

Univerzitet u Sarajevu
Elektrotehnički fakultet

Realizacija dvopoložajnog regulatora na PLC-u

Praktikum automatike i informatike

Studenti:
Tarik Krivošija(18584)
Tarik Hasić (18213)

Sažetak

Zadatak ovog projekta je analiza primjene dvopoložajnog regulatora na astatički sistem prvog reda. Ukratko će biti opisan pojam dvopoložajnog regulatora te njegove primjene. Sistem će biti opisan jednačinama nakon čega će biti određene konstante K_1 i K_2 u svrhu dobivanja vremena punjenja odnosno pražnjenja rezervoara kako bi se taj proces mogao simulirati. Također odredit ćemo karakteristiku senzora odnosno ovisnost udaljenosti od napona kako bi znali na kojoj udaljenosti se nalazi tečnost u odnosu na senzor za napon koji pokazuje u tom trenutku na svom izlazu. To je neophodan postupak da bi se isprogramirao PLC. Na kraju će se izvršiti usporedba simuliranog i stvarnog sistema te će biti donešeni zaključci.

Abstract

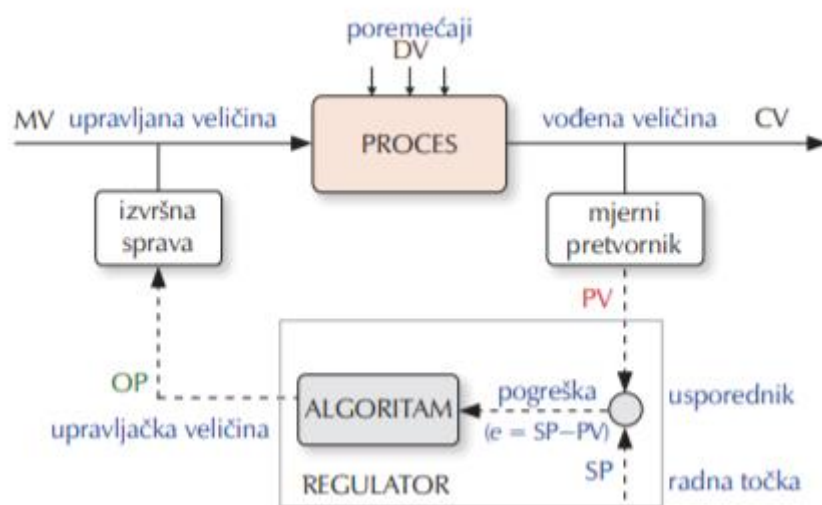
The task of this project is to analyze the application of a two-position regulator to a first-order astatic system. The concept of a two-position controller and its application will be briefly described. The system will be described by equations, after which constants K_1 and K_2 will be determined in order to obtain the time of filling or emptying the tank so that this process can be simulated. We will also determine the characteristic of the sensor or the dependence of the distance on the voltage in order to know at what distance the liquid is in relation to the voltage sensor that is pointing at that moment at its output. This is necessary procedure to program a PLC. Finally, a comparison of the simulated and the real system will be made and conclusions will be drawn.

Sadržaj

1	Uvod.....	4
1.1	Opis problema.....	5
1.2	Pregled literature.....	7
1.3	Moguće aplikacije u praksi.....	7
2	Organizacija vježbe	7
2.1	Segmenti vježbe	8
2.2	Sheme spajanja.....	9
3	Korišteni algoritam/alat.....	10
3.1	Opis rada korištenog algoritma	10
4	Simulacijski rezultati	12
4.1	Postavka simulacije.....	12
4.2	Rezultati simulacije.....	13
5	Eksperimentalni rezultati	14
6	Zaključak i diskusija.....	15
7	Reference	15

1 Uvod

Kada govorimo o objektu upravljanja kao dijelu postrojenja, koje treba staviti pod kontrolu primjenom tehnika upravljanja, u tom postupku ključnu ulogu ima regulator kao dio regulacionog postupka. Regulator predstavlja komponentu regulacione konture koja na osnovu poređenja zadane vrijednosti i mjerene vrijednosti regulirane veličine određuje regulaciono djelovanje i njime djeluje na sistem kojim se upravlja [1]. Regulirana veličina predstavlja fizičku veličinu čiju vrijednost treba održavati na zadanom nivou uz što manju grešku. Greška se u većini sistema javlja prvenstveno zbog vanjskih uticaja. Na slici 1.1 možemo vidjeti prethodno opisan postupak upravljanja pomoću regulatora :



Slika 1.1 Regulaciona kontura [2]

Regulatori se mogu podijeliti prema izvoru energije koja ih pokreće:

1. elektronički
2. pneumatski
3. mehanički
4. hidraulički.

