



COMPITINO DI CONTROLLO DIGITALE

Esercizio 1 (12 punti)

Dato il sistema non lineare

$$\begin{cases} \dot{x}_1 &= \cos(\frac{\pi}{2}x_1) - x_2 + u \\ \dot{x}_2 &= 3 \cos(\frac{\pi}{2}x_1) \\ y &= x_1 - \sin(x_2) \end{cases}$$

1. Verificato che $x = [\frac{1}{0}]$ è uno stato di equilibrio per $u = 0$, si linearizzi il sistema attorno a tali valori;
2. si progetti un controllore LQR di tipo state-feedback tempo-continuo basato sul sistema linearizzato pesando entrambe gli stati 10 volte più dell'ingresso;
3. si simuli il comportamento del sistema non lineare in anello chiuso con il controllore progettato al punto precedente e si visualizzi l'uscita per un tempo totale di simulazione di 3 s, partendo da condizione iniziale $x_1 = -2$, $x_2 = 1$.

Esercizio 2 (8 punti)

Sia dato il sistema dinamico

$$y = \frac{s+3}{s^2+0.1s-2}u$$

e la legge di controllo di tipo PI

$$u = 10(r-y) + 5 \int (r-y).$$

Sapendo che sull'attuatore è presente la saturazione $-1 \leq u \leq 1$

1. si realizzi uno schema anti-windup con tecnica di back-calculation assumendo $T_t = \frac{1}{10}$ s;
2. si simuli per $T=40$ s il comportamento del sistema ad anello chiuso partendo da condizioni iniziali nulle e per riferimento

$$r(t) = \begin{cases} -1 & \text{se } 0 \leq t < 20 \\ 1 & \text{se } t \geq 20. \end{cases}$$

(si visualizzino i segnali di uscita e di riferimento in un unico oscilloscopio)

Esercizio 3 (10 punti)

Sia dato un processo modellato dalla funzione di trasferimento

$$G_p(s) = \frac{100(s+1)}{(s+10)^3(s^2+4s+5)}$$

sul cui ingresso agisce il disturbo

$$d(t) = \begin{cases} 0 & \text{per } t < 50 \\ 1000 & \text{per } t \geq 50. \end{cases}$$

1. Determinata una realizzazione in forma di spazio bilanciata di $G_p(s)$, si determini un modello di ordine ridotto $G_{pr}(s)$ per eliminazione dei tre stati meno significativi.

2. Per il sistema di ordine ridotto, si progetti un compensatore dinamico $C(s)$ in grado di rimuovere il disturbo $d(t)$ e di inseguire il riferimento $r(t) = 50 \sin 0.2t$. Progettare il controllore mediante LQR con peso sull'uscita pari a 10 volte il peso sull'ingresso, l'osservatore piazzando i poli coincidenti in -10.
3. Determinato un equivalente $G_c(z)$ a dati campionati di $C(s)$ con tempo di campionamento $T_s = 0.1$ s, si simuli per $T = 100$ s l'anello costituito dal processo e dal controllore a dati campionati sotto l'effetto del disturbo e del riferimento sopra assegnati.

NOTA: Si richiede al candidato di consegnare (1) il progetto sotto forma di listato Matlab nominando i file come <COGNOME>XX.M) e (2) i modelli Simulink utilizzati per la simulazione nominando i file come <COGNOME>_SIMXX.MDL). Nel caso sia necessario svolgere parti dell'esercizio in forma cartacea, utilizzare lo spazio sottostante.

Cognome e Nome: