

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK: ELEKTROTEHNIČKI
Smjer: Informatika

Inteligentni sistemi

Zadaća broj: 2

Student: Nejra Melkić, 958

Profesor: van.prof.dr.Mujčić Edin, dip.ing.el.
Asistent: Drakulić Una, bach.el.

Bihać, juni 2019.

Sadržaj

1. Uvod	2
2. Zadatak	3
3. Rješenje	5
4. Zaključak	29
5. Literatura	30

1. Uvod

U sklopu rješavanja zadatka će se prikazati sistem koji se sastoji od dva rezervoara različitih površina, između kojih se nalaze ventili koji dovode i odvođe tečnost u njih. Cilj zadatka jeste prikazati promjenu nivoa tečnosti u oba rezervoara na tri različita načina. Prvi način je direktni, koji se sastoji od kreiranja matematičkog modela koji daje dva izlaza - nivoe tečnosti u odgovarajućim rezervoarima. Drugi način je regulisanjem cjelokupnog sistema pomoću PID regulatora, čiji parametri se određuju Ziegler Nicholsonovom metodom otvorene sprege. Treći način prikaza je regulisanjem stabilnosti sistema pomoću Fuzzy regulatora, koji kao ulaz prima dvije veličine - nivo tečnosti i njegovu promjenu, a kao ulaz daje podešavanje ventila. Rezultati ova tri načina obrade sistema rezervoara će se komparirati na zajedničkom Simulink modelu i na kreiranoj GUI aplikaciji.

2. Zadatak

Na slici 1 je prikazan model dva međusobno povezana rezervoara, gdje su prikazani ventili (μ_{u_1} , μ_{i_1} , μ_{u_2} i μ_{i_2}) i površine A1 i A2, kao i nivoi h1 i h2.

Potrebno je prikazati nivoe rezervoara 1 i 2 (h1 i h2) koristeći:

1. Direktan način (Jednačina kola za nivoe h1 i h2)
2. Korištenjem PID regulatora
3. Korištenjem Fuzzy regulatora
4. Na jednom modelu i jednom dijagramu prikazati rezlike dobijenih rezultata
5. Napraviti GUI aplikaciju u Matlabu koja izgleda kao na slici 2

Poznato je:

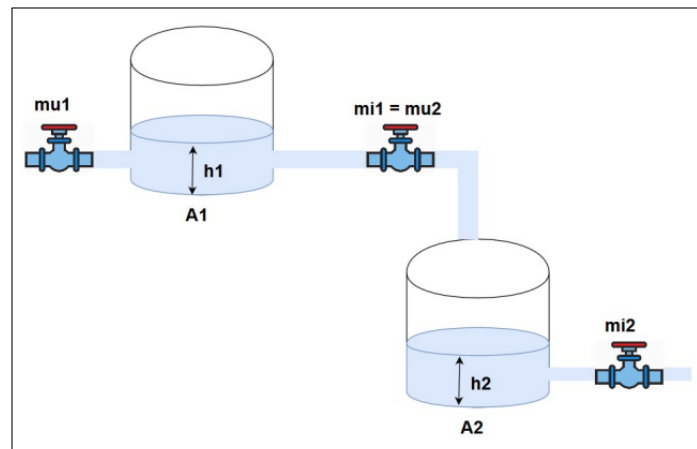
Pumpa: $H = 12[m]$

Površina prvog rezervoara: $A1 = 2[m^2]$

Površina drugog rezervoara: $A2=3 [m^2]$

Ventili:

- $\mu_{u_1} = 40[\frac{mm^2}{s}]$
- $\mu_{i_1} = 40[\frac{mm^2}{s}]$
- $\mu_{u_2} = 40[\frac{mm^2}{s}]$
- $\mu_{i_2} = 30[\frac{mm^2}{s}]$



Slika 1: Model dva međusobno povezana rezervoara

Simulacija razine vode u rezervoarima

Model dva povezana rezervoara

	REZERVOAR A1	REZERVOAR A2
DIREKTNO		
PID		
FUZZY		

POKRENI SIMULACIJU

Otvorenost ventila

Prvi ventil mu_1 :

Drugi ventil $mi_1 = mu_2$:

Treci ventil mi_2 :

Površina baze rezervoara

A rezervoar:

B rezervoar:

DIREKTNO
PID
FUZZY

DIREKTNO
PID
FUZZY

ME I PREZIME, BROJ INDEKSA

Slika 2: GUI model za prikaz rezultata

3. Rješenje

1. Direktan način (Jednačina kola za nivo h_1 i h_2)

Jednačine se pišu na sljedeći način:

$$\text{povrsina} \cdot \text{promjena nivoa} = \left[\frac{\text{ulazni nivo}}{\text{ulazni ventil}} - \frac{\text{izlazni nivo}}{\text{izlazni ventil}} \right]$$

Ulazni nivo za prvu površinu zavisi od promjene nekog dovedenog nivoa ΔH i od nivoa $h_1(t)$. Izlazni nivo će biti krajnji oblik nivoa $h_1(t)$. Iz slike vidimo da je ulazni ventil mu_1 a izlazni mi_1 (ili mu_2). Pišemo jednačinu za promjenu nivoa tečnosti u prvom rezervoaru:

$$A_1 \cdot \frac{dh_1(t)}{dt} = \left[\frac{\Delta H - h_1(t)}{mu_1} - \frac{h_1(t)}{mi_1} \right]$$

Ulazni nivo tečnosti druge površine će biti izlazni nivo iz prve površine (rezervoara), odnosno $h_1(t)$. Vidimo da je izlazni (krajnji) nivo u drugom rezervoaru $h_2(t)$. Sa slike također možemo uočiti da je ulazni ventil u drugu površinu mi_1 (ili mu_2) a da je izlazni ventil mi_2 . Pišemo jednačinu za promjenu nivoa tečnosti u drugom rezervoaru:

$$A_2 \cdot \frac{dh_2(t)}{dt} = \left[\frac{h_1(t)}{mi_1} - \frac{h_2(t)}{mi_2} \right]$$

Zadatak je da se prikaže promjena nivoa u prvom i drugom rezervoaru, pa ćemo izvući jednakosti za promjene, koje ćemo predstaviti u Simulinku.

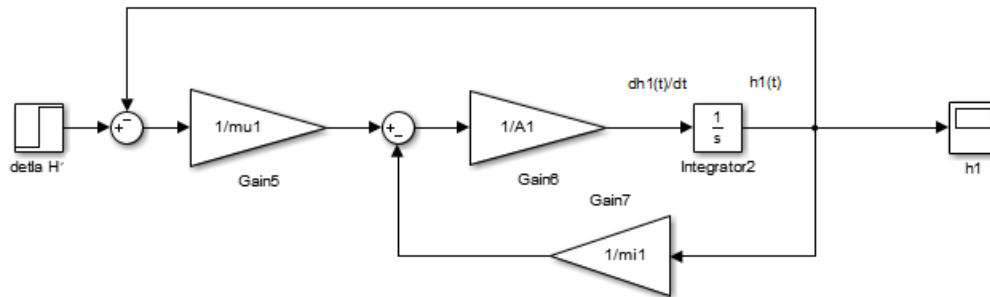
$$\frac{dh_1(t)}{dt} = \frac{1}{A_1} \cdot \left[\frac{\Delta H - h_1(t)}{mu_1} - \frac{h_1(t)}{mi_1} \right]$$

$$\frac{dh_2(t)}{dt} = \frac{1}{A_2} \cdot \left[\frac{h_1(t)}{mi_1} - \frac{h_2(t)}{mi_2} \right]$$

Prvu jednačinu smo rastavili na tri dijela:

$$\frac{dh_1(t)}{dt} = \frac{\Delta H}{A_1 \cdot \mu u_1} - \frac{h_1(t)}{A_1 \cdot \mu u_1} - \frac{h_1(t)}{A_1 \cdot m i_1}$$

S obzirom da se radi o diferencijalu prvog reda, stavit' ćemo jedan integrator u model. Lijeva strana integratora predstavlja prvi diferencijal nivoa h_1 a druga strana integratora predstavlja $h_1(t)$. Označku ΔH smo zamijenili ulaznim step signalom čija je amplituda 12, budući da je $H = 12\text{m}$. Od ovog step signala oduzimamo desnu stranu integratora $h_1(t)$ i sve množimo sa izrazom $\frac{1}{\mu u_1}$, kao što je prikazano na slici. Treći član izraza se povlači s desne strane ($h_1(t)$). Budući da treći član ne množimo s istim kao i prethodna dva, njega ćemo dodati nakon što smo prva dva izmnožili sa $\frac{1}{\mu u_1}$. Zatim sve množimo s $\frac{1}{A_1}$, kao što je prikazano na slici

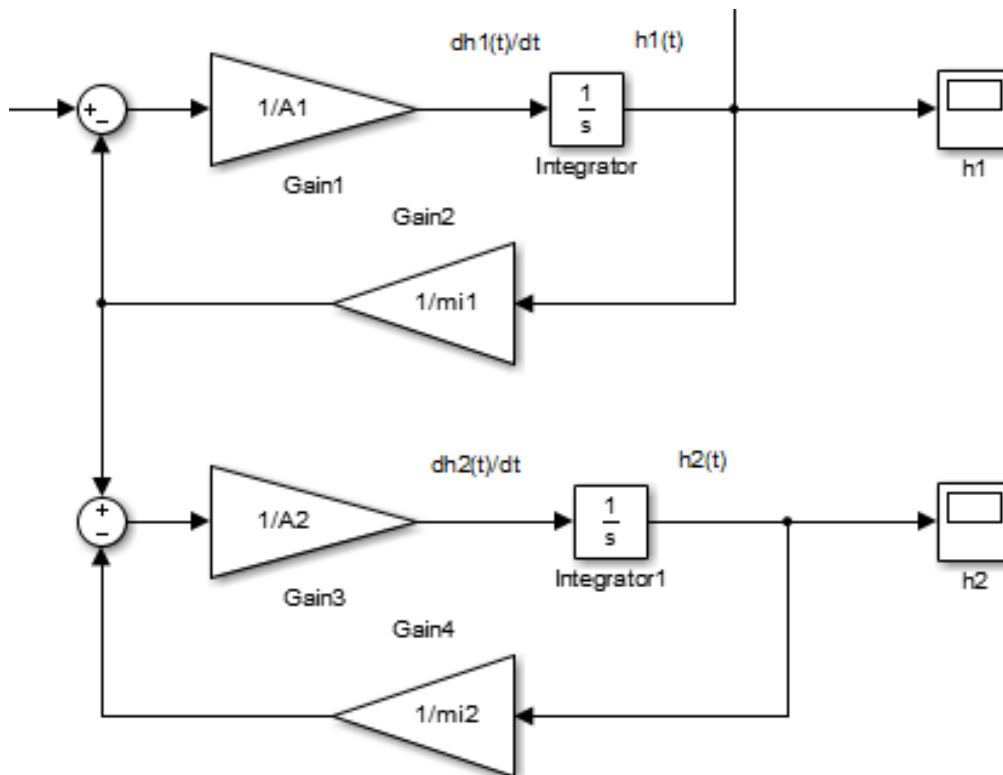


Slika 3: Direktna promjena nivoa h_1

Drugu jednačinu smo rastavili na dva dijela:

$$\frac{dh_2(t)}{dt} = \frac{h_1(t)}{A_2 \cdot m_{i1}} - \frac{h_2(t)}{A_2 \cdot m_{i2}}$$

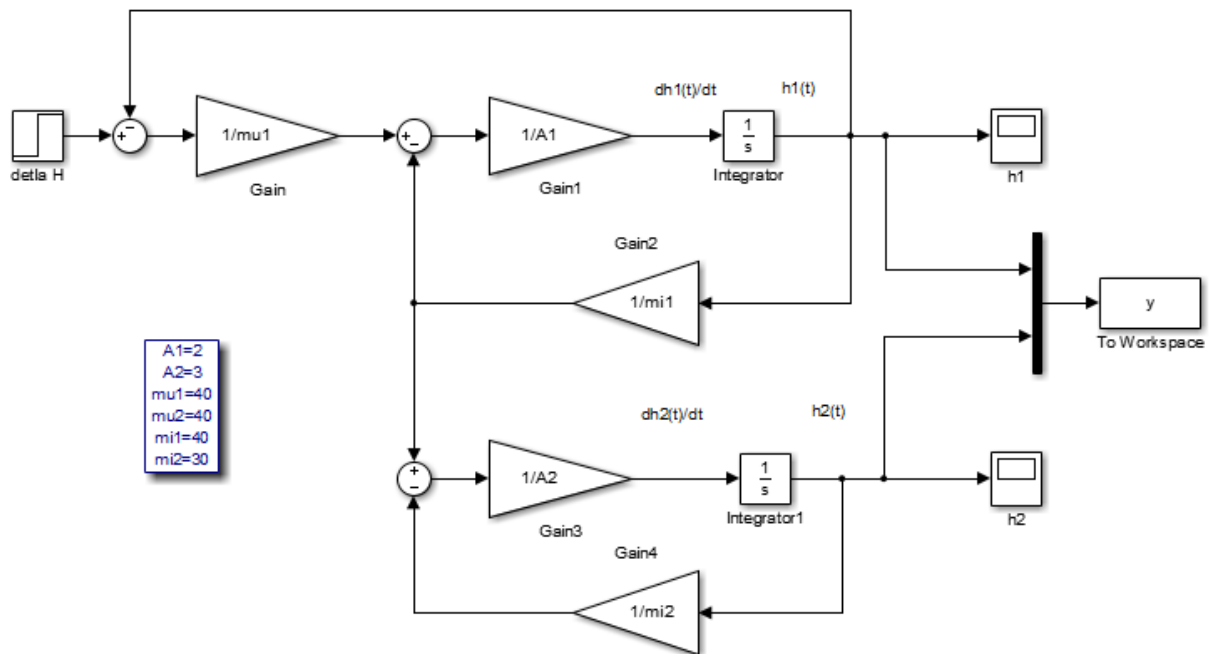
Također ćemo, pošto se radi o prvom diferencijalu, kreirati integrator za promjenu h_2 . S lijeve strane integratora je prvi diferencijal, a s desne je $h_2(t)$. Oba člana množimo sa $\frac{1}{A_2}$, s tim da prvi član posuđujemo iz prve diferencijalne jednačine, jer smo ga već kreirali, a drugi član uzimamo s desne strane integratora, množimo ga s $\frac{1}{m_{i2}}$ i oduzimamo od prvog člana.



Slika 4: Direktna promjena nivoa h_2

Postavljamo anotacije, vrijeme na 500s i cjelokupni model spajamo na blok To Workspace, budući da će nam kasnije biti potreban za GUI model.

Na osnovu diferencijalnih jednačina u vremenskom domenu, kreiran je Simulink model za direktno predstavljanje nivoa rezervoara.

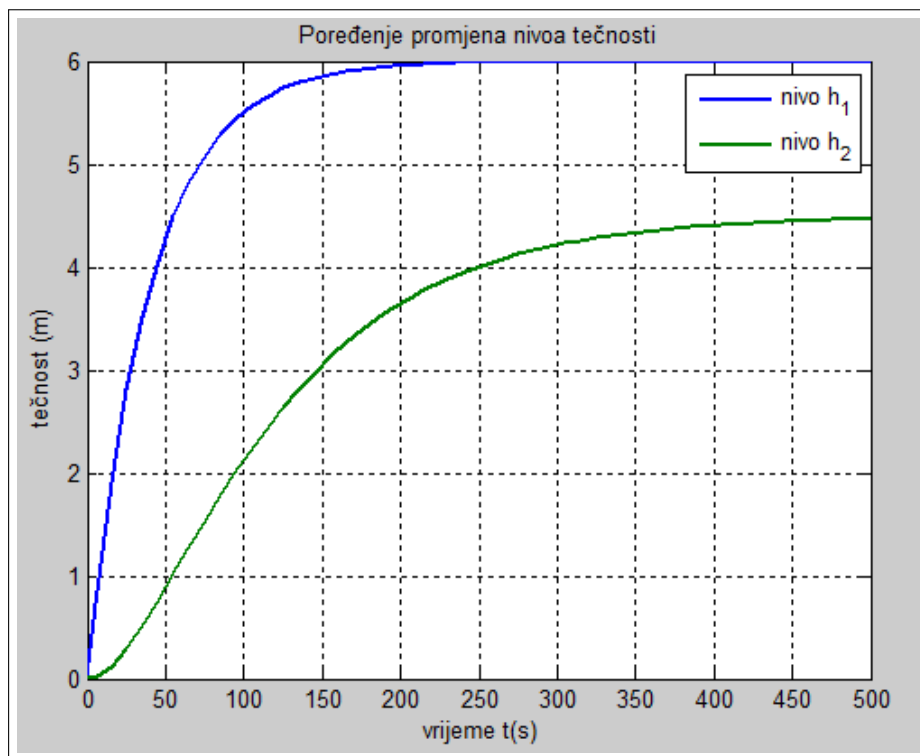


Slika 5: Direktan način prikaza promjene nivoa

Ukoliko u komandni prozor ukucamo (u jednoj liniji):

```
plot(tout,y,'linewidth',2);  
grid on;  
legend('nivo h1','nivo h2');  
title('Poredjenje promjena nivoa tecnosti');  
xlabel('vrijeme t(s)'); ylabel('tecnost (m)');
```

