

PROJEKAT IZ FUZZY LOGIKE

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U BEOGRADU, ODSEK ZA SIGNALE
I SISTEME, NEURALNE MREZE



Dragana Ninkovic 2019/0052
Ana Cirkovic 2019/0119

20. februar 2023.

1 Tekst zadatka

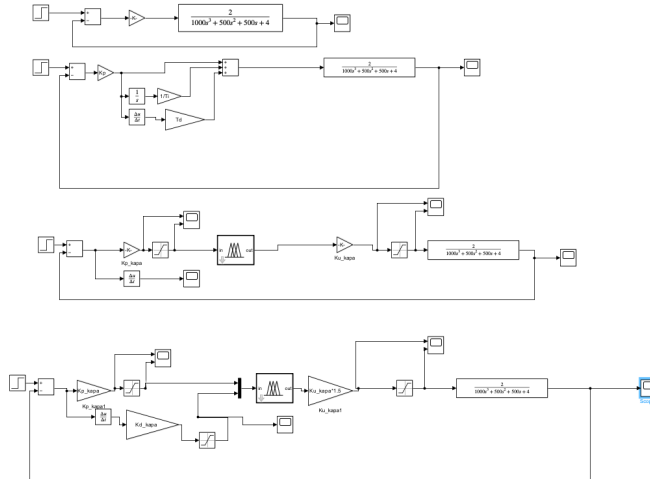
- Opređeliti se za jedan od pristupa projektovanju fuzzy upravljanja: intuitivni ili fazifikacija konvencionalnog upravljanja. U skladu sa opredeljenjem, projektovati po izboru jedan sistem fuzzy upravljanja za pracenje referentne vrednosti objekta upravljanja zadatog varijantom V. Postupak projektovanja, usvojenu strukturu i konkretno podesavanje parametara regulatora navesti u izveštaju. Napraviti Simulink model sistema upravljanja zadatim objektom u zatvorenoj sprezi. Realizovati odziv na step referentne vrednosti sa minimalne vrednosti na maksimalnu vrednost.

- Opređeliti se za jedan od pristupa projektovanju fuzzy upravljanja: intuitivni ili fazifikacija konvencionalnog upravljanja, pa projektovati jedan sistem fuzzy upravljanja za potiskivanje nemerljivog poremećaja na ulazu objekta upravljanja zadatog varijantom V. Smatrati da je referentna vrednost uvek $r = 0$ i da je očekivana maksimalna amplituda poremećaja jednaka polovini maksimalne amplitude upravljackog signala. Napraviti Simulink model sistema upravljanja zadatim objektom u zatvorenoj sprezi. Realizovati odziv na sledeći vremenski profil poremećaja: step sa nulte na maksimalnu moguću vrednost, pa, nakon smirivanja tranzijenta, step na minimalnu moguću vrednost.

- Prikazati vremenske oblike signala upravljanja, regulisane varijable (signala na izlazu objekta upravljanja) i signala na neposrednom ulazu u fuzzy inference sistema za oba sistema. Na osnovu dobijenih rezultata sumirati osobine projektovanih sistema upravljanja.

$$V = 3 \quad r = [-3, 3] \quad u = [-15, 15]$$

$$G(s) = \frac{2}{1000 * s^3 + 500 * s^2 + 500 * s + 4}$$

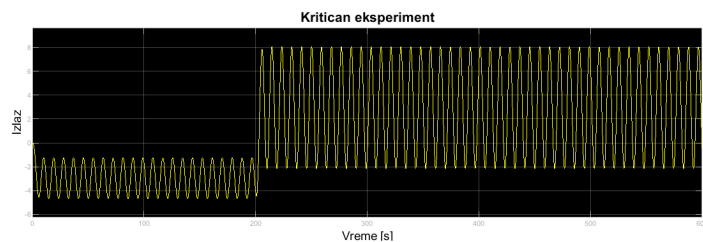


Slika 1 Uproscena sema razvojnog sistema

2 Podesavanje konvencionalnog PID kontrolera

Podesavanje parametara PID kontrolera uradjeno je pomocu kriticnog eksperimenta. Sa slike se moze videti da su optimalni parametri

