



3. laboratorijska vježba

Prinudne oscilacije

Ime i prezime:

JMBAG:

UVODNE NAPOMENE

- **Cilj vježbe**

Upoznati se s pojavom prinudnih oscilacija te upotrebom Dither signala u svrhu linearizacije zatvorenog kruga upravljanja.

- **Priprema**

Proučite poglavlja u knjizi i predavanjima o prinudnim oscilacijama.

Ova se vježba radi u Matlabu.

- **Korisne Matlab funkcije:**

ezplot, tf, nyquist, subplot, freqresp, scirc1

- **Uputa o predaji izvještaja:**

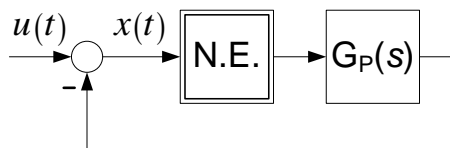
Popunjeni PDF obrazac potrebno je predati kroz sustav Moodle u kartici LV3 (NSU) - Prinudne oscilacije, te ga imenovati "Lab3_prinudne_oscilacije_PREZIME_IME_JMBAG.pdf". U isti PDF obrazac treba prilijepiti i tražene slike na prikladnim mjestima u dokumentu. Slike moraju biti u .bmp, .jpg ili .png formatu 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

RAD NA VJEŽBI



ZADATAK 1 : Grafički postupak za određivanje prinudnih oscilacija

Uobičajen prikaz zatvorenog kruga upravljanja sa nelinearnim elementom prikazan je na slici 1 gdje je N.E. nelinearni element.



Slika 1: Zatvoreni krug upravljanja s nelinearnim elementom.

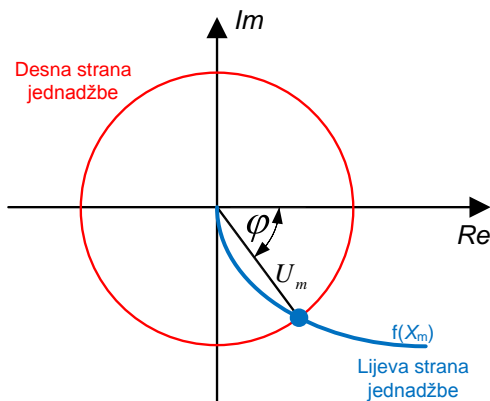
U slučaju da je na ulazu sustava harmonička pobuda oblika $u(t) = U_m \sin(\omega_u t)$ na ulazu u nelinearni element može doći do pojave prinudnih oscilacija koje možemo pisati u obliku $x(t) = X_m \sin(\omega_u t + \varphi)$. Uz pretpostavku da je opisna funkcija nelinearnog elementa oblika $G_N(X_m) = P_N(X_m) + jQ_N(X_m)$ može se postaviti jednačba zatvorenog kruga koji oscilira kako slijedi:

$$[1 + G_N(X_m)G_P(j\omega_u)]x(t) = u(t). \quad (1)$$

Ako je $G_P(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$ i budući da je $x(t) = X_m \sin(\omega_u t + \varphi) = X_m \sin(\omega_u t)e^{j\varphi}$ može se pisati

$$X_m \frac{A(j\omega_u) + [P_N(X_m) + jQ_N(X_m)]B(j\omega_u)}{A(j\omega_u)} = U_m e^{-j\varphi} \quad (2)$$

Uz poznatu frekvenciju prinudnih oscilacija ω_u , lijeva strana jednadžbe je kompleksna funkcija s promjenjivim parametrom X_m . Desna strana jednadžbe se u kompleksnoj ravni može prikazati kao kružnica radijusa U_m sa središtem u ishodištu. Presjecište ove dvije krivulje, ukoliko postoji, jest točka koja je određena parametrima X_m (amplituda prinudnih oscilacija) i φ (fazno zaostajanje prinudnih oscilacija za pobudnim signalom) kao što je prikazano slikom 2.



Slika 2: Grafički prikaz jednadžbe (2).

Nelinearni element u zatvorenom krugu upravljanja prikazanom slikom 1 je zona neosjetljivosti čija je opisna funkcija dana s (3) gdje je $x_a = 3$.

$$G_N(X_m) = 1 - \frac{2}{\pi} \left[\arcsin \frac{x_a}{X_m} + \frac{x_a}{X_m} \sqrt{1 - \left(\frac{x_a}{X_m} \right)^2} \right] \quad (3)$$

Proces $G_P(s)$ koji se nalazi u zatvorenom krugu upravljanja je oblika

$$G_P(s) = K \frac{T_d s + 1}{s(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (4)$$



gdje su $K = 2$, $T_1 = 0.2$, $T_2 = 0.3$ i $T_d = 0.4$.