Regulatore također možemo podijeliti prema vrijednosti koju daju na izlazu u dvije osnovne klase:

- regulatori sa kontinualnom vrijednošću izlaza

Regulatori sa kontinualnom vrijednošću izlaza na svom izlazu daju kontinualno promjenljiv signal, ovisan o regulacionoj greški [1].

- regulatori sa diskretnim vrijednostima izlaza

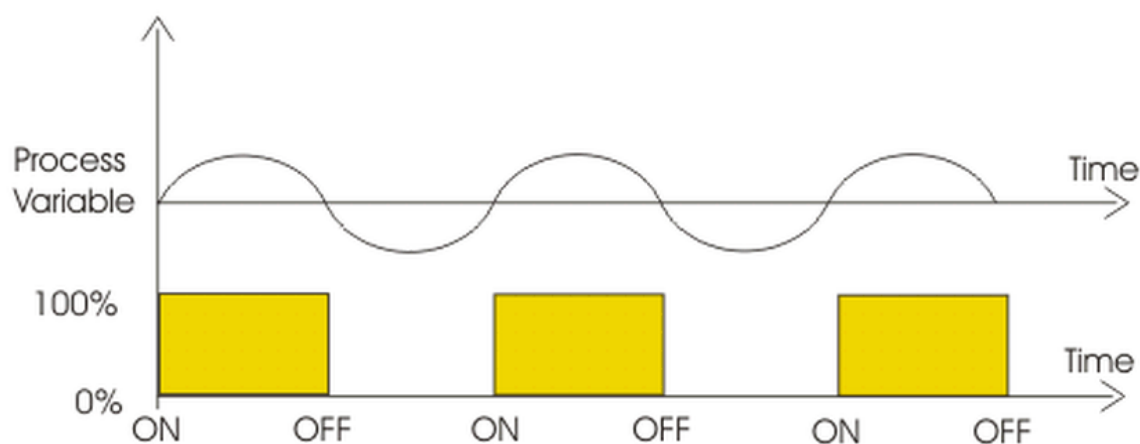
Kod regulatora sa diskretnim vrijednostima izlaza se kao izlazni signal mogu pojaviti samo vrijednosti iz konačnog skupa unaprijed određenih vrijednosti [1]. Upravo je dvopoložajni regulator takav da na svom izlazu može dati dvije vrijednosti i to „uključeno“ i „isključeno“.

Dakle na izlazu može biti maksimalno ili minimalno dejstvo u zavisnosti od toga da li je ulazna veličina ispod ili iznad radne tačke odnosno zadane vrijednosti.

U nastavku ćemo opisati princip rada dvopoložajnog regulatora na primjeru dvopoložajne regulacije nivoa tečnosti u rezervoaru.