$$K_{kr} = 123 \quad i \quad T_{kr} = 8.89s$$



Slika 2 Kritican eksperiment

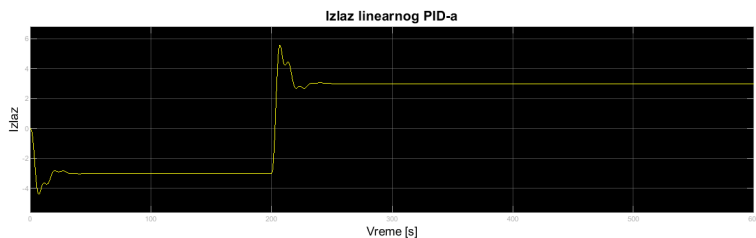
Na osnovu Ziegler Nicholsove procedure (formule su prikazane u kodu) dobijamo vrednosti parametara PID-a

$$T_i = 4.445 \quad T_d = 1.111 \quad K_p = 73.8$$

```
clear; close all; clc;
%% referenca
Kkr = 123;
Tkr = 8.89;

Kp = 0.6*Kkr;
Ti = Tkr/2;
Td = Tkr/8;
```

Izlaz sistema kontrolisanog sa ovako podesenim PID-om je:



Slika 3 Izlaz sa obicnim PID-om

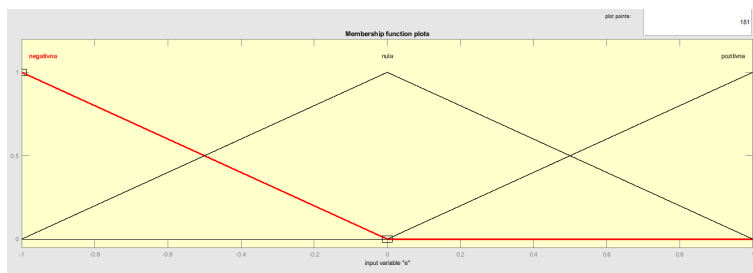
3 P fuzzy kontroler

Ovim kontrolerom posmatramo da je upravljanje linearna funkcija proporcionalnog dejstva sto nam ne daje mnogo prostora za popravljjanje sistema. Podesavanje parametara u semi za P fuzzy kontroler je prikazano u kodu. Kada se sracunaju dobije se:

$$\hat{K}_u = 15 \quad \hat{K}_p = 4.92$$

```
%% P linearan
Ku_kapa_1 = 15;
Kp_kapa_1 = Kp/Ku_kapa_1;
```

Osobine fuzzy kontrolera: Univerzumi ulaza treba da budu na opsegu $[-1,1]$, dok univerzum izlaza fuzzy kontrolera treba da bude u opsegu zbira ulaza, tj u slucaju jednog $[-1,1]$, a u slucaju dva $[-2,2]$. Za funkcije pripadnosti koriste se trougaone funkcije sa preklapanjem 0.5 ciji su vrhovi u tackama -1, 0, 1 posto ih ima tri.

