



## Četvrta laboratorijska vježba

# Neparametarski postupci identifikacije

Ime i prezime:

JMBAG:

### UVODNE NAPOMENE

- **Svrha vježbe**

Ovladati jednostavnim neparametarskim postupcima identifikacije sustava.

- **Priprema**

Ova vježba radi se u programskom paketu MATLAB. Identificiraju se neparametarski modeli (frekvencijska karakteristika, težinska funkcija, prijelazna funkcija) tromasenog elektromehaničkog sustava. Uz vježbu dobivate dodatne materijale koji se sastoje od MATLAB funkcija i skripti. Jednadžbe koje opisuju tromaseni elektromehanički sustav nalaze se na 9. prikaznici 3. predavanja. Za graničnu frekvenciju sustava uzmite  $\omega_g = 60 \text{ [rad/s]}$ .

Proučite poglavlje predavanja o neparametarskim postupcima identifikacije i upoznajte se s funkcijama System Identification Toolbox paketa koje se koriste na ovoj vježbi. Proučite dodatne MATLAB datoteke koje su vam dane i upoznajte se sa sustavima koje ćete identificirati.

- **Inačica Matlaba u kojoj su dodatne Matlab datoteke izrađene:**

8.2.0.701 (R2013b)

- **Matlab toolboxi potrebni za vježbu:**

Simulink, System Identification Toolbox

- **Korisne Matlab funkcije:**

help, ident, idplot, dtrend, iddata, spa, cra, impulse, idfrd, fft, idinput, hann, bode, plot, xcorr

Uz upute su priložene skripte `tmass_ss.m`, `spektralnaAnaliza.m` te Simulink model `tromaseni_model.mdl`. Prije korištenja modela u Simulinku potrebno je pokrenuti skriptu `tmass_ss.m`, čime se u workspace upisuju matrice modela tromasenog sustava u prostoru stanja. U Simulink modelu nalazi se model s mjernim šumom i poremećajem, idealni model, chirp blok za pobudu sustava te blok za PRBS pobudu koji se koristi u drugom zadatku. Dodatno su uključeni blokovi za snimanje podataka.

### RAD NA VJEŽBI



#### **ZADATAK 1 : Identifikacija sustava tromasenog elektromehaničkog sloga zasnovana na Fourierovoj i spektralnoj analizi**

- Frekvencija chirp signala korištenog u identifikacijskom eksperimentu raste od početne frekvencije  $f_{poc} = 0 \text{ Hz}$  do završne frekvencije  $f_{zav} = 10 \text{ Hz}$ . Potrebno je odrediti vrijeme snimanja podataka tako da rezolucija u frekvencijskoj domeni bude  $\Delta\omega = 0.1 \text{ [rad/s]}$ . Amplitudu chirp signala odredite tako da srednja vrijednost amplitude izlaza dobivenog izvršavanjem `fft` naredbe u zanimljivom rasponu frekvencija bude približno 188.

Vrijeme uzorkovanja potrebno je odabrati tako da je frekvencija uzorkovanja 10 puta veća od završne frekvencije pobude.

Prije pokretanja simulacije provjerite i po potrebi podesite parametre pobudnog signala. Nacrtajte (i) pobudni *chirp* signal na jednoj podslici, (ii) odziv modela (pomak prve mase  $x_1$ ) sa šumom i (iii) odziv idealnog na drugoj podslici i **priložite ih ovdje** → .

Prije provođenja identifikacije potrebno je ukloniti postojeću istosmjernu komponentu (engl. *DC offset*, naredba `dtrend`). Kod realnih mjerenja istosmjerna komponenta u naponskim signalima s potenciometarskih senzora pomaka posljedica je početnog položaja potenciometra koji ne odgovara uvijek razini od 0 V.

Nacrtajte (i) pobudni signal na jednoj podslici, te (ii) odziv sustava (pomak prve mase  $x_1$ ) dobiven nakon obrade mjernih podataka i (iii) odziv modela bez šuma na drugoj podslici i **priložite ih ovdje** → .

- b) Proučite priloženu MATLAB funkciju `spektralnaAnaliza.m` za identifikaciju frekvencijske karakteristike sustava postupkom spektralne analize. U funkciji, na označenim mjestima, treba implementirati funkcionalnost koja nedostaje. Korištenjem dopunjene funkcije provedite postupak identifikacije za tri različite vrijednosti širine vremenskog otvora  $H$  te usporedite dobivene rezultate. **Ovdje priložite kod** → dopunjene funkcije. Odredite prijenosnu funkciju idealnog modela (definiranog A,B,C,D matricama) s ulaza na prvi izlaz (pomak prve mase nalazi se na prvom izlazu). Frekvencijsku karakteristiku te funkcije potrebno je prikazati na svakom grafu na kojem se prikazuju estimirane frekvencijske karakteristike (ona služi kao referentna karakteristika - što je estimirana karakteristika sličnija, to je estimacija bolja).

Za provjeru postupka identifikacije pomoću funkcije `spektralnaAnaliza.m` može se koristiti i MATLAB funkcija `spa.m` u sklopu Identification Toolboxa.

Nacrtajte dobivene frekvencijske karakteristike na istoj slici (`bodeplot`), usporedite ih i sliku **priložite ovdje** → .

U tablicu 1 upišite dobivene karakteristične frekvencije sustava.