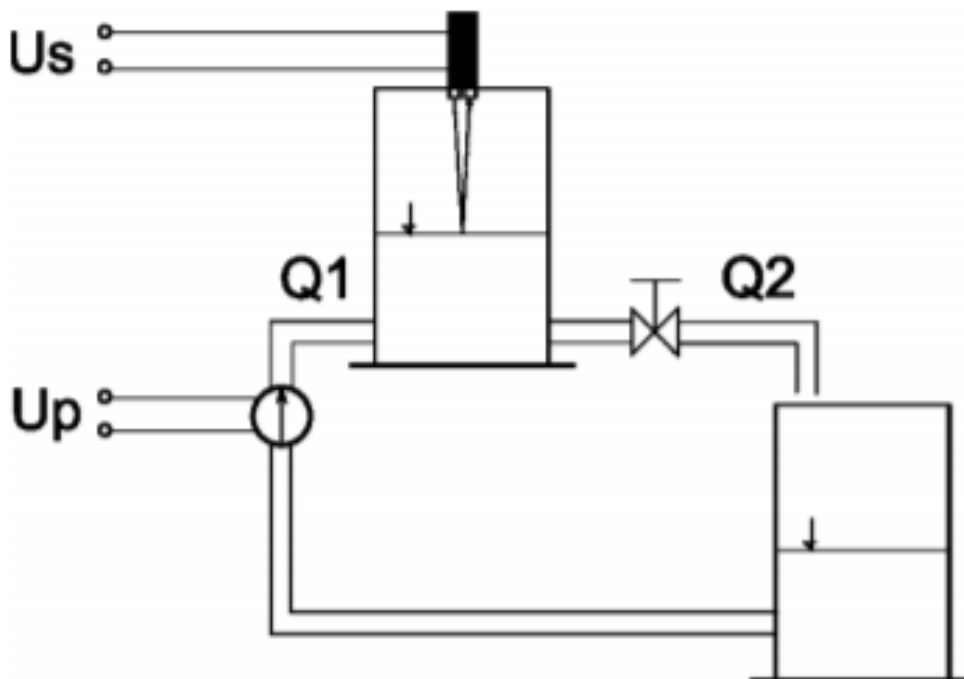
1.1 Opis problema

Pomoću ove regulacije moguće je izlaznu veličinu držati u okolini neke željene vrijednosti sa određenom greškom koju biramo tako da zadovoljava naše potrebe. Treba napomenuti da se greška kod ovih regulatora nikada ne može spustiti na nulu zbog vremena odziva regulatora jer i sam regulator predstavlja dinamički sistem.



Slika 1.1 Grafički prikaz dvopoložajne regulacije [3]

Naš zadatak je primjena dvopoložajnog regulatora u svrhu upravljanja i kontrolisanja nivoa tečnosti u rezervoaru. Potrebno je održavati nivo tečnosti od 24cm sa greškom od ± 2 cm. Regulator će se paliti pri dostizanju donje odnosno gasiti pri dostizanju gornje granice greške. Sistem je prikazan na slici 1.2.



Slika 1.2 Sistem nad kojim se vrši upravljanje

Možemo reći da je ekvivalentni protok $Q(t) = Q_1(t) - Q_2(t)$ pa onda vrijedi :

$$V(t) = \int Q(t) dt \quad (1.1)$$

$$V(t) = S \cdot h(t) \quad (1.2)$$

S – površina poprečnog presjeka rezervoara

Q – zapreminski protok tečnosti (ulaz u sistem)

h – visina tečnosti u rezervoaru (izlaz sistema)

V – zapremina rezervoara

Pošto je $Q(t) = A$, gdje A predstavlja neku konstantu sa jedinicom cm^3/s , vrijedi :

$$V(t) = A \cdot t \quad (1.3)$$

Uvrštavanjem (1.3) u (1.2) i uvođenjem smjene $K = \frac{A}{S}$ gdje je K konstanta sa jedinicom cm/s Sistem je moguće opisati jednačinom :

$$h(t) = K \cdot \int dt = K \cdot t \quad (1.4)$$

Dakle ako na ulaz sistema dovedemo step, na izlazu se pojavljuje rampa sa nagibom K , što znači da je izlaz sistema integral ulaza pa se ovaj sistem ponaša kao integrator sa čistim transportnim kašnjenjem i pojačanjem K . Laplaceova transformacija prenosne funkcije našeg integratora je :

$$G(s) = \frac{K}{s} \quad (1.5)$$

Bitno je naglasiti da transportno kašnjenje nije zadano niti smo ga mogli izmjeriti, može se pretpostaviti da je jako malo pa ćemo ga zanemariti.

Sistem će biti u potpunosti opisan pronalaženjem konstante K jer je protok $Q(t)$ bio konstantan tokom vremena pa će i $h(t)$ biti linearna funkcija.

1.2 Pregled literature

Za izradu projektnog zadatka koristili smo sljedeću literaturu:

- Samim Konjicija, Skripta *Praktikum automatike i informatike, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu*, januar 2007. godine
- Božidar Matić, *Projektovanje sistema automatske regulacije i upravljanja tehnoloških procesa*, Svjetlost Sarajevo, 1989. godine

1.3 Moguće aplikacije u praksi

Jako čest primjer dvopoložajne regulacije je upravljanje ventilatorom za hlađenje. Pretpostavimo da je zadana temperatura 20°C . Ventilator radi na jednostavnom principu a to je kad temperatura dostigne određenu vrijednost (a to je $20^{\circ}\text{C} + \text{dozvoljena greška}$) ventilator se pali i okreće svojim punim kapacitetom odnosno na izlazu regulatora je dejstvo „uključeno“. Kada temperatura padne do određene vrijednosti (a to je $20^{\circ}\text{C} - \text{dozvoljena greška}$) ventilator se gasi i na izlazu regulatora je dejstvo „isključeno“.