Dobićemo graf koji upoređuje promjene nivoa tečnosti:



Slika 6: Direktan način prikaza promjene nivoa

2. PID regulator

Da bismo sistem stabilizovali PID regulatorom, potrebna je prijenosna funkcija sistema. Prijenosna funkcija predstavlja odnos izlaza i ulaza sistema. U našem sistemu ulaz predstavlja promjenu ventila pumpe, dok ulaz predstavlja nivo vode drugog rezervoara, odnosno:

$$G(s) = \frac{h_2(s)}{\Delta H}$$

Da bi se u toku računa dobili jednostavniji izrazi, prije primjene Laplasove transformacije, uvrstit' ćemo dobijene podatke, sve osim podatka za ΔH , pošto tu varijablu posmatramo kao nepoznatu. Tada jednačine izgledaju ovako:

$$\frac{dh_1(t)}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{\Delta H - h_1(t)}{40} - \frac{h_1(t)}{40} \right]$$

$$\frac{dh_2(t)}{dt} = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{h_1(t)}{40} - \frac{h_2(t)}{30} \right]$$

Primjenom pravila za Laplasovu transformaciju dobijamo sljedeće izraze:

$$s \cdot h_1(s) = \frac{1}{80} \cdot [\Delta H - h_1(s) - h_1(s)]$$

$$s \cdot h_2(s) = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{h_1(s)}{40} - \frac{h_2(s)}{30} \right]$$

Vidimo da možemo iz obje jednačine izraziti $h_1(s)$, pa ih izjednačiti. Tako ćemo dobiti dvije strane jednakosti sa izlazom i ulazom sistema.

Izražavamo $h_1(s)$ iz *prve jednačine* na sljedeći način:

$$80 \cdot s \cdot h_1(s) = \Delta H - 2 \cdot h_1(s)$$

$$h_1(s) \cdot [80 \cdot s + 2] = \Delta H$$

Dakle, $h_1(s)$ iz *prve jednačine* iznosi:

$$h_1(s) = \frac{\Delta H}{80 \cdot s + 2}$$

Izražavamo $h_1(s)$ iz *druge jednačine* na sljedeći način:

$$s \cdot h_2(s) = \frac{h_1(s)}{120} - \frac{h_2(s)}{90}$$

$$h_2(s) \cdot \left[s + \frac{1}{90} \right] = \frac{h_1(s)}{120}$$

$$h_1(s) = 120 \cdot h_2(s) \cdot \frac{90 \cdot s + 1}{90}$$

Dakle, $h_1(s)$ iz prve jednačine iznosi:

$$h_1(s) = h_2(s) \cdot \left[120 \cdot s + \frac{4}{3} \right]$$

Sada ćemo izjednačiti dobivene jednakosti:

$$\frac{\Delta H}{80 \cdot s + 2} = h_2(s) \cdot \left[120 \cdot s + \frac{4}{3} \right]$$

Budući da je prijenosna funkcija $\frac{h_2(s)}{\Delta H}$, računamo taj odnos:

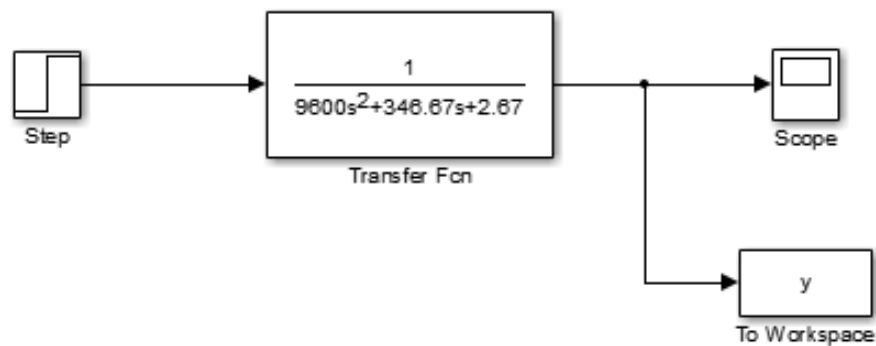
$$\frac{h_2(s)}{\Delta H} = \frac{1}{(120s + \frac{4}{3}) \cdot (80s + 2)}$$

$$\frac{h_2(s)}{\Delta H} = \frac{1}{9600s + 2240s + \frac{320s}{3} + \frac{8}{3}}$$

Krajnji izraz za prijenosnu funkciju sistema:

$$G(s) = \frac{h_2(s)}{\Delta H} = \frac{1}{9600s^2 + 346.67s + 2.67}$$

Ovu prijenosnu funkciju koristimo pri regulaciji sistema. Za kreiranje PID regulatora koristimo metodu otvorene sprege. Najprije se posmatra odziv sistema na odskočni ulaz u otvorenoj petlji. Za predstavljanje odskočne pobude koristimo step funkciju, za sistem opisan prijenosnom funkcijom koristimo blok Transfer Fcn, kao što je i prikazano na sljedećoj slici.



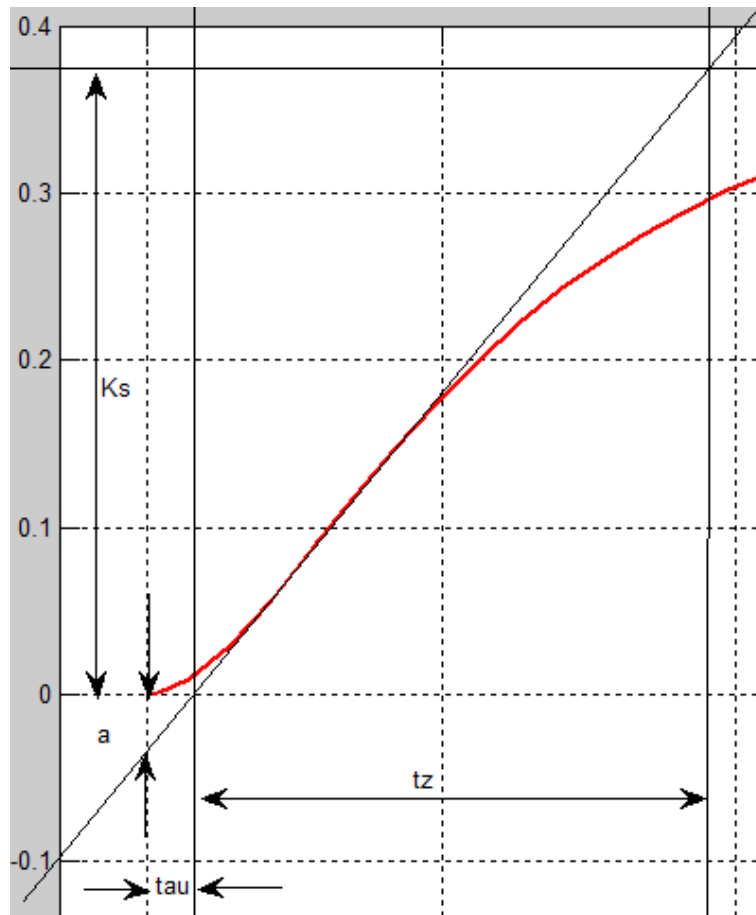
Slika 7: Odziv u otvorenoj petlji

U komandni prozor kucamo sljedeću liniju:

```
plot(tout,y,'r','linewidth',1.5);  
grid on;  
axis([-30 650 -0.2 0.4]);
```

Ovim kodom crtamo graf prijenosne funkcije na kojem ćemo odrediti parametre potrebne za PID regulator.

