

Sistema di stabilizzazione meccanico

Author: Prof. Giovanni Russo

Progetto 1

Istruzioni: leggere attentamente le istruzioni riportate di seguito prima di iniziare a lavorare sul progetto e prima di effettuare la sottomissione. La descrizione del progetto é data nella prossima pagina.

- Ogni gruppo (minimo 2 studenti e massimo 3) deve produrre, insieme agli script MATLAB e Simulink, una presentazione di massimo 12 slide, utilizzando il template fornito (i font non possono essere cambiati);
- é necessario inviare il codice/presentazione del progetto entro la data specificata. Inoltre, ogni studente del gruppo deve dichiarare a quali parti ha contribuito (evidenziando questa informazione nella presentazione);
- all'esame, ogni gruppo presenterà il proprio lavoro e il tempo tra gli studenti deve essere diviso equamente. Ciascun gruppo avrà a disposizione per la presentazione 18 minuti;
- l'esame consisterà della presentazione e di un orale (individuale per ogni studente). Durante questa seconda fase, ciascuno studente potrà essere interrogato su tutto il programma con lo scopo di verificare la comprensione individuale delle scelte progettuali e della metodologia dietro tali scelte;
- il progetto é organizzato in WPs e i dettagli relativi all'assegnazione del voto sono forniti nella descrizione al paragrafo successivo;
- tutto il materiale prodotto dagli studenti (e la presentazione) sarà in Italiano;
- tutti i file rilevanti devono essere inviati a giovarusso@unisa.it entro la data sopra specificata.

Nella descrizione del progetto, per gruppo di progetto si intende il gruppo di studenti che svolgerà il progetto.

Come verrà determinato il voto. Il voto finale tiene conto dei seguenti elementi:

- la qualità del codice prodotto dagli studenti (peso: 20%);
- il modo in cui ogni WP è stato risolto (peso: 25%);
- come sono stati presentati i risultati e le conclusioni (peso: 20%);
- come ogni studente ha risposto alle interviste individuali (peso: 35%).

Inoltre, i risultati dei gruppi che lavorano sullo stesso sistema saranno confrontati l'uno con l'altro e questo elemento di *competizione* sarà preso in considerazione nel voto finale.

Organizzazione del lavoro per il progetto. Il progetto può essere sviluppato da gruppi di 2 o 3 studenti. Per gruppi di 3 studenti il lavoro dovrà essere così suddiviso (per i WP si veda la prossima pagina):

- *Studente 1* si occuperà di WP2, WP3 (ovvero la parte di progettazione lineare del progetto);
- *Studente 2* si occuperà del WP4 (quindi controllore basato su feedback linearization);
- *Studente 3* si occuperà del WP5 (controllore basato su gain scheduling);
- gli studenti si occuperanno congiuntamente di tutti gli altri WP.

Per gruppi di 2 studenti, il lavoro dovrà essere così suddiviso:

- *Studente 1* si occuperà del WP4;
- *Studente 2* si occuperà del WP5;
- gli studenti si occuperanno congiuntamente di tutti gli altri WP.

Project description: Sistema di Stabilizzazione Meccanico

Contesto. Al gruppo di progetto é richiesto di valutare le performance di un algoritmo di controllo già disponibile per un sistema di stabilizzazione di una mensola e migliorarne le prestazioni. Il sistema che si intende controllare consiste di una mensola rigida che deve essere stabilizzata nella posizione verticale alta. Come descritto nei WP successivi, il gruppo di progetto deve quindi: (i) individuare (e proporre) possibili miglioramenti per il controllore già esistente (controllore ‘ $v0$ ’); (ii) sviluppare controllori alternativi; (iii) valutare, in senso critico, i vantaggi/svantaggi di ciascuna soluzione; (iv) presentare i risultati.

Descrizione del problema di controllo. Siano $m = 1\text{kg}$ la massa della mensola ed $l = 1\text{m}$ la lunghezza della staffa, $g = 9.81\text{m/s}^2$ l’accelerazione di gravità e $b = 0.1$ il coefficiente di attrito. L’impianto da controllare assegnato al gruppo di progetto é catturato dal seguente modello matematico:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{g}{l} \sin x_1 - \frac{b}{ml^2} x_2 + \frac{u(t)}{ml^2} \\ y = x_1 \end{cases}$$

Per il sistema di sopra: (i) $x_1 = \theta$ é l’angolo formato dalla staffa e l’asse verticale; (ii) $x_2 = \dot{\theta}$ é la velocità angolare; (iii) $u(t)$ é l’ingresso di controllo, ovvero il momento generato al motore; (iv) $x = [x_1, x_2]^T$. Lo scopo del controllore é garantire che, a regime, l’uscita inseguia il riferimento, r .

Task specifici per il gruppo di progetto. Date le informazioni di sopra, i task per il gruppo di progetto sono specificati nei seguenti Work-Package (WP). In particolare:

- WP1** il controllore già esistente $v0$ é nella forma $u(t) = -Kx(t) + k_r r(t)$, dove $K = [18235, 53.9]$ e $k_r = 18235$ ($r(t) = \pi$). Il controllore é stato ottenuto sul sistema linearizzato intorno a $x_e = [\pi, 0]^T$ (con ingresso nullo). Valutare le performance di $v0$ sul sistema nonlineare. Individuare, in particolare, le (possibili) limitazioni di questo controllore supportando i risultati con le analisi/diagrammi che si ritengono opportuni (evidenziando, tra l’altro, tempo di salita, tempo di assestamento, sovra-elongazione);
- WP2** Progettare un nuovo controllore, $v1$, che sia ancora lineare ma che migliori le performance del sistema a ciclo chiuso (evidenziando tempo di salita, tempo di assestamento, sovra-elongazione). Valutare quindi il controllore ottenuto ($r(t) = \pi$);
- WP3** I controllori precedenti retroazionano lo stato completo. Per ridurre i costi dei sensori, progettare un osservatore di stato assumendo che si possa misurare solamente x_1 . Introdurre l’osservatore nel loop di controllo e rivalutare le performance del sistema a ciclo chiuso (per questo WP, usare il controllore $v1$);
- WP4** Progettare un nuovo controllore, $v2$, basato sulla feedback linearization ($r(t) = \pi$). Valutare il controllore e confrontarne le performance con $v1$. Il gruppo discuta come modificare il controllore per inseguire riferimenti tempo-varianti (non é necessario fornire simulazioni);
- WP5** Progettare un nuovo controllore, $v3$, basato sul gain scheduling ($r(t) = \pi$). Valutare il controllore e confrontarne le performance con $v2$. Fornire inoltre diagrammi di simulazione per riferimenti tempo varianti (gli $r(t)$ sono a scelta del gruppo);
- WP6** Presentare i risultati usando il template di presentazione allegato. La presentazione dovrà concludersi specificando quale controllore il gruppo raccomanda di utilizzare (e perché).