Neke od ostalih mogućih aplikacija primjene nivoa su jako široke, a same dvopoložajne regulacije još šire:

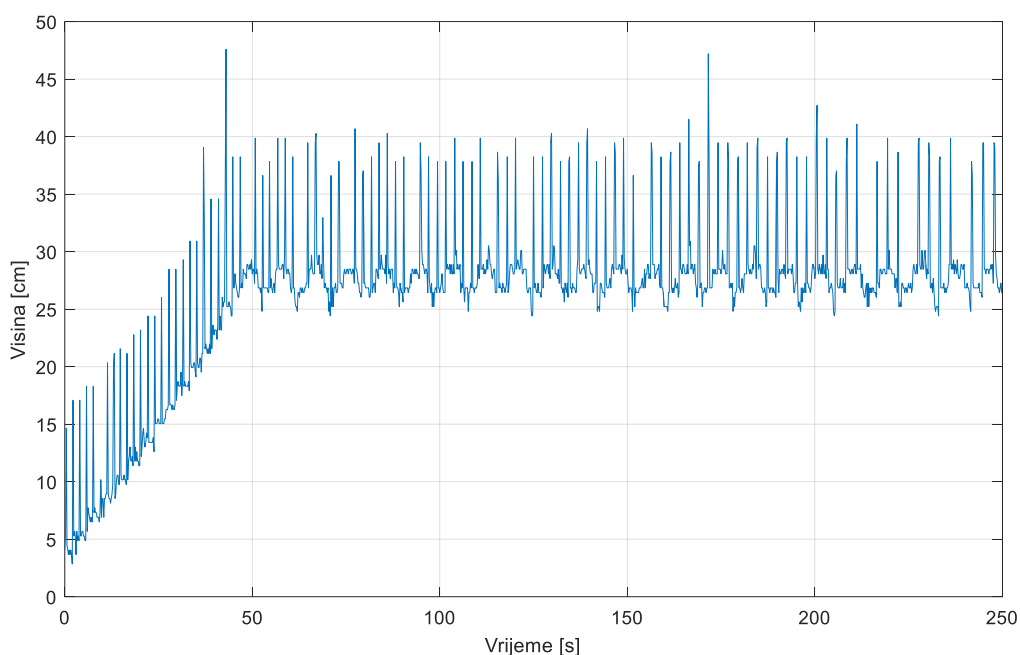
- Medicina
- Farmacija
- Hemijska industrija
- Prehrambena industrija
- Agrokultura
- Industrijska postrojenja
- Naftna industrija

2 Organizacija vježbe

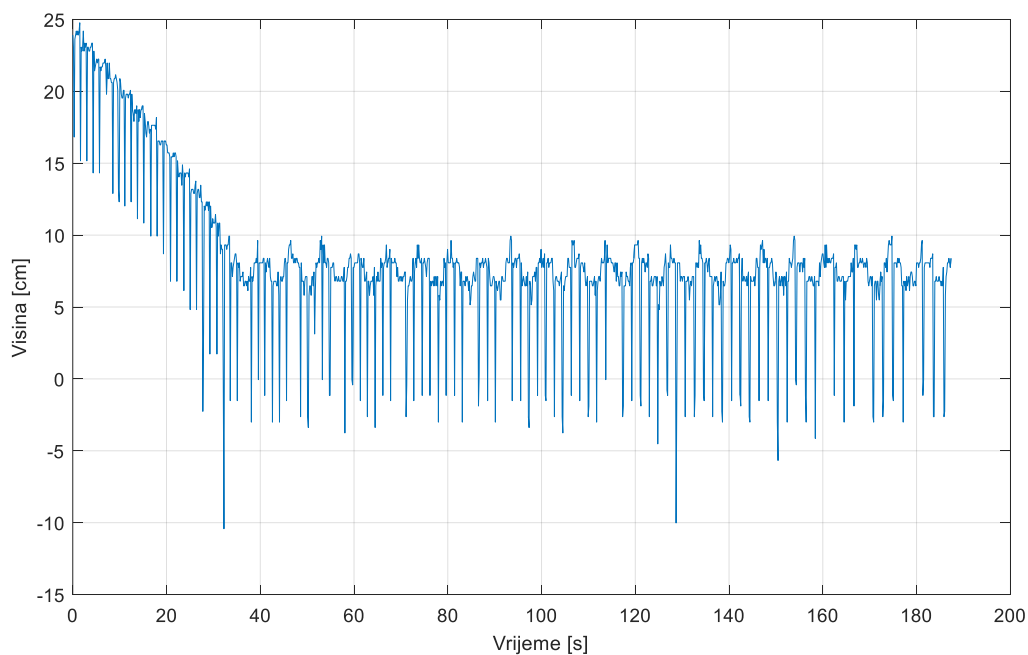
Zbog trenutne situacije tj. pandemije koronavirusa nemamo pristup laboratoriji te vježbu nismo mogli uraditi u laboratoriji. Tako da smo sva potrebna mjerenja dobili od neke od prethodnih generacija.