Prikazuje se sljedeći graf:

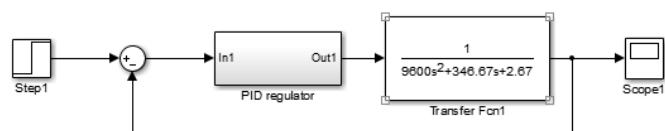


Slika 8: Određivanje parametara

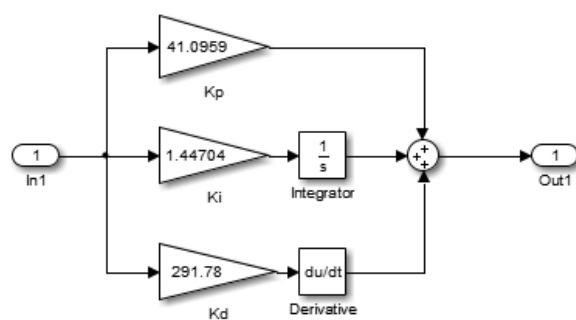
$$a = \frac{K_s \cdot \tau}{t_z} = \frac{0.374 \cdot 14.2}{195.8 - 14.2} = 0.0292$$

Parametri regulatora:

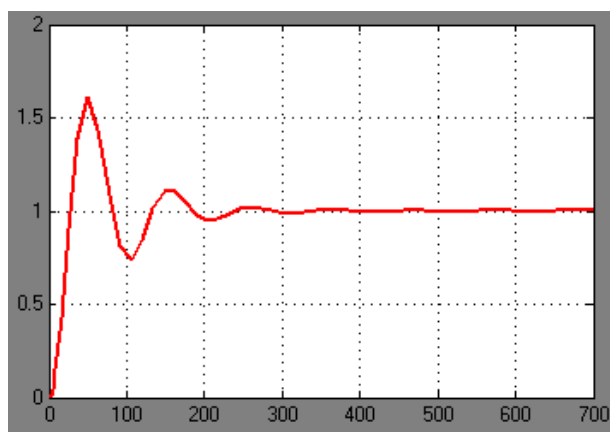
$$K_p = \frac{1.2}{a} = 41.0959, K_i = \frac{0.6}{a \cdot \tau} = 1.44704, K_d = \frac{0.6 \cdot \tau}{a} = 291.78$$



Slika 9: Postavljanje PID kontrolera u sistem



Slika 10: Izgled kontrolera

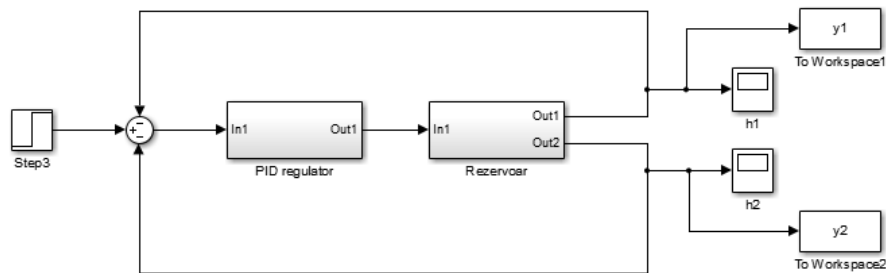


Slika 11: Odziv sistema regulisan PIDom

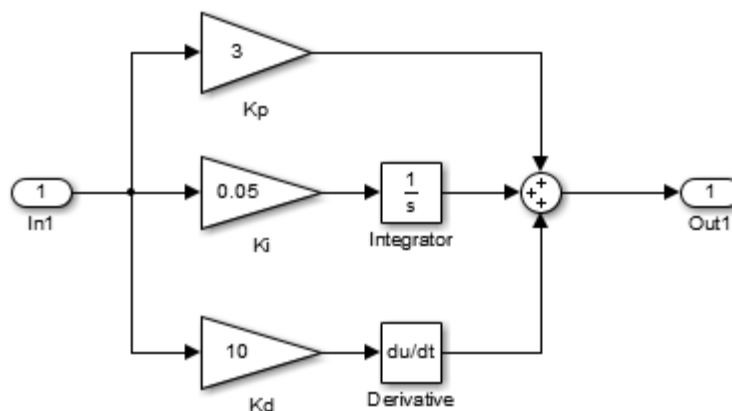
Vidimo da je sistem prebrz, stoga ćemo morati mijenjati parametre regulatora, da bismo dobili bolji prijelaz sistema. Izabrani su sljedeći parametri, finim podešavanjem:

$$K_p = 3, K_i = 0.05, K_d = 10$$

Iako smo dobili prijenosnu funkciju sistema regulisanog PID kontrolerom, potrebno je dobiti pojedinačne odzive oba rezervoara. Pojedinačni odzivi su prikazani na sljedećoj slici.

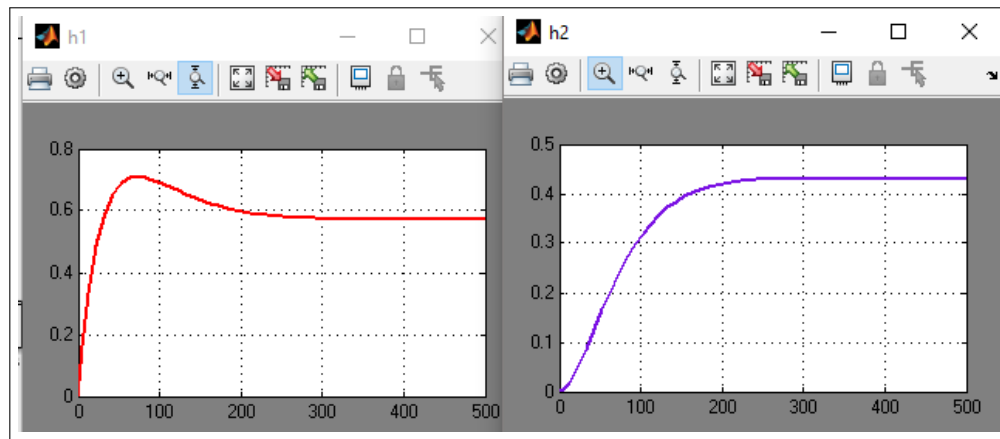


Slika 12: Odziv sistema regulisan PIDom



Slika 13: Subsistem PID regulatora

Kao subsistem rezervoara korišten je direktni način prikaza, čiji se model kreirao u prvom dijelu zadatka. U ovom slučaju, za grafove prijelaza nivoa h_1 i h_2 , dobijemo sljedeće slike:



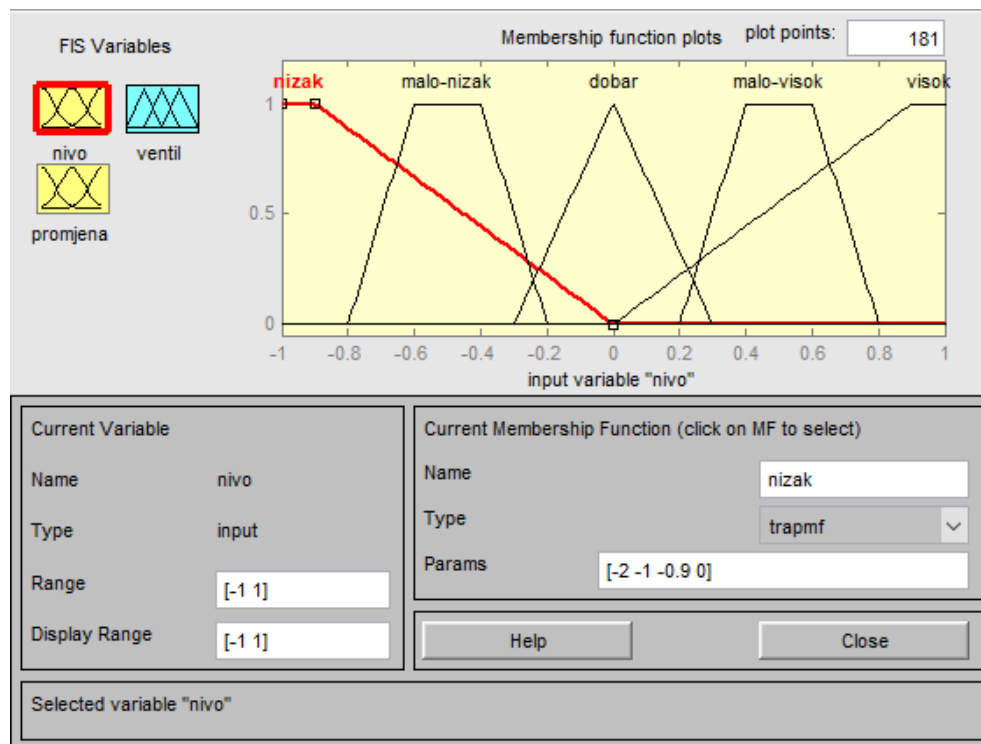
Slika 14: Subsistem PID regulatora

Lijeva slika predstavlja promjenu nivoa tečnosti prvog rezervoara, desna slika predstavlja promjenu nivoa tečnosti drugog rezervoara. Vidimo da su oba sistema zasebno stabilna.

