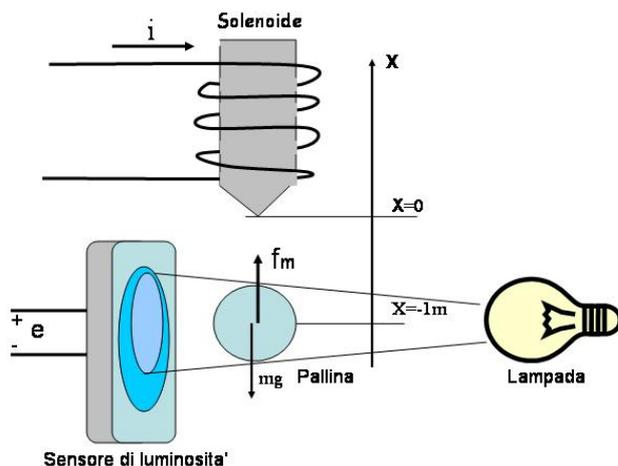


Corso di laurea in Ingegneria dell'Informazione
 Prova di laboratorio di Fondamenti di Automatica

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/s²]. 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 $x_0 = -1$ 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 $Re(p_{min}) < -4.2$).

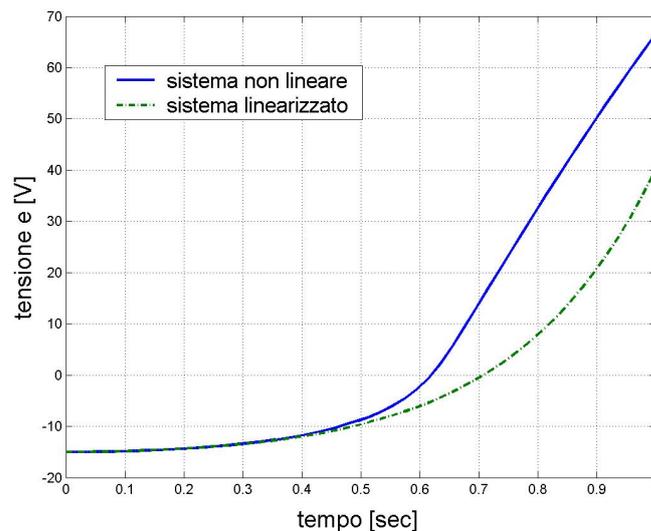


Figura 1: Risposta in catena aperta del sistema nonlineare e linearizzato