2.1 Segmenti vježbe

Zbog trenutne situacije nismo imali pristup laboratoriji te nismo mogli izvršiti mjerenje statičke karakteristike ultrazvučnog senzora, mjerenje nivoa u rezervoaru te akviziciju podataka preko MCC kartice. Umjesto toga dobili smo mjerenja od neke od prethodnih generacija. Izvršeno je rastuće i opadajuće mjerenje napona na izlazu senzora sa korakom od 1 cm na razmaku od 0 do 57 cm, te je izvršeno mjerenje nivoa također rastućim i opadajućim mjerenjem. Uzlazno mjerenje je prikazano na slici 2.1, a silazno na slici 2.2.



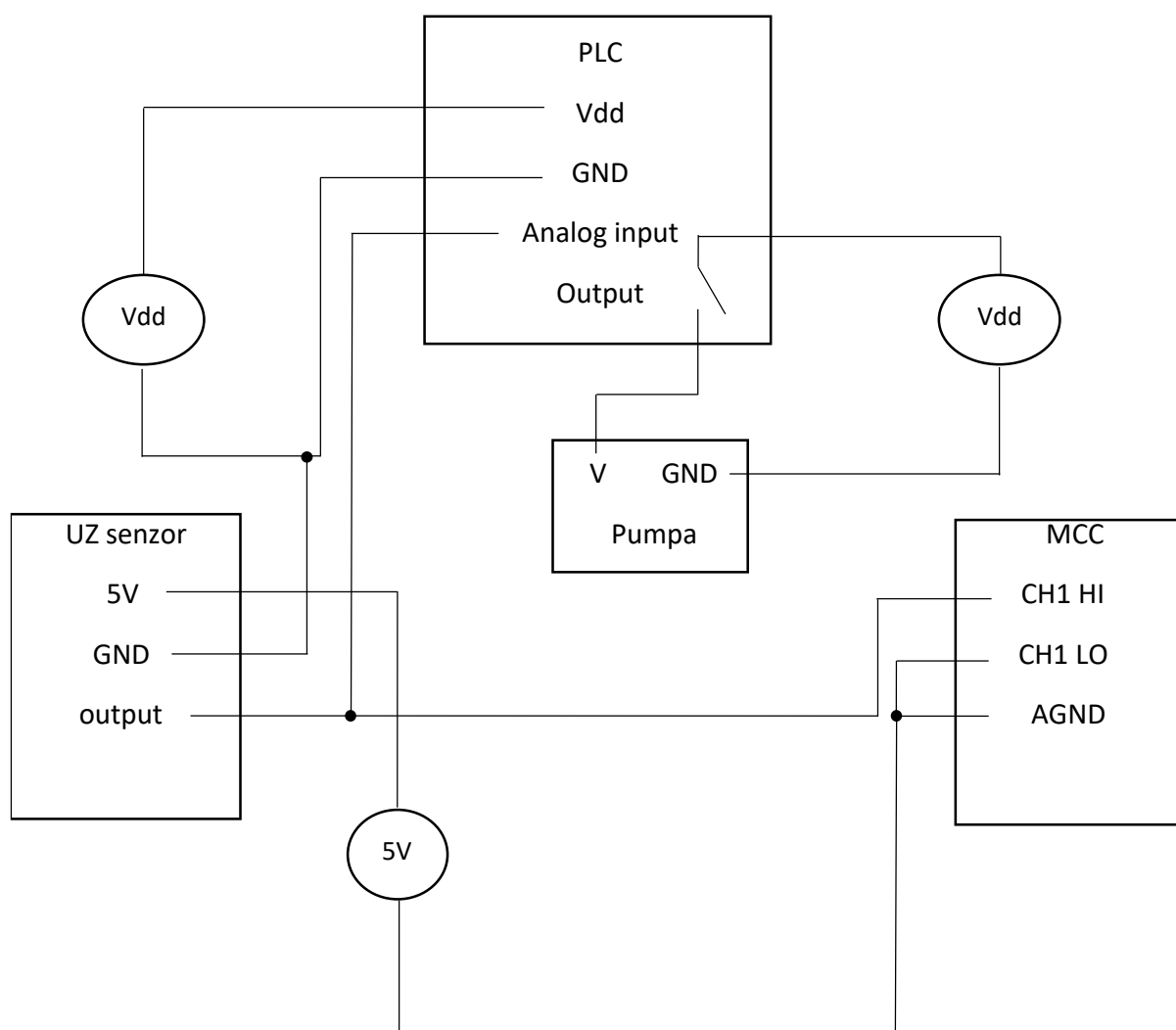
Slika 2.1 rastuće mjerenje nivoa u rezervoaru



