

2. laboratorijska vježba



Opisna funkcija i vlastite oscilacije

Ime i prezime:

JMBAG:

UVODNE NAPOMENE

• Cilj vježbe

Upoznati se sa eksperimentalnim načinom određivanja opisne funkcije i shvatiti efekt vlastitih oscilacija koji se javlja u nelinearnim sustavima upravljanja.

• Priprema

Proučite poglavlja u knjizi i predavanjima o opisnoj funkciji i vlastitim oscilacijama.

Ova se vježba radi u Matlabu.

• Korisne Matlab funkcije:

ezplot, tf, nyquist, subplot

• Uputa o predaji izvještaja:

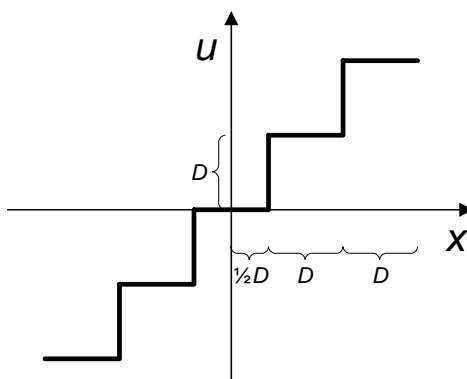
Popunjeni PDF obrazac potrebno je predati kroz sustav Moodle u kartici LV2 (NSU) - Opisna funkcija i vlastite oscilacije. PDF obrazac imenovati "Lab2_vlastite_oscilacije_PREZIME_IME_JMBAG.pdf". U isti PDF obrazac treba prilijepiti i tražene slike na prikladnim mjestima u dokumentu. Slike moraju biti 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 : Eksperimentalno određivanje opisne funkcije

Kvantizator, prikazan slikom 1, je nelinearni element koji se inherentno javlja u svim digitalnim sustavima upravljanja. Parametar D je razina kvantizacije kvantizatora.



Slika 1: Kvantizator.

Opisna funkcija kvantizatora ovisi o broju aktiviranih razina kvantizatora. Ako je aktivirana samo jedna razina, odnosno ako je amplituda oscilacija X_m , $\frac{D}{2} < X_m < \frac{3D}{2}$ opisna funkcija je oblika

$$G_{N1}(X_m) = \frac{4D}{\pi X_m} \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{D}{X_m}\right)^2}, \quad (1)$$

u slučaju da su aktivirane dvije razine, $\frac{3D}{2} < X_m < \frac{5D}{2}$ opisna funkcija je oblika

$$G_{N2}(X_m) = \frac{4D}{\pi X_m} \left(\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{D}{X_m}\right)^2} + \sqrt{1 - \left(\frac{3}{2}\right)^2 \left(\frac{D}{X_m}\right)^2} \right). \quad (2)$$

U općem obliku se opisna funkcija kvantizatora može zapisati kao


$$G_N(X_m) = \begin{cases} 0, & X_m < \frac{D}{2} \\ \frac{4D}{\pi X_m} \sum_{k=1}^n \sqrt{1 - \left(\frac{2k-1}{2} \frac{D}{X_m}\right)^2}, & \frac{2n-1}{2} D < X_m < \frac{2n+1}{2} D \end{cases} \quad (3)$$

Eksperimentalno određivanje opisne funkcije nelinearnog elementa svodi se na snimanje odziva nelinearnog elementa uz monoharmoničku pobudu. Drugim riječima, odabere se sinusni signal $x(t) = X_m \sin(\omega t)$ proizvoljne frekvencije ω i u svakom eksperimentu mu se mijenja amplituda X_m . Budući da se u svakom pojedinom eksperimentu na izlazu iz nelinearnosti generiraju viši harmonici (a opisna funkcija daje vezu između izlazne i ulazne amplitude osnovnog harmonika), potrebno je izlazni signal filtrirati tako da se zadrži samo osnovni harmonik, tj. da se dobije $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$. Jedan od načina je iskoristiti filter oblika

$$G_f(s) = \frac{(\sqrt{2}\omega)^n}{(s + \omega)^n} \quad (4)$$

gdje je ω frekvencija osnovnog harmonika a n red filtra – što je viši red, viši harmonici će biti bolje prigušeni. No, što je red filtra viši, trebat će duže vremena da se postignu ustaljene oscilacije. Ovakav filter ima pojačanje 1 na frekvenciji osnovnog harmonika ω . Sada se na osnovu omjera amplitude ulaznog i izlaznog filtriranog sinusnog signala $\left(\frac{U_m}{X_m}\right)$ može odrediti pojačanje opisne funkcije ($|G_N(X_m)|$), a na osnovu pomaka dvaju signala kut opisne funkcije ($\varphi = \angle G_N(X_m)$).