3. Fuzzy regulator

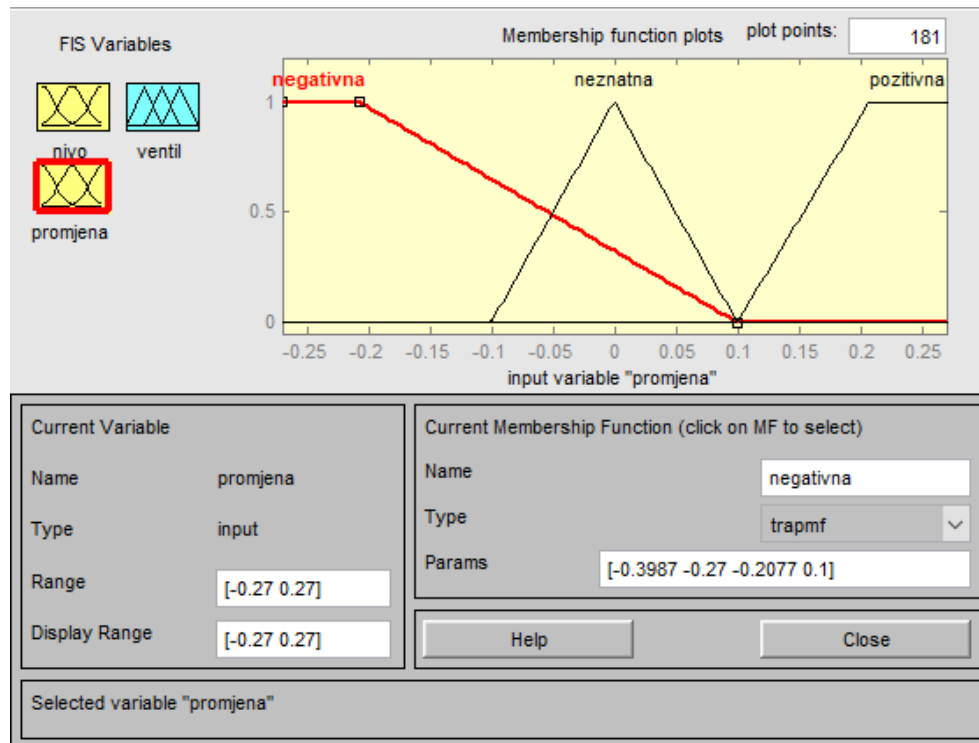
U ovom slučaju, kao ulaz u sistem se uzimaju dvije veličine - nivo vode i promjena nivoa vode. Kao izlaz se uzima ventil koji se otvara/zatvara u ovisnosti od promjene nivoa.

Prvi ulaz sistema je onaj koji predstavlja nivo. Postoji pet različitih nivoa tečnosti u rezervoaru - nizak, malo nizak, dobar, malo visok i visok nivo. Interval u kojem se nivoi kreću je $[-1 \ 1]$.



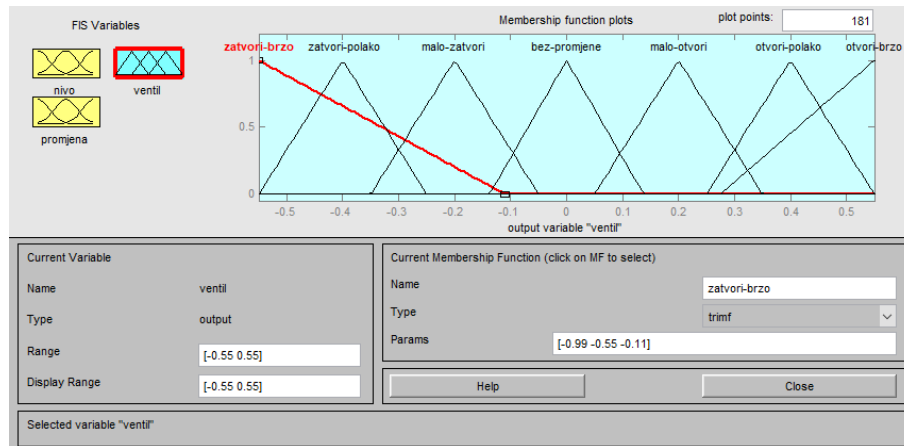
Slika 15: Nivoi

Drugi ulaz sistema je promjena nivoa. Postoje tri vrste promjena - negativna, neznatna i pozitivna. Ukoliko je negativna promjena, znači da se nivo tečnosti u rezervoaru smanjuje. Ukoliko je pozitivna, nivo tečnosti se povećava.



Slika 16: Promjene nivoa

Kao izlaz iz sistema se uzima promjena ventila, koji reguliše nivo dotoka/otoka tečnosti, da bi se održavao konstantan nivo u rezervoaru. Otvaranje ili zatvaranje ventila ovisi o tome kako se ponašaju ulazi sistema - nivoi i njihove promjene. Ventil se može zatvarati na nekoliko različitih načina, prikazanih na slici.

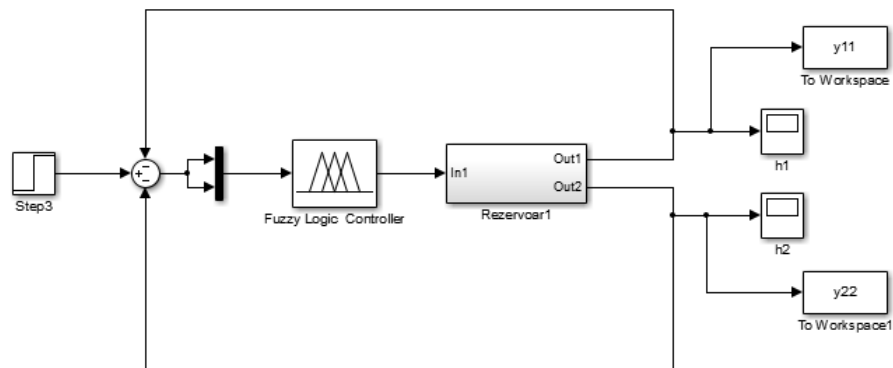


Slika 17: Ventil

1. If (nivo is visok) then (ventil is otvori-brzo) (1)
2. If (nivo is nizak) then (ventil is zatvori-brzo) (1)
3. If (nivo is dobar) and (promjena is negativna) then (ventil is otvori-polako) (1)
4. If (nivo is dobar) and (promjena is pozitivna) then (ventil is zatvori-polako) (1)
5. If (nivo is dobar) and (promjena is nezatna) then (ventil is bez-promjene) (1)
6. If (nivo is malo-nizak) then (ventil is malo-zatvori) (1)
7. If (nivo is malo-visok) then (ventil is malo-otvori) (1)

Slika 18: Baza pravila za odgovarajući sistem

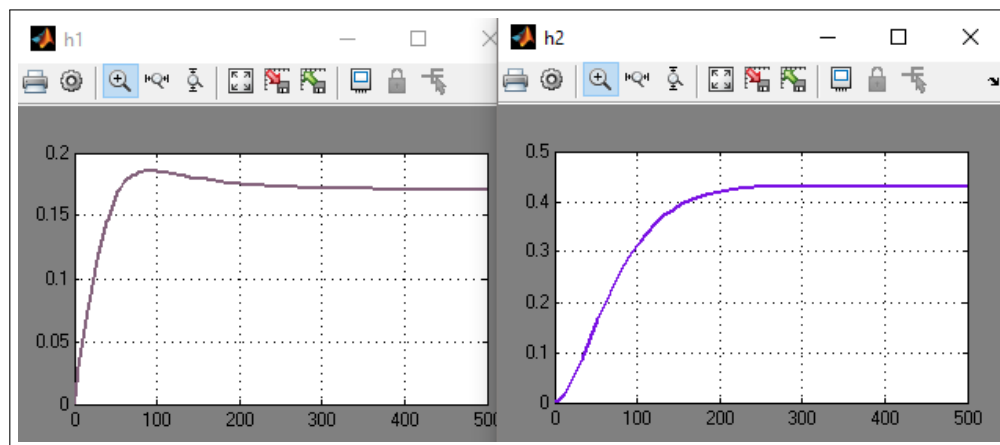
Kada ovaj sistem spremimo u fajl i u Workspace pod nazivom *fazireg*, zatim ga pozovemo u Simulink modelu u bloku *Fuzzy Logic Controller*, dobijemo sljedeći model:



Slika 19: Baza pravila za odgovarajući sistem

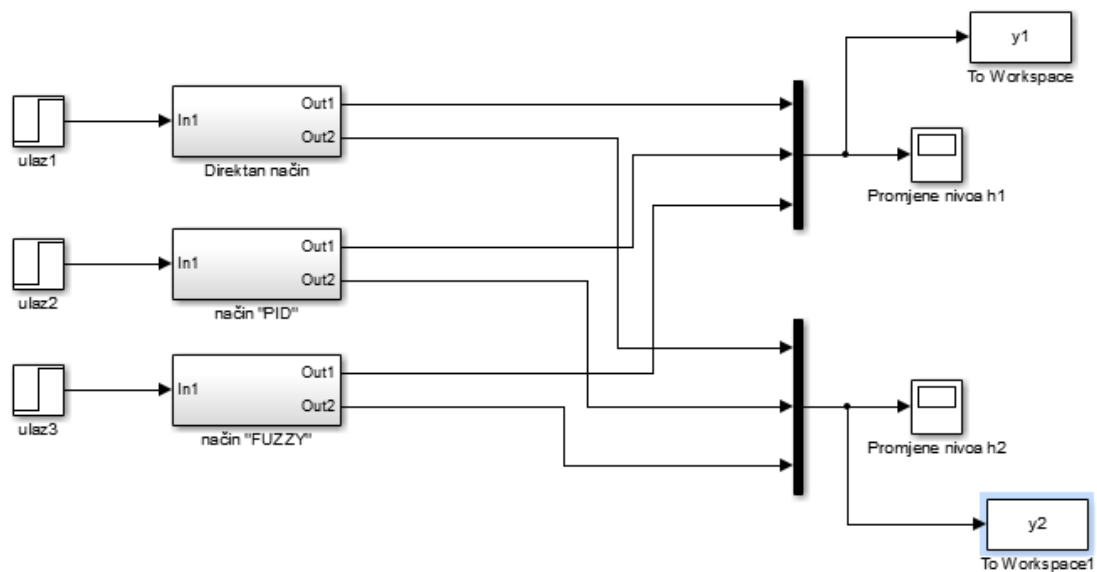
Kao i u prethodnom dijelu, subsistem rezervoar je predstavljen direktnim načinom koji je kreiran u prvom koraku zadatka.

