13/09/2011 – COMPITO DI TEORIA DEI SISTEMI

Esercizio 1. Si consideri un sistema di controllo a feedback unitario caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento in catena diretta, in cui K è un guadagno variabile:

$$W(s) = \frac{K}{s(s-10)^2}$$

i) Si disegnino i diagrammi di Bode della funzione di trasferimento $W(s)$ per $K = 1$;
ii) si disegni il diagramma polare della funzione di trasferimento $W(s)$ per $K = 1$;
iii) si calcoli il denominatore della funzione di trasferimento a ciclo chiuso;
iv) si calcoli il numero di poli a parte reale positiva del sistema a ciclo chiuso al variare di $K \in (-\infty, \infty)$ utilizzando il criterio di Nyquist e, facoltativamente, verificare il risultato mediante il criterio di Routh.

Esercizio 2. Si consideri il seguente sistema lineare stazionario a **tempo continuo**:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \\ y(t) = Cx(t), \end{cases} \qquad A = \begin{bmatrix} -2 & 2 & -2 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

i) Discutere le proprietà dei modi naturali;
ii) calcolare per quali valori dello stato iniziale $x(0)$ l'evoluzione libera del sistema è: $y_{\text{lib}}(t) = e^{-t}\big(\sin(t) - \cos(t)\big)$;
iii) calcolare la funzione di trasferimento e l'evoluzione dell'uscita del sistema, in corrispondenza di un gradino unitario

Esercizio 3. Sia dato il seguente sistema non lineare:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + (x_2 - 1)^2 \\ \dot{x}_2 = -(x_2 - 1)^3 - \frac{1}{3}x_1(x_2 - 1) \end{cases}$$

Calcolare i punti di equilibrio e discuterne la stabilità.

Esercizio 4. Sia dato il seguente sistema lineare a tempo continuo stazionario rappresentato dalle matrici

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \qquad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}, \qquad C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

i) Discutere le proprietà strutturali del sistema; in particolar modo si dica (motivando la risposta) se i seguenti vettori dello spazio di stato sono raggiungibili e/o osservabili:

$$x_1 = [1\ 0\ {-1}\ 1]^T, \qquad x_2 = [0\ 0\ {-2}\ 0]^T \qquad x_3 = [1\ 1\ 1\ 1]^T, \qquad x_4 = [0\ 0\ 0\ 1]^T, \qquad x_5 = [1\ 0\ 1\ 0]^T$$

ii) si determini un cambio di coordinate che decomponga lo spazio di stato nello spazio degli stati raggiungibili e non raggiungibili;
iii) si determini un cambio di coordinate che decomponga lo spazio di stato nello spazio degli stati osservabili e inosservabili;
iv) si determini un cambiamento di coordinate che decomponga il sistema in forma canonica di Kalman, se ne individui la rappresentazione in forma minima e se ne calcoli la funzione di trasferimento.

NB:

- **Gli studenti di "Teoria dei Sistemi (9 CFU)" svolgano i punti 1), 2), 3), 4-i)**
- **Gli studenti di "Teoria dei Sistemi I (6 CFU)" svolgano i punti 1), 2)**
- **Gli studenti di "Teoria dei Sistemi II (6 CFU)" svolgano i punti 3), 4)**

TEMPO A DISPOSIZIONE (PER TUTTI): 2 ORE – LIBRI CHIUSI.