- Eksperimentalno odredite opisnu funkciju kvantizatora s razinom kvantizacije $D = 0.1$. Pri tome koristite odgovarajući oblik filtra $G_f(s)$. Rezultate pojedinih eksperimenata upišite u Tablicu 1.
- Korištenjem naredbe `ezplot` nacrtajte krivulju koja analitički opisuje realni dio opisne funkcije kvantizatora u ovisnosti o $\frac{X_m}{D}$. Na apscisi neka područje prikaza bude $0 < \frac{X_m}{D} < \frac{7}{2}$. Na istoj slici označite križićima podatke koje ste dobili eksperimentalnim određivanjem opisne funkcije.

✂ Dobivenu sliku priložite ovdje → 

- Postoje li razlike u stvarnim i analitički dobivenim vrijednostima? Zašto?

X_m	U_m	$P_N(X_m)$	$Q_N(X_m)$
0.04			
0.06			
0.08			
0.1			
0.12			
0.14			
0.16			
0.18			
0.2			
0.22			
0.24			
0.26			

Tablica 1: Rezultati eksperimentalnog određivanja opisne funkcije

- d) Odredite omjer $\frac{X_m}{D}$ za koji opisna funkcija poprima najveću vrijednost.

$$\frac{X_m}{D}_{max} =$$

Koje područje u Nyquistovoj ravnini zauzima inverzna negativna opisna funkcija kvantizatora ($-G_N^{-1}$)?



Neka je amplitudno osiguranje označeno sa A_O . U Nyquistovom dijagramu $-\frac{1}{A_O}$ je presjecište Nyquistovog dijagrama procesa sa realnom osi. Korištenjem Goldfarbovog principa i prethodno određenog područja koje u Nyquistovom dijagramu zauzima inverzna negativna opisna funkcija kvantizatora, odredite koliko mora biti amplitudno osiguranje da ne dođe do pojave vlastitih oscilacija.

$$A_{O,min} =$$



ZADATAK 2 : Analiza vlastitih oscilacija

Zadan je proces opisan prijenosnom funkcijom oblika

$$G(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T s + 1)^2} \quad (5)$$

Sustavom se upravlja PI regulatorom koji ima kontinuiranu funkciju prijenosa

$$G_R(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_R s} \right). \quad (6)$$

Budući da je regulator realiziran na računalu, njegovo djelovanje može se simulirati dodavanjem kvantizatora za izlaz. Integralna vremenska konstanta regulatora T_R je postavljena tako da poništava dominantnu vremensku konstantu procesa T_1 .

- a) Analitički odredite područje iznos pojačanja regulatora K_R koji osigurava da ne dođe do pojave vlastitih oscilacija zbog kvantizatora. *Naputak:* Koristite Goldfarbov princip.

$K_R \in$ 

- b) U Simulinku realizirajte simulacijsku shemu upravljanja zadanim procesom $G(s)$ uz $K = 20$, $T_1 = 3$, $T = 2$. Koristite zadani kontinuirani oblik PI regulatora na izlazu kojega se nalazi kvantizator s razinom kvantizacije $D = 0.1$.
- b) Podesite K_R tako da nema vlastitih oscilacija, narinite referencu iznosa $y_{ref} = 8$ i provedite simulaciju. Ulazni i izlazni signal u kvantizator spremite kao sliku i neka u slici piše iznos pojačanja regulatora K_R .

✚ Dobivenu sliku priložite ovdje →



- c) Zadržite isto pojačanje K_R kao u prethodnom dijelu zadatka i narinite referencu iznosa $y_{ref} = 11$ i provedite simulaciju. Jesu li se pojavile vlastite oscilacije? Objasnite i navedite iznos pojačanja koje ste koristili.



- d) Podesite najmanji K_R tako da se pojave vlastite oscilacije, narinite referencu iznosa $y_{ref} = 8$ i provedite simulaciju. Ulazni i izlazni signal u kvantizator spremite kao sliku i neka u slici piše iznos pojačanja regulatora K_R .

✚ Dobivenu sliku priložite ovdje →



- d) Provođenjem simulacija, odredite graničnu vrijednost mjesta presjeka Nyquistove krivulje linearnog dijela otvorenog kruga (proces + regulator) pri kojoj dolazi do pojave vlastitih oscilacija. Zapišite tu vrijednost na dvije decimale u kućicu dolje.



Razlikuje li se od one dobivene analitički? Zašto?