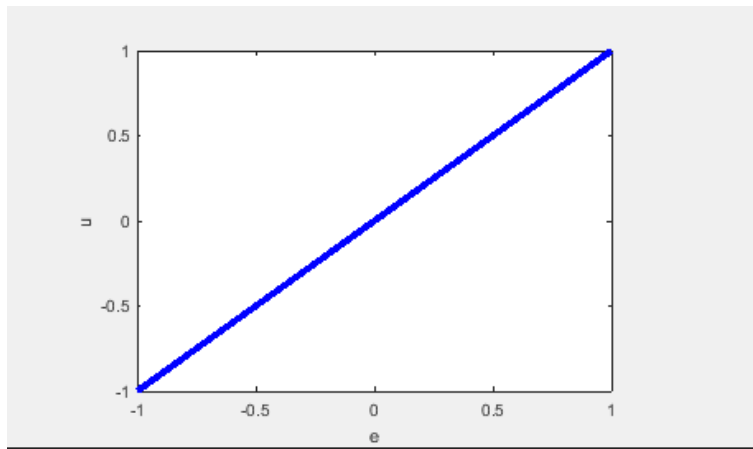


Slika 4 Funkcije pripadnosti nad ulazom

Ako je greska negativna izlaz je veci od reference i hocemo da ga smanjimo i zato nam treba negativno upravljanje. Analogno, ako je greska pozitivna izlaz je manji od reference i treba nam pozitivno upravljanje. Ako nemamo gresku, nema potrebe menjati izlaz.

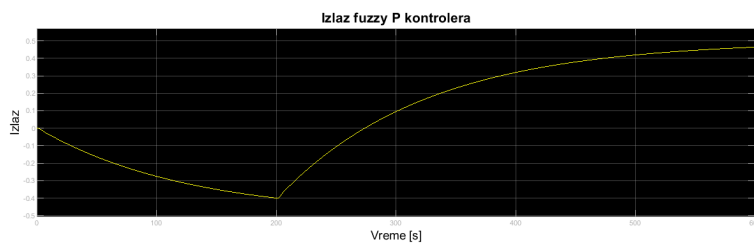
```
1. If (e is negativna) then (u is negativna) (1)
2. If (e is nula) then (u is nula) (1)
3. If (e is pozitivna) then (u is pozitivna) (1)
```

Slika 5 Pravila



Slika 6 Izgled fuzzy prave

Izlaz dobijen ovim kontrolerom:



Slika 7 Izlaz sa fuzzy P-om

Primitimo da sa ovakvim kontrolerom sistem nije dovoljno brz. Dodatnim povećavanjem proporcionalnog dejstva nista se ne postize jer ulaz u fuzzy kontroler mora da bude u opsegu $[-1,1]$, a nas ulaz sa postavljanjem

$$\hat{K}_u = U_{max}$$

u velikoj meri prelazi ove granice, i koliko god ih povećavali ovakvo upravljanje ne dovodi do željenog rezultata.

4 Podesavanje fuzzy PD

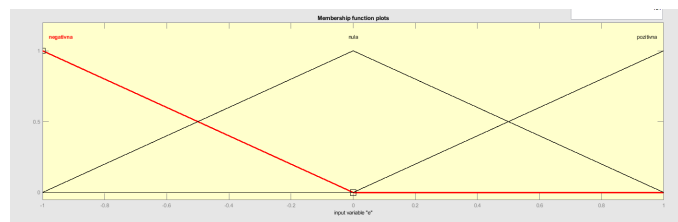
Dobijeni parametri za PD su:

$$\hat{K}_u = 7.5 \quad \hat{K}_p = 9.84 \quad \hat{K}_d = 10.9347$$

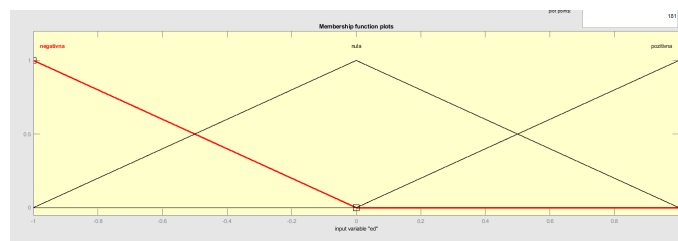
Kod:

```
Ku_kapa = 7.5;  
Kp_kapa = Kp/Ku_kapa;  
Kd_kapa = Kp*Td/Ku_kapa;
```