Kao rezultat, dobijemo prikaz promjene nivoa u oba rezervoara (lijevo h_1 , desno h_2).



Slika 20: Baza pravila za odgovarajući sistem

4. Prikaz svih promjena nivoa na jednom modelu i na jednom dijagramu

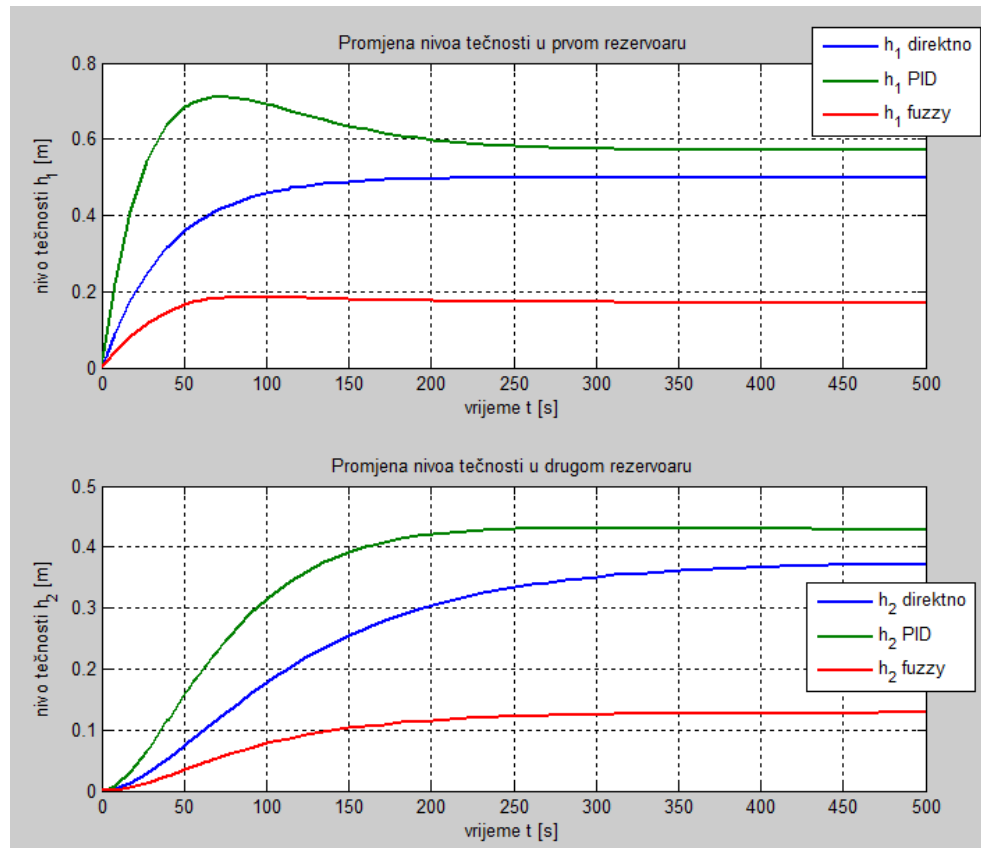


Slika 21: Svi modeli zajedno

Unutar prvog subsistema se nalazi direktni prikaz promjena nivoa rezervoara kojeg smo kreirali u prvom dijelu zadatka. Unutar drugog subsistema nalazi se pid regulator zajedno sa sistemom, kao što smo kreirali u drugom dijelu zadatka. Unutar trećeg subsistema nalazi se fuzzy kontroler i sistem, kao što smo kreirali u trećem dijelu zadatka. Svaki subsistem kao izlaze daje nivoe h_1 i h_2 , koji su spojeni na odgovarajuće mux-ove, da bi se uporedili na jednom grafu.

Unutar komandnog prozora kucamo:

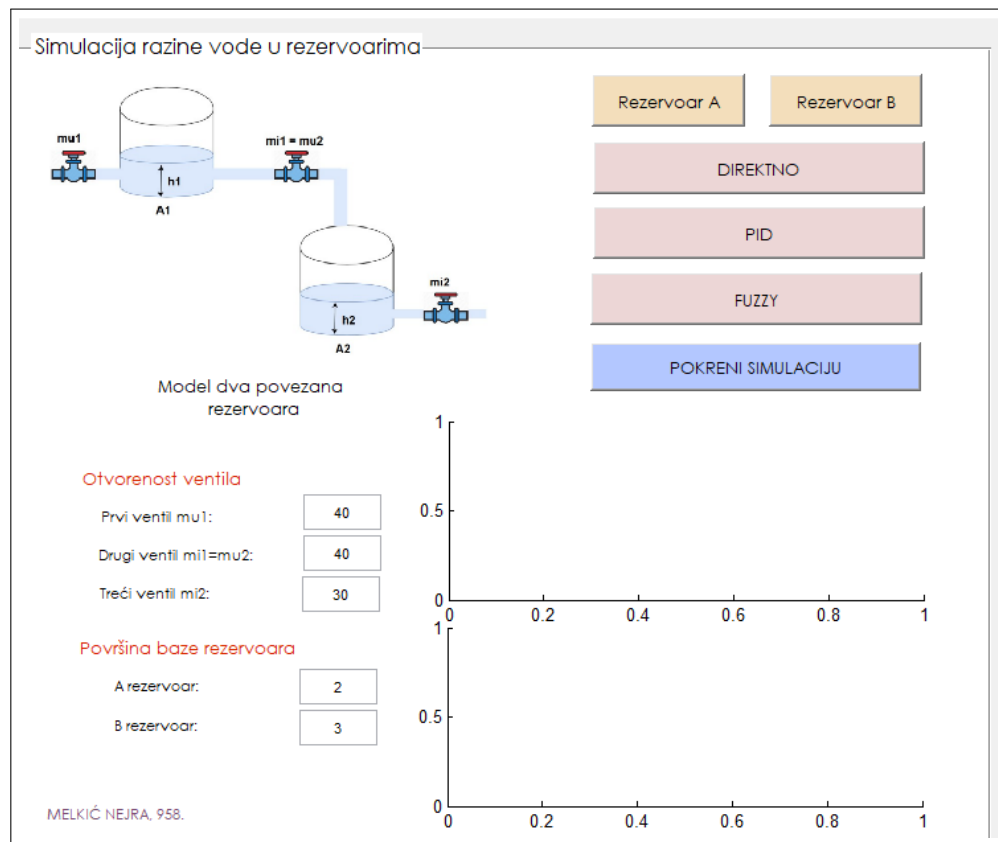
```
subplot(211); plot(tout,y1,'linewidth',2);
title('Promjena nivoa tecnosti u prvom rezervoaru');
xlabel('vrijeme t [s]');
ylabel('nivo tecnosti h_1 [m]'); grid on;
legend('h_1 direktno','h_1 PID','h_1 fuzzy');
subplot(212); plot(tout,y2,'linewidth',2);
title('Promjena nivoa tecnosti u drugom rezervoaru');
xlabel('vrijeme t [s]');
ylabel('nivo tecnosti h_2 [m]'); grid on;
legend('h_2 direktno','h_2 PID','h_2 fuzzy');
```



Slika 22: Komparacija rezultata

5. Kreiranje GUI aplikacije za prikaz svih rezultata

GUI izgleda ovako:



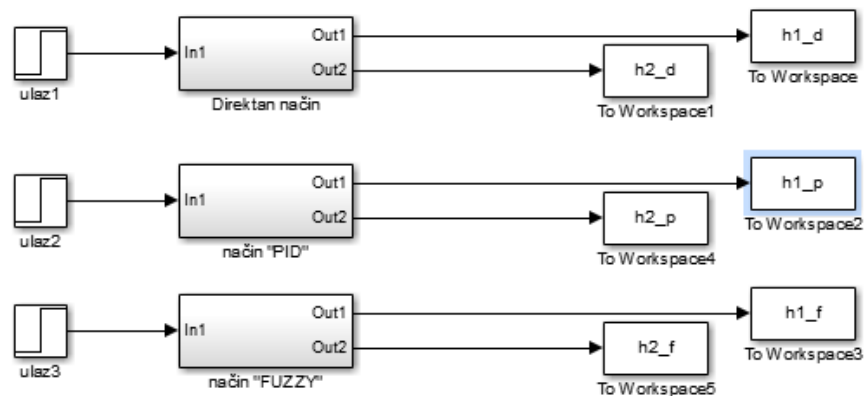
Slika 23: GUI aplikacija za komparaciju rezultata

Budući da je PID regulator kreiran isključivo za prijenosnu funkciju sa zadanim vrijednostima u zadatku, u GUI aplikaciji ne možemo mijenjati vrijednosti površina rezervoara niti otvorenosti ventila. Ono što možemo u sklopu aplikacije jeste aktivirati odgovarajuće *Toggle* buttone, u ovisnosti o toga šta želimo prikazati na dva grafa. Na gornjem grafu će se prikazivati podaci o promjeni nivoa prvog rezervoara, dok će se na donjem grafu prikazivati podaci o promjeni nivoa drugog rezervoara.

