

Esame di Controllo Digitale - 22.07.2010

Studente: _____ N. Matricola: _____

Si consideri il problema di controllare la velocità angolare di un braccio robotico connesso all'albero di un motore tramite un giunto elastico. Il comportamento dinamico del sistema meccanico può essere descritto dal modello:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1)$$

$$y = Cx, \quad (2)$$

dove $u \in \mathbb{R}$ e $x = [x_1 \ x_2 \ x_3] \in \mathbb{R}^3$ rappresentano:

- u : coppia motore (Nm),
- x_1 : differenza tra le posizioni angolari del braccio e dell'angolo motore (rad/s),
- x_2 : velocità angolare dell'albero motore (rad/s),
- x_3 : velocità angolare del braccio (rad/s),

e le matrici A , B e C hanno la seguente struttura:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ \alpha - 1 & -\beta_1 & \beta_1 \\ \alpha & \beta_2 & -\beta_2 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ \gamma \\ 0 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

con $\alpha = 0.1$, $\beta_1 = 0.09$, $\beta_2 = 0.01$, $\gamma = 90$.

1. Progettare un sistema di controllo in retroazione dall'uscita y che soddisfi le seguenti specifiche:
 - a) il sistema di controllo è asintoticamente stabile;
 - b) l'uscita y insegue un riferimento $r(t)$ a gradino con errore a regime nullo;
 - c) i poli dominanti del sistema di controllo hanno pulsazione naturale $\omega_n = 1.5 \text{ rad/s}$ e smorzamento $\zeta = 0.7$, mentre gli altri poli sono tali che l'ingresso u nel caso considerato al punto b) non eccede in valore assoluto 5 Nm .
2. Riconsiderare la sintesi effettuata al punto precedente, verificando se è possibile soddisfare le specifiche mediante un controllore di ordine inferiore...
3. Verificare il comportamento del sistema di controllo progettato al punto 2 realizzandone uno schema Simulink ed effettuando una simulazione della durata complessiva di 10 s con condizioni iniziali nulle e $r(t) = 1$ per $t \geq 0$.
4. Ottenere una implementazione digitale del controllore analogico progettato al punto 2, scrivendo l'equazione alle differenze che lega l'ingresso di controllo $u(kT)$ all'errore di inseguimento $e(kT)$. Si scelga un metodo di discretizzazione opportuno ed il massimo tempo di campionamento T che consentano di preservare la stabilità asintotica a fronte di un aumento della sovraelongazione inferiore al 5%.

5. Confrontare e commentare le prestazioni del sistema di controllo nei casi in cui si usi il controllore analogico progettato al punto 2 o la sua versione digitale ricavata al punto 4. A tale scopo si modifichi opportunamente lo schema Simulink realizzato al punto 3 in modo da confrontare il segnale di uscita, l'errore di inseguimento e il segnale di ingresso, nei due casi.
6. Scegliere il tempo di campionamento T in modo tale che un sistema di controllo *dead-beat* progettato sul modello discretizzato del sistema (1)-(2) preservi il tempo di assestamento all'1% della risposta al gradino del sistema di controllo progettato al punto 2.
7. Simulare la risposta al gradino del sistema di controllo a dati campionati formato dal controllore tempo-discreto progettato al punto 6 e dal sistema controllato tempo-continuo. Confrontare, discutendo le differenze, il comportamento transitorio con quello del sistema di controllo progettato al punto 2.

Modalità di consegna dell'elaborato

Al termine della prova, dovrà essere consegnato un *foglio protocollo* in cui si illustrano e commentano le scelte progettuali effettuate, i procedimenti seguiti, i confronti tra diverse soluzioni. Dovranno inoltre essere copiati nella cartella \\Sunto\Esami\ConDig i seguenti file:

- file `nome_cognome_1.m` relativo ai punti 1, 2 e 4 (progetto del controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_sim_1.mdl` relativo ai punti 3 e 5 (simulazione e confronto dei sistemi di controllo con controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_2.m` relativo al punto 6 (progetto del controllore tempo-discreto);
- file `nome_cognome_sim_2.mdl` relativo al punto 7 (simulazione del sistema di controllo a dati campionati).

Attenzione! Durante lo svolgimento della prova, salvare i file in locale, e soltanto al termine copiarli nella cartella specificata, in quanto il sistema impedisce la sovrascrittura.