Linearan fuzzy PD kontroler



Slika 8 Ulaz e



Slika 9 Ulaz ed

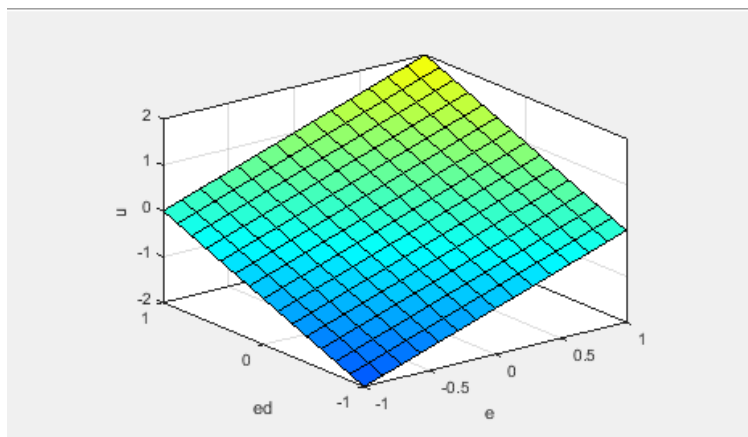


Slika 10 Izlaz

Ako je greska negativna i njena promena je negativna(greska opada tj ide u jos vecu negativnu vrednost) treba zadati veoma jako upravljanje da bi se izlaz vratio ka referenci. Ako je greska negativna i nema promene, to znaci da smo iznad reference i tu stojimo(ne idemo dalje od nje) sto znaci da nam treba upravljanje da je vrati nazad ali manje nego u prethodnom slucaju. Ako je greska negativna i promena pozitivna(greska raste tj priblizava se ka 0) to znaci da se sistem vec vraca ka referenci i ne moramo da dodajemo dodatno upravljanje. Analogno vazi za pozitivnu gresku. Ako je greska nula i opada to znaci da izlaz postaje veci od reference i treba nam negativno upravljanje. Ako je greska nula i raste to znaci da izlaz postaje manji od reference i treba nam pozitivno upravljanje. Ako je greska nula i tu stoji nije nam potrebno upravljanje.

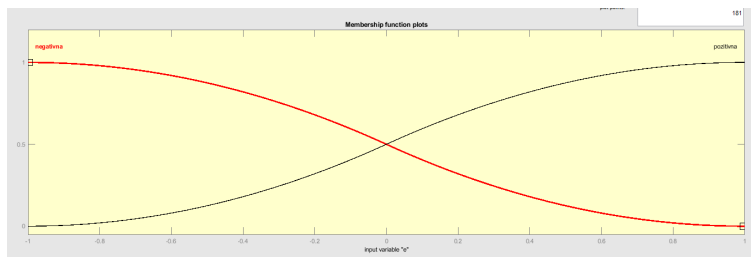
1. If (e is negativna) and (ed is negativna) then (u is dosta_negativna) (1)
2. If (e is negativna) and (ed is nula) then (u is negativna) (1)
3. If (e is negativna) and (ed is pozitivna) then (u is nula) (1)
4. If (e is nula) and (ed is negativna) then (u is negativna) (1)
5. If (e is nula) and (ed is pozitivna) then (u is pozitivna) (1)
6. If (e is nula) and (ed is nula) then (u is nula) (1)
7. If (e is pozitivna) and (ed is negativna) then (u is nula) (1)
8. If (e is pozitivna) and (ed is nula) then (u is pozitivna) (1)
9. If (e is pozitivna) and (ed is pozitivna) then (u is dosta_pozitivna) (1)