Ukoliko pritisnemo dugme *Rezervoar A* i neku (ili sve) od ponuđenih opcija, ti će se nivoi, zajedno s legendom prikazati na gornjem grafu. Ukoliko pritisnemo dugme *Rezervoar B* i neku (ili sve) od ponuđenih opcija, odgovarajući će se nivoi drugog rezervoara, zajedno s legendom, pojaviti na donjem grafu.

Model korišten za GUI aplikaciju

Potrebno je napraviti model koji će sadržavati informacije o svim promjenama nivoa, bilo to na direktan, PID, ili Fuzzy način. Da bi se te informacije prenijele na GUI aplikaciju, za svaku smo napravili odgovarajući blok *To Workspace*, unutar modela koji je prikazan na idućoj slici.



Slika 24: Model koji se povezuje s GUI aplikacijom

Ovaj model smo spremili pod nazivom *ZajednickiNacin.mdl*, a povezali smo ga s GUI aplikacijom pomoću sljedeće naredbe koju smo ukucali u .m fajl našeg GUI-a:

```
load_system( 'ZajednickiNacin' );
```

Aplikacija funkcioniše na sljedeći način: onaj način prikaza nivoa (direktan/PID/fuzzy) koji korisnik odabere pritiskom na odgovarajući Toggle button, se poziva iz ovog modela pomoću određene na-

redbe. Naprimjer: ukoliko korisnik želi prikaz promjene drugog nivoa h_2 pomoću Fuzzy logike, koristi se sljedeća funkcija:

```
h2_f = evalin( 'base' , 'h2_f' );
```

Na ovaj način varijabla h2-f prima vrijednost iz Workspace-a h2-f, i može se prikazati na grafu. Također je pozvana i varijabla vremena iz modela na isti način:

```
tout = evalin( 'base' , 'tout' );
```

Varijabla za vrijeme se poziva da bi se odgovarajući graf mogao nacrtati. Graf se crta sljedećom naredbom:

```
plot( tout , h2_f , 'b' , 'linewidth' , 2 );
```

Ova naredba govori da se nacрта nivo vode u drugom rezervoaru dobijen Fuzzy regulatorom, i da se graf oboji plavom bojom, te da linija grafa bude 2.

Vrijednosti iz Toggle buttona, koje su jednake 1 kada je on označen, i 0 kada nije, se uzimaju sljedećim naredbama:

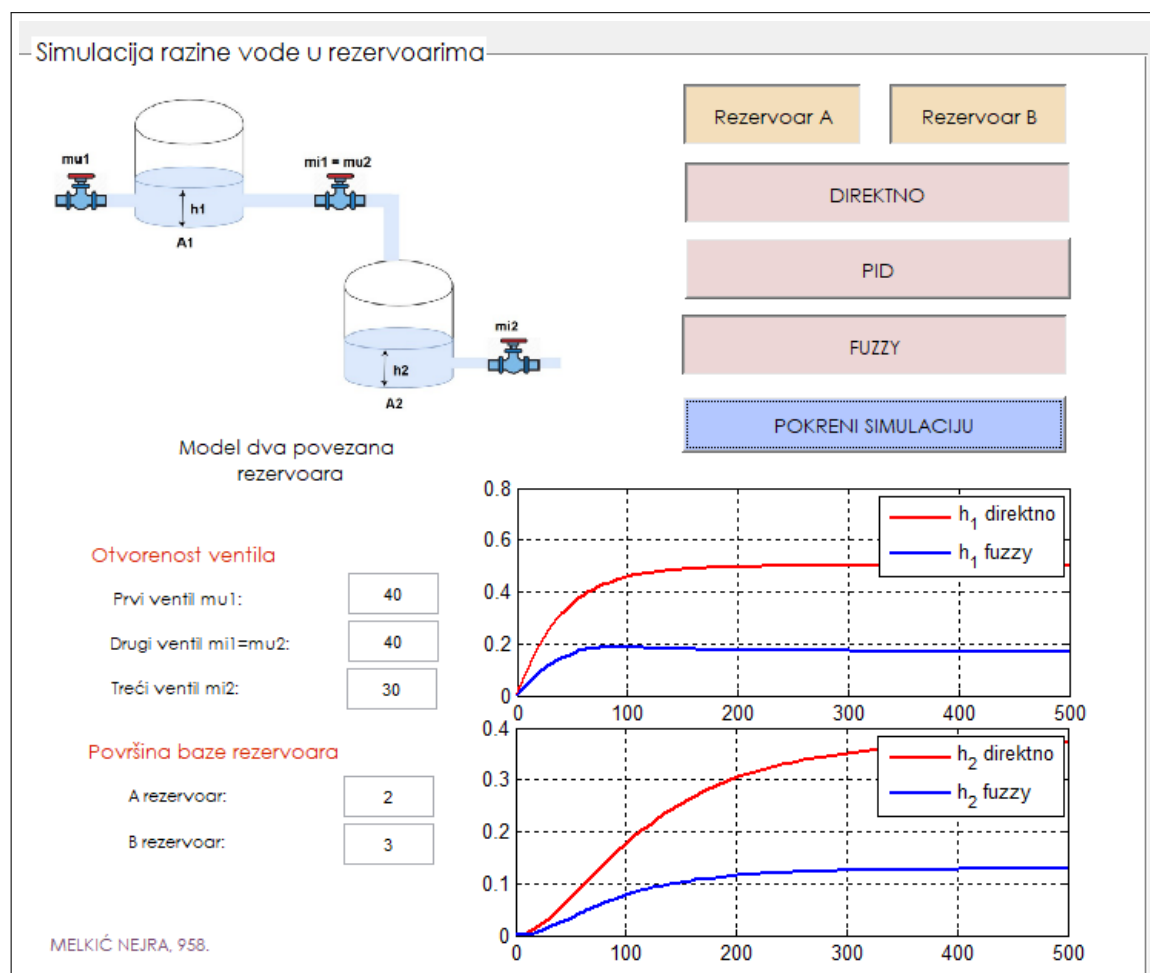
```
fuzzy = get(handles.fuzzy , 'Value' );
```

Ovom naredbom smo uzeli vrijednost iz Toggle buttona za prikaz putem Fuzzy regulatora.

