

## 4. laboratorijska vježba



## Linearizacija u povratnoj vezi

Ime i prezime:

JMBAG:

## UVODNE NAPOMENE

- **Cilj vježbe**  
Upoznati se s postupkom linearizacije sustava upravljanja u povratnoj vezi.
- **Priprema**  
Proučite poglavlja u knjizi i predavanjima o linearizaciji u povratnoj vezi.  
Ova se vježba radi u Matlabu.
- **Korisne Matlab funkcije:**  
linmod, acker, ss, jacobian, diff, place
- **Uputa o predaji izvještaja:**

Popunjeni PDF obrazac potrebno je predati kroz sustav Moodle u kartici LV4 (NSU) - Linearizacija u povratnoj vezi, te ga imenovati "Lab4\_linearizacija\_pv\_PREZIME\_IME\_JMBAG.pdf". U isti PDF obrazac treba prilijepiti i tražene slike na prikladnim mjestima u dokumentu. Slike moraju biti u .bmp, .jpg ili .png formatu a prilijepiti ih možete tako da u Adobe Acrobat programu slijedite sljedeće poveznice: Tools → Comment & Markup → Attach a File as a Comment. Pitanja i nedoumice oko zadataka na laboratorijskoj vježbi možete uputiti na adresu [luka.mandic@fer.hr](mailto:luka.mandic@fer.hr)

## RAD NA VJEŽBI



## ZADATAK 1 : Linearizacija sustava postupkom tangente

Na slici 1 prikazan je sustav sastavljen od manipulatora s jednim člankom i pomičnim zglobovom koji radi u vertikalnoj ravnini.

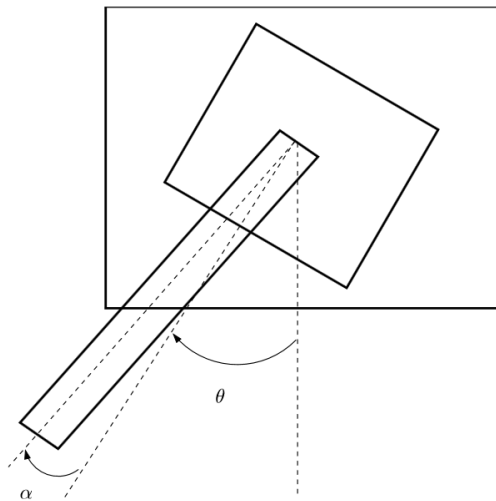
Općenito, jednačbe koje opisuju nelinearni sustav imaju oblik:

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u \quad (1)$$

$$y = h(x) \quad (2)$$

Za varijable stanja odabrane su veličine zakreta motora zgloba  $\theta$  te otklon članka  $\alpha$ . Ulaz u sustav  $u$  predstavlja napon na motoru zgloba. Vektor stanja glasi  $x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ \alpha \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix}$ . Prema tome, za zadani nelinearni sustav vrijede jednačbe dobivene iz Lagrangeovih jednakosti:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} x_3 \\ x_4 \\ \frac{K_s}{J_h}x_2 - \frac{K_m^2 K_g^2}{R_m J_h}x_3 + \frac{K_g K_m}{J_h R_m}u \\ -(\frac{K_s}{J_h} + \frac{K_s}{J_l})x_2 + \frac{mgh}{J_l} \sin(x_1 + x_2) + \frac{K_m^2 K_g^2}{R_m J_h}x_3 - \frac{K_g K_m}{J_h R_m}u \end{bmatrix} \quad (3)$$



Slika 1: Manipulator s pomičnim zglobovom.

$K_s$	1.61	N/m
$J_h$	0.0021	kgm <sup>2</sup>
$m$	0.4	kg
$g$	-9.81	N/m
$h$	0.06	m
$K_m$	0.00767	N/rad/s
$J_l$	0.0059	kgm <sup>2</sup>
$R_m$	2.6	$\omega$
$K_g$	70	/


Tablica 1: Vrijednosti parametara sustava.

Za izlaz sustava izabrana je pozicija vrha članka, tj.

$$y = x_1 + x_2 \quad (4)$$

Vrijednosti parametara sustava dane su u tablici 1.

- a) Linearizirajte zadani sustav oko ravnotežnog stanja  $(0, 0)$  postupkom tangente (*Napomena: koristite funkciju linmod*). Simulacijom u Simulinku usporedite odzive nelinearnog i lineariziranog sustava te sliku priložite na označeno mjesto. Dobivene matrice koje opisuju linearni sustav u prostoru stanja upišite u prikladna polja.

✖ Dobivenu sliku priložite ovdje → 


$A=$

$B=$

$C=$

$D=$

- b) Za linearizirani sustav iz a) dijela zadatka projektirajte regulator po varijablama stanja koji će održavati vrh manipulatora u odabranoj točki. Neka sustav ima dominantan par kompleksnih polova smješten u  $p_{3,4} = -3 \pm j$ . Sliku dobivenu simulacijom odziva ostvarenog sustava u Simulinku priložite na označeno mjesto, a korištene vrijednosti pojačanja regulatora  $K$  upišite u prikladno polje.

✕ Dobivenu sliku priložite ovdje → 

$K=$



### ZADATAK 2 : Linearizacija u povratnoj vezi

Zadani sustav potrebno je linearizirati korištenjem metode linearizacije u povratnoj vezi.

- a) Korištenjem Lijeve algebre odredite relativni stupanj ovako zadanog sustava.

$r=$

Usporedite relativni stupanj i red sustava. Zašto je njihov odnos bitan?

Provedite ostatak postupka *input-output* linearizacije u povratnoj vezi. Dobiveni izraz za modifikaciju ulaza upišite u za to predviđeno polje.

$v=$

- b) Ponovite postupak projektiranja regulatora za linearizirani sustav iz a) dijela zadatka. Simulacijom modela u Simulinku usporedite odzive novodobivenog sustava i sustava iz zadatka 1.b) na skokovite pobude amplitude 1, 10 i 100, te sliku priložite na označeno mjesto. Korištene vrijednosti pojačanja regulatora  $K$  upišite u za to predviđeno polje.

✕ Dobivenu sliku priložite ovdje →   

$K=$

Napišite zaključke do kojih ste došli.