TECNICHE DI CONTROLLO MULTIVARIABILE, PROVA DI LABORATORIO 18/12/2019

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

Esercizio 1 (7 punti)

Dato il sistema LTI:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$
$$y = Cx$$

Con: $A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2 & -7 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ $C = [0\ 0\ 0\ 1]$ $x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ $u(t) = \sin(t)$

Progettare l'osservatore di Luenberger con modello:

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

Con $L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ l_4 \end{bmatrix}$ tale da garantire che il modulo di tutte le componenti del vettore errore di stima sia inferiore a 0.02 in un tempo inferiore a 4 secondi:

$$|x_i(t) - \hat{x_i}(t)| < 0.02\ \forall t > 4$$

Nota: è necessario posizionare un blocco 'scope' che monitori il vettore errore di stima

Esercizio 2 (7 punti)

Dato il sistema con modello non lineare:

$$\dot{x_1} = \frac{u}{A_1} - \frac{a_1}{A_1}\sqrt{2gx_1}$$
$$\dot{x_2} = \frac{a_1}{A_1}\sqrt{2gx_1} - \frac{a_2}{A_2}\sqrt{2gx_2}$$

Progettare un sistema di controllo LQ tempo infinito basato sull'approssimazione lineare del sistema per **stabilizzare** il sistema nel punto di equilibrio dato da:

$$x_d = \begin{bmatrix} \frac{a_2^2 A_1^2 x_{2d}}{a_1^2 A_2^2} \\ x_{2d} \end{bmatrix} \quad u_d = \frac{a_2 A_1 \sqrt{2gx_{2d}}}{A_2} \qquad x_{2d} = 1.5$$

Parametri:

$$A_1 = A_2 = 1; a_1 = a_2 = 2; g = 9.81; x_0 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.2 \end{bmatrix}$$

Matrici di penalizzazione controllo LQ:

$$Q_{lq} = I_{2x2}; R_{lq} = 1$$

Note:

- il blocco che rappresenta il sistema in esame è fornito nel file systemModel.slx
- i parametri utilizzati in tale modello sono le variabili denominate g,a1,a2,A1,A2,x0
- è necessario utilizzare almeno un blocco ‘scope’ per monitorare l’andamento dell’errore sullo stato

Esercizio 3 (7 punti)

Dato il sistema non lineare dell’esercizio 2, si può dimostrare che, considerando l’uscita $y = x_2$, il grado relativo è pari all’ordine del sistema stesso, pertanto la linearizzazione ingresso-uscita comporta una linearizzazione completa del sistema. Pertanto, considerando che:

$$y = h(x) = x_2$$
$$\dot{y} = L_f h = \frac{a_1}{A_1}\sqrt{2gx_1} - \frac{a_2}{A_2}\sqrt{2gx_2}$$
$$\ddot{y} = L_f^2 h = f_{nl}(x_1, x_2) + b(x_1, x_2)u$$

Si può imporre un ingresso del tipo $u = b^{-1}(x_1, x_2)(u - f_{nl}(x_1, x_2))$ in modo tale da completare la linearizzazione ingresso-uscita.

Si realizzi tale legge di controllo con linearizzazione tramite feedback e progettare un ulteriore anello di controllo del tipo:

$v = \ddot{y_d} - K_p e - K_d \dot{e}$

Per risolvere il problema di **inseguimento** della traiettoria desiderata:

$$y_d = -\sin(t) + 2$$
$$\dot{y_d} = -\cos(t)$$
$$\ddot{y_d} = \sin(t)$$

In modo tale che valga la seguente condizione sull’errore $e = y - y_d$

$$|e(t)| < 0.02\ \forall t > 4$$

Note:

- il blocco che rappresenta il sistema in esame è fornito nel file systemModel.slx
- le derivate di Lie della funzione h sono fornite nel file FLModels.slx. Gli ingressi di tali blocchi sono nell’ordine x_1, x_2, u
- Le funzioni linearizzanti $b(x_1, x_2)$ e $f_{nl}(x_1, x_2)$ sono fornite nei blocchi b e fnl nel file FLModels.slx. Gli ingressi di tali blocchi sono nell’ordine x_1, x_2
- i parametri del modello del sistema sono gli stessi utilizzati nell’esercizio 2
- è necessario utilizzare almeno un blocco ‘scope’ per monitorare l’andamento dello stato