Slika 11 Pravila

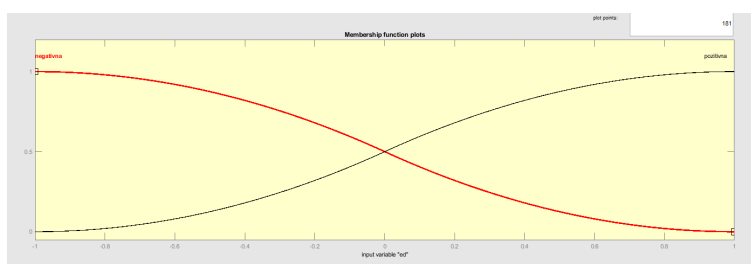


Slika 12 Fuzzy površ

Nelinearan fuzzy PD kontroler Linearan fuzzy kontroler može dati samo izlaz linearno zavistan od ulaza što u većini realnih problema nije najbolje rešenje. Zato se uglavnom koriste nelinearni kontroleri koji uvode nelinearnost u funkcije pripadnosti. Za funkciju pripadnosti koriscenja je funkcija sin, a za fuzzy skupove samo pozitivni i negativni. Iz tog razloga su vrhovi sada u -1 i 1.



Slika 13 Ulaz e



Slika 14 Ulaz ed

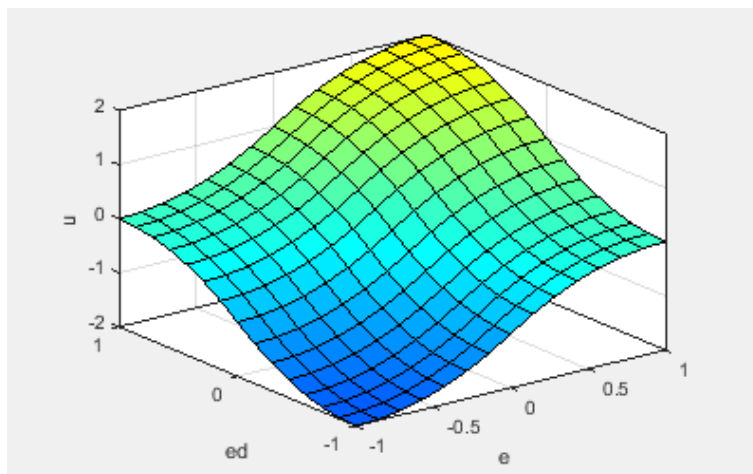


Slika 15 Izlaz

Pravila ostaju ista kao malo pre samo sto nad varijablama ulaza sada imamo samo dva fuzzy skupa umesto tri, pa pravila u kojima su oni ucestvovali se ne koriste.

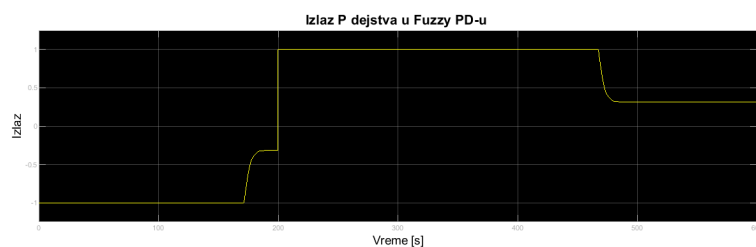
1. If (e is negativna) and (ed is negativna) then (u is dosta_negativna) (1)
2. If (e is negativna) and (ed is pozitivna) then (u is nula) (1)
3. If (e is pozitivna) and (ed is negativna) then (u is nula) (1)
4. If (e is pozitivna) and (ed is pozitivna) then (u is dosta_pozitivna) (1)

Slika 16 Pravila

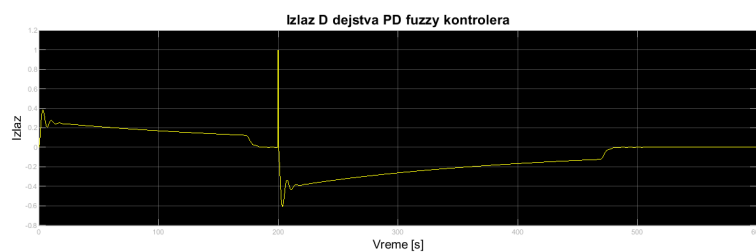


Slika 17 Fuzzy površ

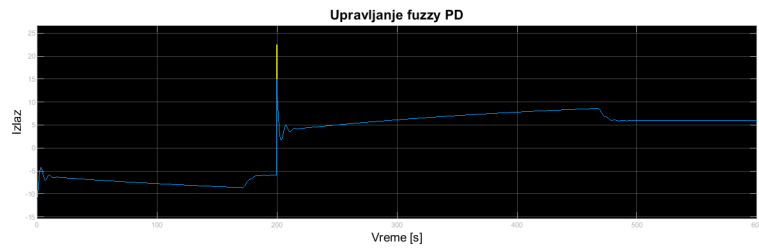
Dobijeni grafici sa krajnjim resenjem:



Slika 18 Proporcionalno dejstvo



Slika 19 Diferencijalno dejstvo



Slika 20 Upravljanje

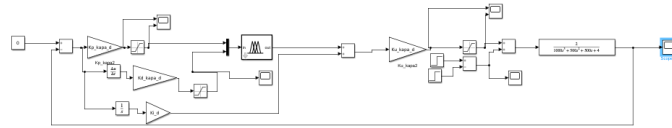


Slika 21 Izlaz

Posto je izlaz sistema bio dosta spor izlaz kontrolera je dodatno pojačan sa koeficijentom 1.5. Takodje, vidimo da je greska u stacionarnom stanju oko 0.01 onda nam integralno dejstvo nije potrebno. Vidimo da nas sistem uspeva da dostigne oba stacionarna stanja i nema preskok.

5 Otklanjanje poremećaja

Za otklanjanje poremećaja ponovljen je kritični eksperiment i dobijeni su isti kritični parametri. Svi parametri su samim tim ostali isti, samo je dodat parametar za integralno dejstvo. Isprobane su i sema sa dodavanjem integralnog dejstva paralelno i na red, ali je paralelna radila bolje pa je ona iskoriscena. Sema za otklanjanje poremećaja



Slika 22 Sema za otklanjanje poremećaja

Dobijeno

$$\hat{K}_i = 2.2137$$

Kod:

```

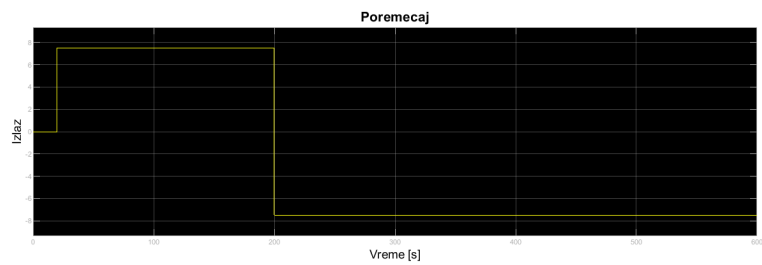
%% poremećaj
%% referenca
Kkr_d = 123;
Tkr_d = 8.89;

Kp_d = 0.6*Kkr_d;
Ti_d = Tkr_d/2;
Td_d = Tkr_d/8;
%% P linearan
Ku_kapa_1_d = 15;
Kp_kapa_1_d = Kp_d/Ku_kapa_1_d;
%%
Ku_kapa_d = 7.5;
Kp_kapa_d = Kp_d/Ku_kapa_d;
Kd_kapa_d = Kp_d*Td_d/Ku_kapa_d;
%% PID
Ki_d = Kp_d/Ti_d/Ku_kapa_d;
%% I redno
Ku_kapa_d_2 = 1.5;
%Kp_kapa_d_2 = Kp_d/Ti_d/Ku_kapa_d_2;
%Kd_kapa_d_2 = Kp_d/Ku_kapa_d_2;

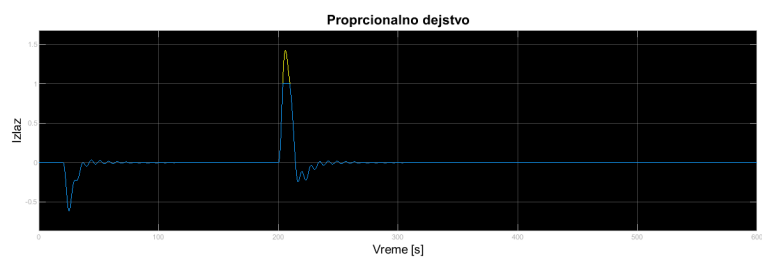
Kp_kapa_d_2 = 5.3947;
Kd_kapa_d_2 = 56.667;

```

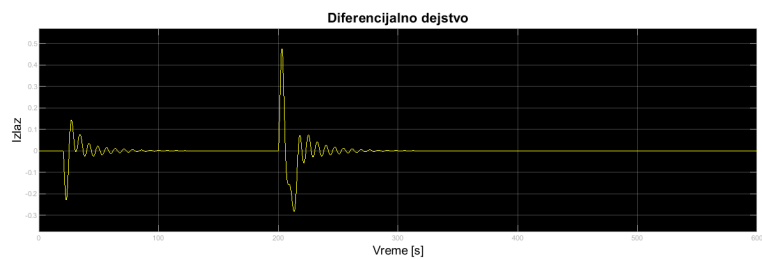
Dobijeni grafici sistema za otklanjanje poremećaja kao i sam poremećaj su:



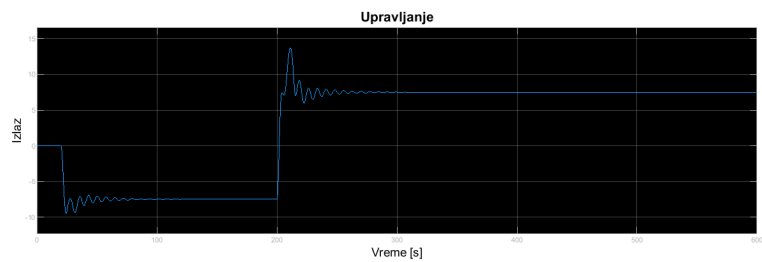
Slika 23 Poremecaj



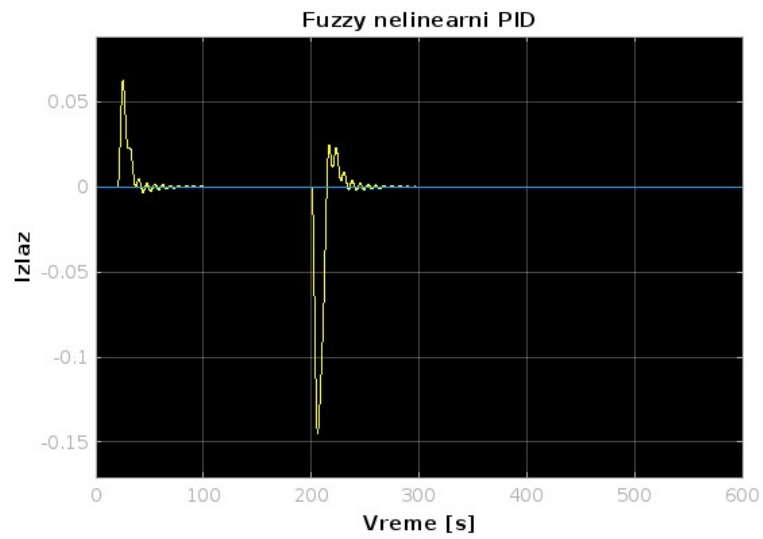
Slika 24 Proporcionalno dejstvo



Slika 25 Diferencijalno dejstvo



Slika 26 Upravljanje



Slika 27 Izlaz

Vidimo da sistem uspesno otklanja poremećaj i ima nultu gresku u stacionarnom stanju.