibile un compensatore anticipatore del tipo  $C(s) = K \frac{s+z}{s+p}$ . Determinare i valori di  $K, z, p$  in modo tale che siano soddisfatte le seguenti specifiche:
- tempo di salita  $t_s \leq 1.3s$ ;
  - massima sovraelongazione  $S \leq 5\%$ .
- f. Si tracci la risposta al gradino unitario del sistema linearizzato in catena chiusa e si determini il tempo di salita, il tempo di assestamento e la massima sovraelongazione. Si traccino i diagrammi di Bode e si determini la banda passante e margine di fase.
- g. Si tracci la risposta a gradino unitario per il sistema nonlineare e lo si confronti con quello linearizzato.
- h. Esiste un compensatore tale da produrre un tempo di salita inferiore a  $t_s \leq 0.3s$ ? Si provino diversi compensatori utilizzando SISOtool (Suggerimento: e' possibile spostare il polo piu' lento nel sistema a catena chiusa in modo tale che la parte reale  $Re(p_{min}) < -4.2$ ).

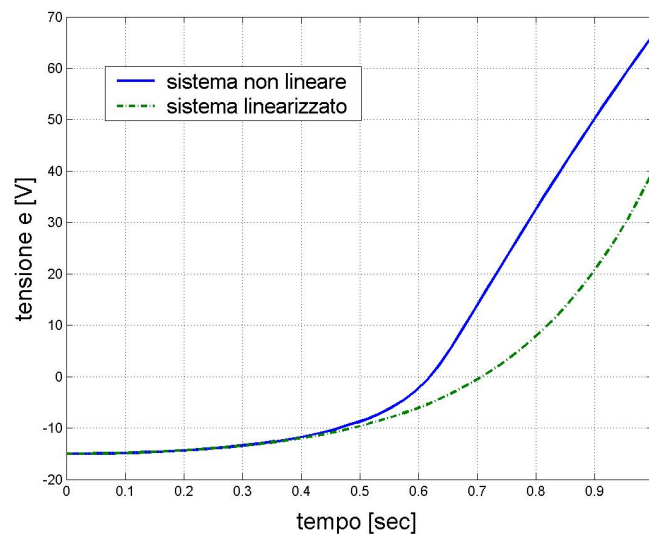


Figura 1: Risposta in catena aperta del sistema nonlineare e linearizzato