TECNICHE DI CONTROLLO MULTIVARIABILE, PROVA DI LABORATORIO 19/01/2020

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 (Nota: se si utilizza la versione di matlab 2020b o successive è necessario esportare i modelli simulink in modalità compatibile con la versione 2020a: menu 'Save'-> 'Export model to previous version'-> Salva come '..Matlab2020a')
- 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:

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

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

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

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

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

$$\boldsymbol{e}_v = \begin{bmatrix} -3 \\ -4 \\ -5 \end{bmatrix}$$

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:

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x_2} = x_3$$
$$\dot{x}_3 = -x_1 - \sin(x_2) + (\mathrm{e}^{-x_3} + 1)u = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u$$

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 nel seguente punto di equilibrio:

$$\boldsymbol{x}_d = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, u_d = 0.5$$

considerando le seguenti matrici di penalizzazione:

$$Q_{lq} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; R_{lq} = 0.1$$

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):

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x}_2 = x_3$$
$$\dot{x}_3 = -x_1 - \sin(x_2) + (\mathrm{e}^{-x_3} + 1)u = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u$$

Con:

- $\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$ stato del sistema
- $x = x_1$ 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 $u = u(v, \boldsymbol{x})$ linearizzi la dinamica del sistema e risolva il problema di tracking della traiettoria desiderata:

$$x_d = \sin(t), \dot{x}_d = \cos(t), \ddot{x}_d = -\sin(t), \dddot{x}_d = -\cos(t)$$

imponendo:

$$v = -K_1 e - K_2 \dot{e} - K_3 \ddot{e} + \dddot{x}_d$$

Con K_1, K_2, K_3 parametri di progetto scelti dal progettista, $e = (x - x_d)$ errore di tracking

Note:

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