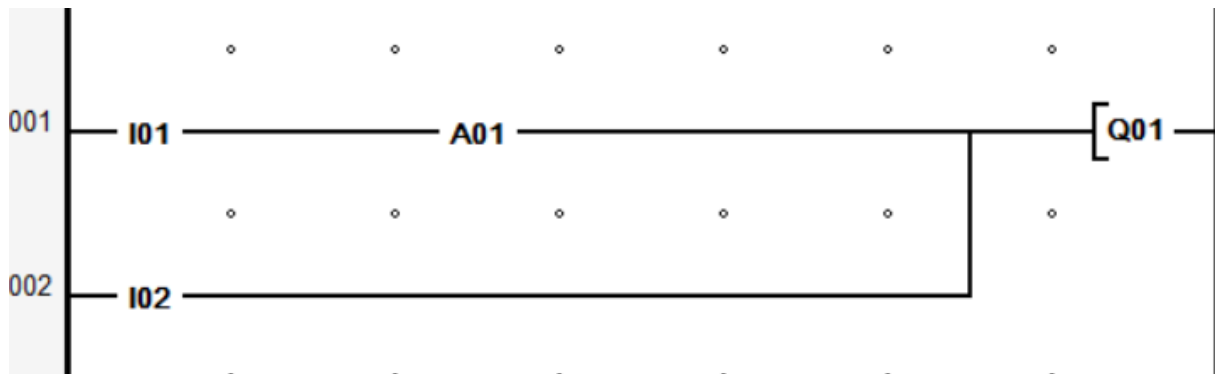
Slika 2.2 Opadajuće mjerenje nivoa u rezervoaru

2.2 Sheme spajanja

Na slici 2.3 je prikazana shema spajanja sistema. Napajanje ultrazvučnog senzora udaljenosti je 5 V i njegov izlaz se spaja na akvizicionu karticu gdje očitavamo visinu unutar rezervoara u zavisnosti od vremena. Njegov izlaz također je spojen na analogni ulaz PLC-a gdje se trenutna vrijednost napona na izlazu senzora poredi sa vrijednošću gornje i donje granice greške kako bi se dobila informacija da li je potrebno mijenjati stanje u kojem se nalazi pumpa odnosno da li je potrebno spustiti ili podići prekidač. Pretpostavljen je single-ended način spajanja kola sa akvizicijskom karticom.



Slika 2.1 Shema povezivanja komponenti sistema



Slika 2.2 Unutrašnja shema PLC-a

Kada se pokrene simulacija pumpa se odmah pali jer je napon mali. Kada napon pređe vrijednost oko 2.2V pumpa se gasi, a kada se spusti otprilike do 2V pumpa se opet pali. Također dodan je input2 jer se traži da se pumpa može uvijek pokrenuti bez obzira na nivo tečnosti.

3 Korišteni algoritam/alat

Da bi mogli vršiti simulaciju regulacije nivoa pomoću dvopoložajnog regulatora potrebno je odrediti konstante K_1 i K_2 . Također da bi mogli isprogramirati PLC potrebno je odrediti karakteristiku senzora, tačnije potrebno je odrediti napon pri kojem će se pumpa paliti odnosno gasiti uvažavajući vrijednost histereze.

3.1 Opis rada korištenog algoritma

Regulirana veličina u zavisnosti da li je regulator uključen će se mijenjati linearno po zakonu :

$$h = K * B * t \quad (3.1)$$

kada je regulator isključen, odnosno :

$$h = K * A * t \quad (3.2)$$

kada je regulator uključen.

Amplituda oscilacija je data formulom :