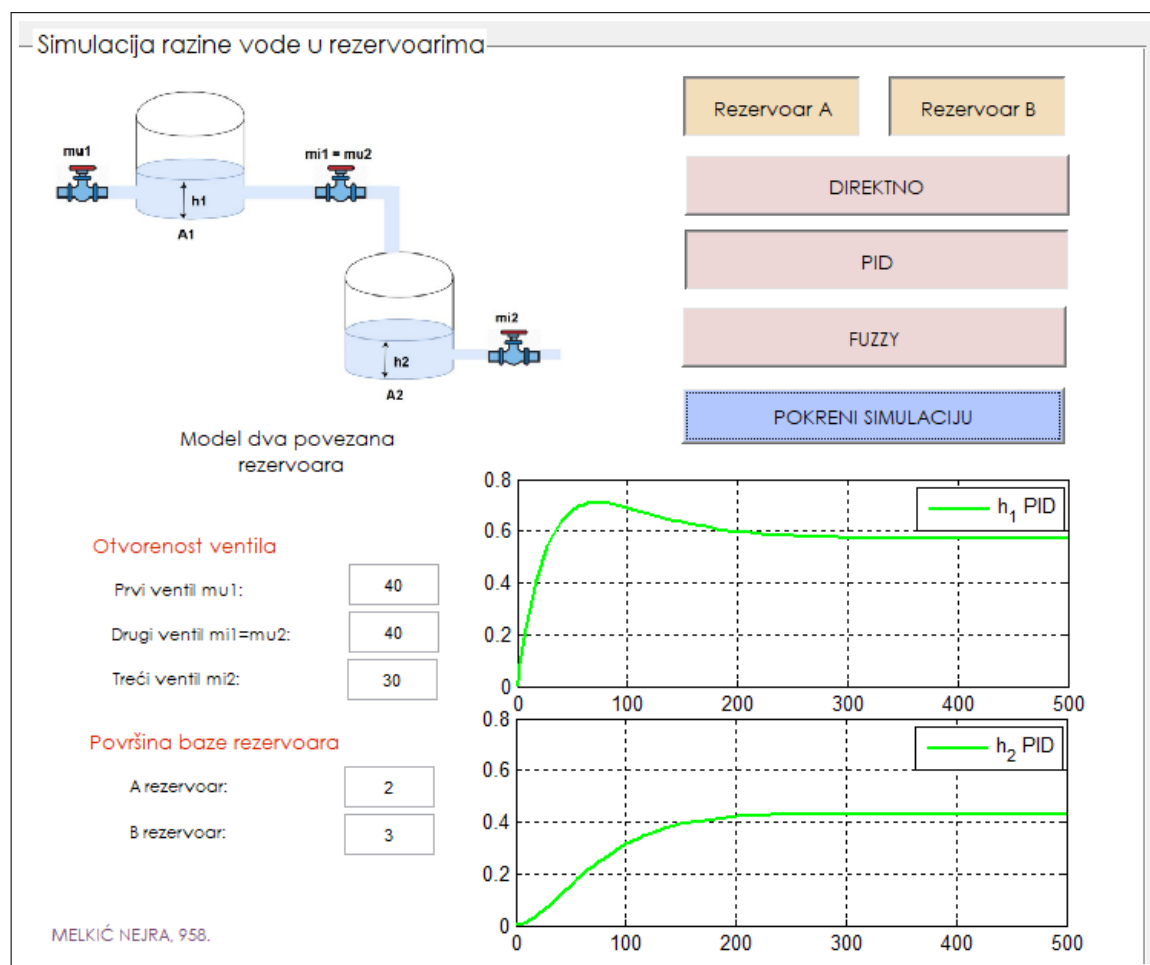
Za crtanje legende, korištene su različite uslovne petlje. Naprimjer, ukoliko su sva tri grafa označena (za, recimo, rezervoar A), vrijednost svih Toggle buttona će biti 1, i legenda se crta sljedećim kodom:

```
if pid == 1 && fuzzy == 1 && direktno == 1  
    legend( 'h_1 direktno' , 'h_1 PID' , 'h_1 fuzzy' );  
end
```

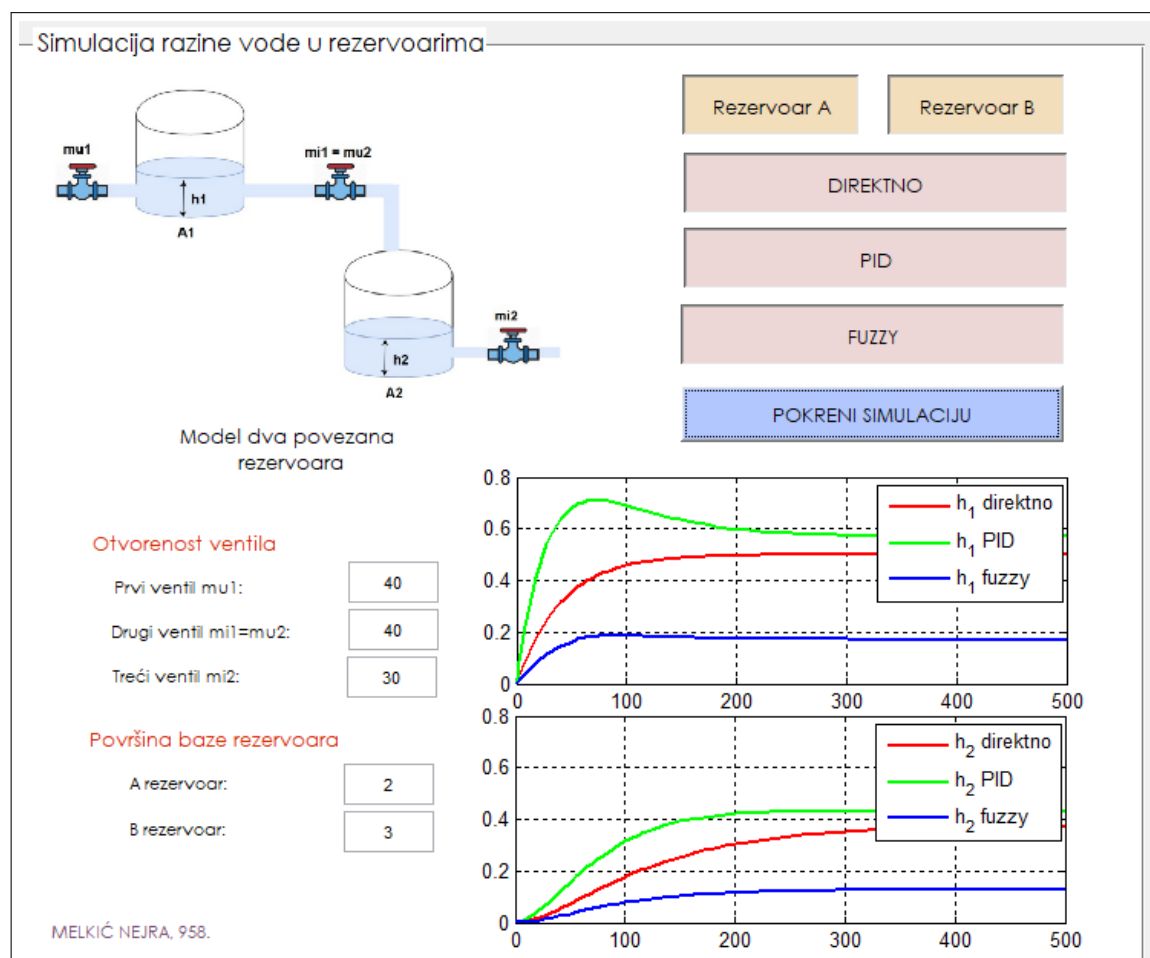
Na sljedećim stranicama se nalaze primjeri kako izgleda GUI aplikacija kada se žele prikazati određeni nivoi.



Slika 25: Označen je direktni i fuzzy button kod oba rezervoara



Slika 26: Označen je PID button kod oba rezervoara



Slika 27: Označeni su svi buttoni kod oba rezervoara

4. Zaključak

Sistem koji se sastoji od dva rezervoara je prikazan na tri različita načina, s tri različita izlaza. Prvi način rješavanja sistema je direktan, u kojem su se pisale jednačine kola za nivoe tečnosti h_1 i h_2 , rezervoara A i B, respektivno. Ove jednačine su u vremenskoj domeni, tako da je njihov Simulink model bio veoma jednostavan za kreirati. Ovaj model se, kasnije, koristio u svakom slučaju modeliranja u sklopu subsistema rezervoara. Drugi način prikaza je stabilizacijom sistema pomoću PID regulatora, koji ima svoje proporcionalno, integralno i diferencijsko svojstvo. Da bi se sistem stabilizovao PID regulatorom, bilo je potrebno direktne jednačine sistema, izračunate u prvom dijelu zadatka, primjenom Laplasovih transformacija prebaciti u s domenu i na taj način kreirati prijenosnu funkciju sistema. Nakon toga, za potragu parametara PID regulatora, korištena je metoda prijelazne funkcije, ili metoda otvorene sprege, nakon koje su se izvršila fina podešavanja parametara, da bi sistem bio optimalniji. Sistem je prikazan u Simulinku, tako da je jednačina iz prvog dijela predstavljala subsistem rezervoara. Treći način prikaza je stabilizacija sistema pomoću Fuzzy regulatora, koji prima dva ulaza - nivo tečnosti i njegovu promjenu. Izlaz iz ovog regulatora je otvaranje / zatvaranje ventila po potrebi. Za sistem su podešena odgovarajuća pravila u bazi i predstavljen je Simulink modelom, u kojem je također, rezervoar predstavljao subsistem unutar kojeg se nalazio model iz prvog slučaja. Načini prikaza su prikazani na jednom zajedničkom modelu i Workspaceu, ali i na kreiranoj GUI aplikaciji.

5. Literatura

Korištena literatura:

- Van. prof. dr. Edin Mujčić, predavanja iz predmeta Inteligentni sistemi, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, maj, 2019.
- Bach.el. Una Drakulić, vježbe iz predmeta Inteligentni sistemi, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, maj, 2019.