**Napomena:** Postupak identifikacije zasnovan na spektralnoj analizi i implementiran u funkciji `spektralnaAnaliza.m/spa.m` temelji se na sljedećoj relaciji:

$$G(e^{j\omega T}) = \frac{S_{uy}(e^{j\omega T})}{S_{uu}(e^{j\omega T})}. \quad (1)$$

Spektri snage u izrazu (1) predstavljaju diskretne Fourierove transformacije (DFT) autokorelacijske funkcije  $R_{uu}$ , odnosno međukorelacijske funkcije  $R_{uy}$ :

$$S_{uu}(e^{j\omega T}) = \sum_{\tau=-H}^H R_{uu}(\tau)w(\tau)e^{-j\tau\omega} \quad (2)$$

$$S_{uy}(e^{j\omega T}) = \sum_{\tau=-H}^H R_{uy}(\tau)w(\tau)e^{-j\tau\omega} \quad (3)$$

gdje  $w(\tau)$  predstavlja centriranu funkciju *Hannovog* prozora. U MATLAB-u je Hannov prozor implementiran u funkciji `hann.m`, no taj prozor nije centriran.

Širina vremenskog otvora  $H$  odabire se tako da se u izračun spektra snage autokorelacijske i međukorelacijske funkcije uključi samo onaj dio autokorelacijske i međukorelacijske funkcije koji opisuje dinamiku sustava, a odbacuje se onaj dio koji je posljedica konačne duljine podataka i šuma.

**Uputa:** Širinu vremenskog otvora odredite tako da izračunate potrebnu autokorelacijsku i međukorelacijsku funkciju (naredba `xcorr`), nacrtate ih i na temelju toga procijenite iznos  $H$ . Rezultatima procesa identifikacije provedenih za tri različite širine vremenskog otvora - procijenjenu širinu te manji i veći iznos vremenskog otvora - popunite odgovarajuća tri stupca tablice 1.

	Stvarna	Procijenjeni otvor $H_1 =$	Manji otvor $H_2 =$	Veći otvor $H_3 =$	omjer DFT-a izlaza i ulaza
$\omega_{e1}$	42.96 [rad/s]				
$\omega_{e2}$	23.87 [rad/s]				
$\omega_{e3}$	9.20 [rad/s]				
$\omega_{f1}$	13.56 [rad/s]				
$\omega_{f2}$	38.07 [rad/s]				

Tablica 1: Karakteristične frekvencije sustava

- c) Identificirajte frekvencijsku karakteristiku i putem omjera DFT izlaza i ulaza sustava:

$$G(e^{j\omega T}) = \frac{\text{DFT}(y(t))}{\text{DFT}(u(t))}. \quad (4)$$

Za proračun frekvencijskog spektra signala koristite MATLAB funkciju `fft.m`. Dobivenu frekvencijsku karakteristiku pobude i odziva prikažite koristeći naredbu `subplot` te je **priložite ovdje**  $\rightarrow$  , a iznose karakterističnih frekvencija dobivene ovim postupkom upišite u posljednji stupac tablice 1. Na posebnom grafu prikažite frekvencijske karakteristike idealnog modela i estimiranu pomoću DFT-a.

- d) Kako širina vremenskog otvora utječe na rezultate identifikacije, što se postiže povećanjem i smanjenjem širine otvora?

- e) Koja a-priori znanja o sustavu trebamo imati ako sustav pobuđujemo *chirp* signalom?


**ZADATAK 2 : Identifikacija sustava tromasenog elektromehaničkog sloga zasnovana na korelacijskoj analizi**

U ovoj je vježbi potrebno koristiti PRBS signal za pobudu sustava, i to m-impuslni slijed. PRBS signal ostvaruje se korištenjem `repeating sequence stairs` bloka, i naredbe `idinput.m`.

- a) Odredite parametre m-impuslnog slijeda korištenog u eksperimentu. Amplitudu ( $c$ ) m-impuslnog slijeda odredite tako da spektralna gustoća snage na graničnoj frekvenciji bude jednaka  $S_{uu}(\omega_g) = 0.00691$ .

$$\begin{aligned}\Delta t[s] &= \quad , \\ N &= \quad , \\ c &= \quad .\end{aligned}$$

Parametri PRBS signala određeni su prema preporukama koje su dane u 3. predavanju na prikaznicama 44, te vezano uz spektar snage m-impuslnog slijeda na prikaznici 37. U skladu s preporukama komentirajte odabrani skup parametara PRBS signala u tablici 2.

$\Delta t$	
$N$	
$c$	

Tablica 2: Odabir parametara PRBS signala.

- b) Koristeći snimljene podatke estimirajte težinsku funkciju procesa korištenjem korelacijske analize. Nacrtajte podatke ulaznog i izlaznog signala korištene u postupku identifikacije te estimiranu prijelaznu funkciju procesa i slike **priložite ovdje**  $\rightarrow$  .

Usporedite estimiranu težinsku funkciju procesa s eksperimentalno (u simulaciji) dobivenom težinskom funkcijom idealnog modela (paziti na skaliranja pri usporedbi kontinuiranog i estimiranog-diskretnog odziva) i sliku **priložite ovdje**  $\rightarrow$  .

**Napomena:** Vlastitu implementaciju korelacijske analize moguće je usporediti s korelacijskom analizom implementiranom u funkciji `cra.m`. Funkcijom `cra.m` određena je težinska funkcija sustava (pritom vrijedi  $g(k) \approx \frac{1}{c} R_{uy}(k)$ ).