$$\Delta h = 2a \quad (3.3)$$

Neka je $K_1 = a * K$ i $K_2 = B * K$

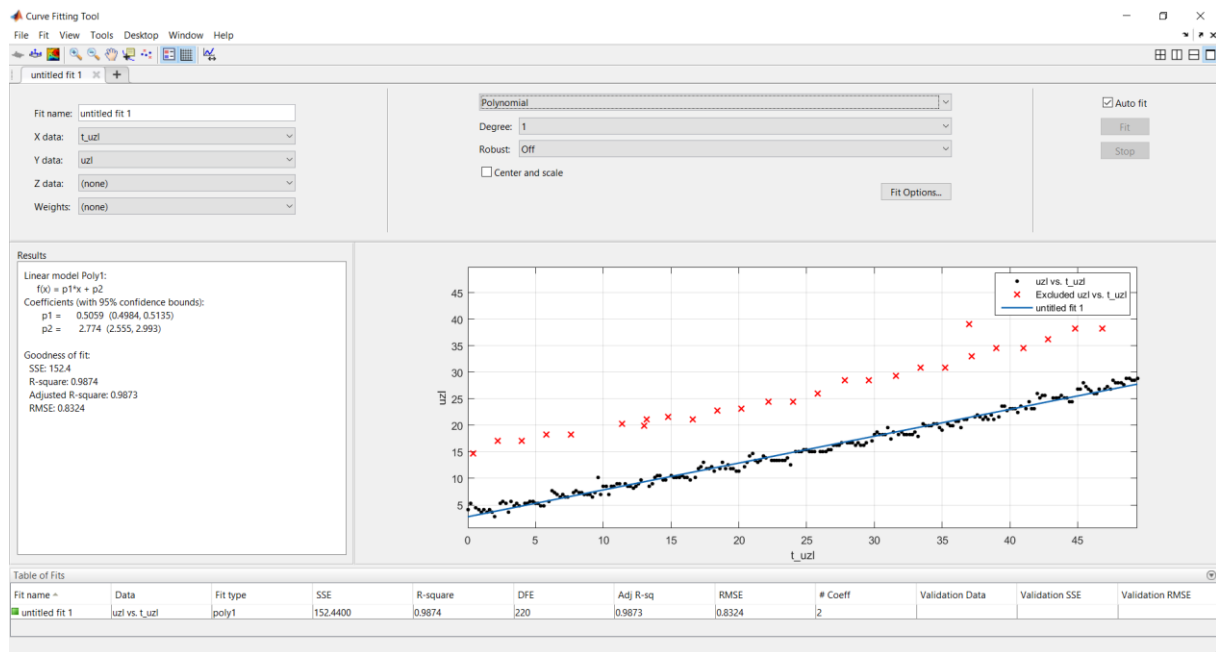
Vrijeme punjenja [22→26cm] će biti:

$$t_1 = \frac{2a}{K_1} \quad (3.4)$$

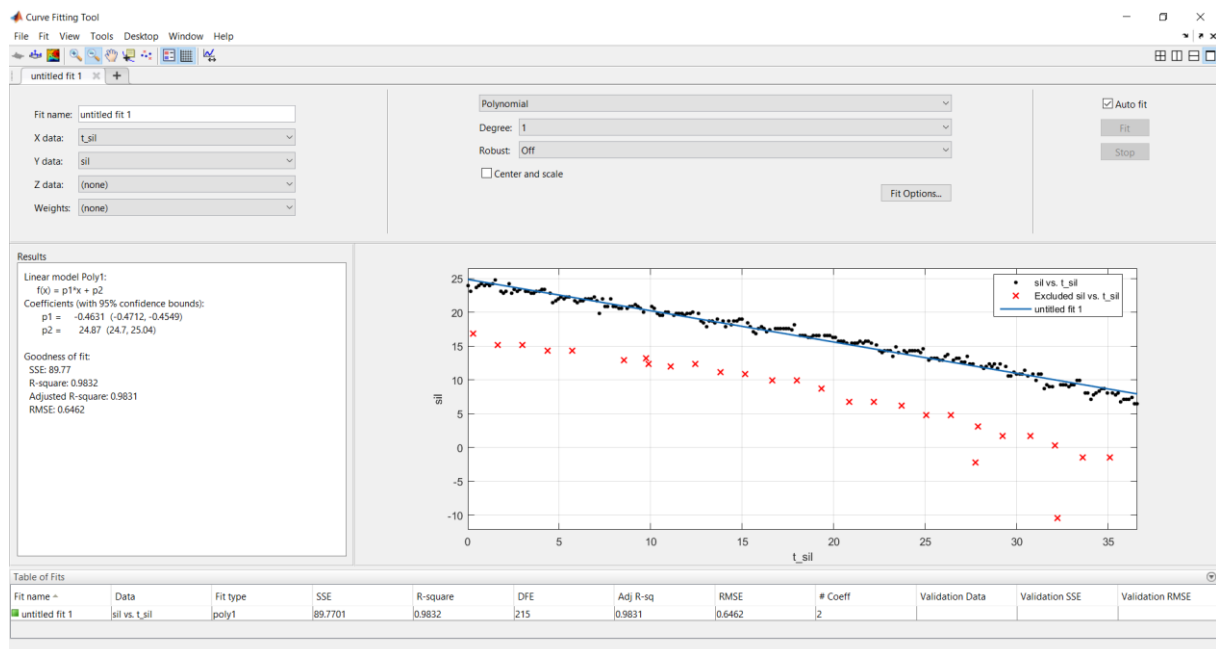
Vrijeme pražnjenja [26→22cm] će biti :