- a) Napišite m-funkciju koja za zadani nelinearni element generira dvije slike. Prva slika neka prikazuje zasebno lijevu i desnu stranu jednadžbe (2) a druga slika neka prikazuje lijevu stranu jednadžbe u ovisnosti o X_m . Zaglavlje m-funkcije neka bude oblika `lab4(Gp, xa, omega_u, Um)` gdje su

<code>Gp</code>	- prijenosna funkcija linearnog dijela sustava
<code>xa</code>	- širina zone neosjetljivosti
<code>omega_u</code>	- frekvencija pobudnog monoharmoničkog signala
<code>Um</code>	- amplituda pobudnog monoharmoničkog signala

Kôd upišite u prostor dolje.


- b) Korištenjem funkcije dobivene u a) dijelu zadatka, odredite amplitudu i fazu prinudnih oscilacija koje se uspostave uz pobudni signal amplitude $U_m = 10$ i frekvencije $\omega_u = 1 \frac{rad}{s}$. Sliku dobivenu funkcijom lab4 priložite na označeno mjesto a tražene vrijednosti upišite u prikladno polje.

✦ Dobivenu sliku priložite ovdje →  

$X_{m,graficki} =$

$\varphi_{graficki} =$

- c) Realizirajte nelinearni krug upravljanja u Simulinku i simulacijom provjerite rezultate dobivene u prethodnom dijelu zadatka. Sliku s usporedno prikazanim pobudnim signalom i prinudnih oscilacijama priložite na označeno mjesto (na slici neka se vide otprilike dvije periode ustaljenih oscilacija) a tražene vrijednosti upišite u prikladno polje.

✦ Dobivenu sliku priložite ovdje → 

$X_{m,simulacijom} =$



$\varphi_{simulacijom} =$

- d) Korištenjem funkcije dobivene u a) dijelu zadatka, odredite minimalan iznos amplitude pobudnog signala frekvencije $\omega_u = 1 \frac{rad}{s}$ koji dovodi do pojave prinudnih oscilacija i upišite ga u prikladno polje.

$U_{m,min,graficki} =$



- e) Realizirajte nelinearni krug upravljanja u Simulinku i simulacijom provjerite za koji minimalni iznos dolazi do pojave prinudnih oscilacija.

$U_{m,min,simulacijom} =$




ZADATAK 2 : Linearizacija korištenjem Dither signala

Dither signal je signal visoke frekvencije koji se ubacuje u nelinearni sustav upravljanja u svrhu linearizacije. Najjednostavniji oblik Dither signala je monoharmonički signal. Dither signal ne uvodi sustav u prinudne oscilacije.

Frekvencija i amplituda Dither signala mora biti pažljivo odabrana. Amplituda Dithera se bira tako da bude nešto manja od granične amplitude pri kojoj bi došlo do prinudnih oscilacija. Frekvenciju treba

odabrati dovoljno visoku tako da iako slučajno dođe do pojave prinudnih oscilacija one budu dovoljno visoke frekvencije da ih linearni dio sustava isfiltrira, odnosno da se ne osjeti prisustvo Dithera na izlaznom signalu. Uz to, Dither mora biti takav da kada je sustav u radnoj točki, izlaz iz nelinearnog elementa nije aktivan, tj. da ne postoji stalno djelovanje upravljačke veličine na proces (da se izvršni element ne troši).


- a) Nizom eksperimenata potrebno je odrediti pojačanje zatvorenog kruga upravljanja. Na ulaz sustava dovodite skokovite pobude u rasponu amplituda $[1, 20]$ s korakom 1. Za svaki eksperiment odredite izlaz u ustaljenom stanju. Odredite pojačanje zatvorenog kruga upravljanja za svaki eksperiment, te grafički prikažite pojačanje zatvorenog kruga u odnosu na iznos ulaznog signala.

✂ Dobivenu sliku priložite ovdje → 


- b) Korištenjem funkcije iz zadatka 1.a) odredite graničnu amplitudu pri kojoj dolazi do pojave prinudnih oscilacija ako je frekvencija ulaznog signala $\omega_u = 20 \frac{rad}{s}$.

$U_{m,min} =$   

Ponovite a) dio zadatka uz Dither signal izračunate granične amplitude i zadane frekvencije.

✂ Dobivenu sliku priložite ovdje → 

- c) Prethodne dvije slike (iz podzadataka 2a) i 2b)) prikažite usporedno.

✂ Dobivenu sliku priložite ovdje → 

U polje koje slijedi navedite zaključke do kojih ste došli.