TECNICHE DI CONTROLLO MULTIVARIABILE, PROVA DI LABORATORIO 13/01/2022

ISTRUZIONI

- Creare sul desktop la cartella di lavoro Cognome_Nome
- Creare una sotto-cartella per ogni esercizio contenente:
  - lo script (file .m) di inizializzazione dei parametri necessari alla simulazione
  - il/i file simulink (.slx o .mdl) relativi alle simulazioni richieste
- Consegna: comprimere la cartella (formato .zip) e inviarla a saverio.farsoni@unife.it
- Chi desidera ritirarsi mandi comunque una mail al docente in cui comunica ufficialmente la sua decisione

Esercizio 1 (7 punti)

Dato il sistema descritto in ambiente deterministico dalle seguenti equazioni:

$$\dot{\boldsymbol{x}} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u}$$
$$y = \boldsymbol{C}\boldsymbol{x}$$

Con: $A = \begin{bmatrix} -1 & -2 & 1 \\ 0 & -5 & -1 \\ 0 & 0 & -10 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ $C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ $\boldsymbol{x}(0) = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ $\boldsymbol{u}(t) = \cos(t) \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$

Si implementi l'osservatore asintotico dello stato in catena chiusa con modello:

$$\dot{\hat{\boldsymbol{x}}} = \boldsymbol{A}\hat{\boldsymbol{x}} + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u} + \boldsymbol{L}(y - \hat{y}) \qquad \hat{\boldsymbol{x}}(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$
$$\hat{y} = \boldsymbol{C}\hat{\boldsymbol{x}}$$

Con guadagno $\boldsymbol{L}$ tale da garantire che la dinamica ad anello chiuso dell'osservatore possieda i seguenti autovalori:

$$\boldsymbol{e}_v = \begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ -4 \end{bmatrix}$$

Note:

- il sistema è completamente osservabile e ricostruibile;
- è necessario posizionare un blocco 'scope' che monitori il vettore errore di stima.

Esercizio 2 (7 punti)

Dato il sistema non lineare descritto dalle seguenti equazioni:

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x}_2 = x_3$$
$$\dot{x}_3 = -x_1 - \sin(x_2) - \sin(x_3) + \cos(x_1)u = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u$$

Con:

- $\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$ stato del sistema
- $\boldsymbol{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{bmatrix}$ condizioni iniziali

Si implementi un regolatore LQ basato sull'approssimazione lineare di tale sistema per risolvere il problema di stabilizzazione nell'origine ($\boldsymbol{x}_d = \boldsymbol{0}, u_d = 0$), considerando le seguenti matrici di penalizzazione:

$$Q_{lq} = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{bmatrix}; R_{lq} = 0.5$$

Si verifichi che tutte le variabili di stato del sistema controllato si stabilizzino al valore desiderato

Nota: è necessario utilizzare un blocco scope per monitorare l'andamento delle variabili di stato del sistema.

Esercizio 3 (7 punti)

Dato il sistema non lineare descritto in forma canonica di controllabilità dalle seguenti equazioni (vedi es 2):

$$\begin{gathered} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dot{x}_3 = -x_1 - \sin(x_2) - \sin(x_3) + \cos(x_1)u = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u \end{gathered}$$

Con:

- $\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$ stato del sistema
- $x = x_1$ variabile controllata
- $\boldsymbol{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{bmatrix}$ condizioni iniziali

Si implementi un controllore utilizzando la tecnica feedback linearization, la cui legge di controllo $u = u(v, \boldsymbol{x})$ cancelli le non linearità presenti nella dinamica del sistema e stabilizzi il sistema nell'origine imponendo:

$$v = -K_1 x - K_2 \dot{x} - K_3 \ddot{x}$$

Con K_1, K_2, K_3 parametri di progetto scelti dal progettista.

Note:

- E' necessario utilizzare un blocco scope per monitorare l'andamento dello stato **x**