TECNICHE DI CONTROLLO MULTIVARIABILE, PROVA DI LABORATORIO 28/04/2021

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:

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

Con: $A = \begin{bmatrix} -2 & -2 & 1 \\ 0 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix}$ $\quad B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ $\quad C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\quad D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

$$\boldsymbol{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{u}(t) = \cos(t) \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

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

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

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

$$\boldsymbol{e}_v = \begin{bmatrix} -7 \\ -8 \\ -9 \end{bmatrix}$$

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:

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x}_2 = -10\sin(x_1) - x_2 + 0.5u = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u$$

Con:

- $\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ stato del sistema
- $\boldsymbol{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.1 \end{bmatrix}$ condizioni iniziali

Si implementi un regolatore LQ basato sull'approssimazione lineare di tale sistema per risolvere il problema di stabilizzazione nel punto di equilibrio desiderato: $\boldsymbol{x}_d = [\pi, 0]\ u_d = 0$, considerando le seguenti matrici di penalizzazione:

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

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

Nota:

- è necessario utilizzare il modello non lineare per la rappresentazione del blocco Simulink relativo al sistema
- 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):

$$\dot{x}_1 = x_2$$
$$\dot{x}_2 = -10\sin(x_1) - x_2 + 0.5u \ = f(\boldsymbol{x}) + b(\boldsymbol{x})u$$

Con:

- $\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ stato del sistema
- $\boldsymbol{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.1 \end{bmatrix}$ condizioni iniziali
- $x = x_1$ variabile controllata

Si implementi un controllore secondo la tecnica Sliding Mode, per risolvere il problema di tracking della traiettoria desiderata $x_d = \sin(t)$ utilizzando la superficie di sliding S definita da:

$$s = \dot{e} + \lambda e = 0$$

con $e = x - x_d$

Tale superficie viene stabilizzata e resa attrattiva e invariante imponendo come ingresso al sistema la legge di controllo

$$u = b^{-1}(\ddot{x}_d - f(\boldsymbol{x}) - \lambda\dot{e}) - K\mathrm{sign}(s)$$

Dove i parametri K, λ per il controllo SM assumono i seguenti valori:

$$K = 10; \quad \lambda = 1$$

Note:

- è necessario approssimare la funzione segno con il blocco che implementa la funzione saturazione $sat(s/\phi)$, con $\phi = 1.5$
- è necessario utilizzare un blocco 'scope' per monitorare l'andamento dello stato del sistema
- è necessario utilizzare un blocco 'scope' per monitorare l'andamento dell'errore di tracking e