$$t_2 = \frac{2a}{K_2} \quad (3.5)$$

Potrebno je naći konstante K_1 i K_2 kako bi se dobilo vrijeme punjenja i pražnjenja rezervoara. Njih dobivamo tako što nađemo nagib koju je prava imala u intervalu od [0-49s] za rastuće mjerenje odnosno od [0-37s] za silazno mjerenje. Intervale smo odabrali proizvoljno s tim da smo gledali da obuhvate što je moguće više tački uz ograničenje da prava ne mijenja pravac. Postupak je prikazan na slici 3.1 i 3.2.



Slika 3.1 rastuće mjerenje



Slika 3.2 silazno mjerenje

Vidi se da je $K_1 = 0.5059 \frac{cm}{s}$ i $K_2 = -0.4631 \frac{cm}{s}$ pa slijedi da je $t_1 = 7.9s$ i $t_2 = 8.637s$.

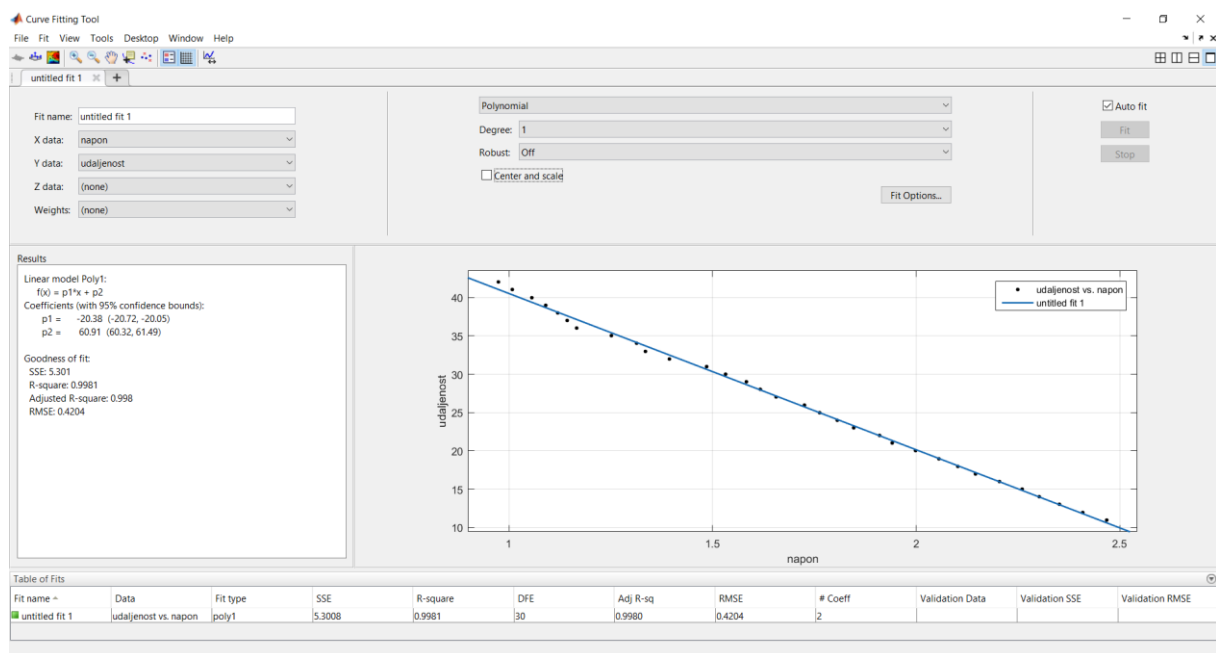
Dakle da bi se nivo tečnosti u rezervoaru digao za 4cm, potrebno je 7.9s a da bi se spustio isto toliko potrebno je 8.637s.

Period oscilovanja je $t_1 + t_2 = 16.537s$

Sada je potrebno odrediti granične napone pri kojima se pumpa pali odnosno gasi te vrijednost histereze.

Iako se u ovom slučaju ništa značajno neće promijeniti bitno je uočiti da ćemo u slučaju kada se nivo tečnosti u rezervoaru povećava gledati opadajuću karakteristiku senzora a u suprotnom rastuću. Razlog za to je što je sistem realizovan tako da se senzor nalazi na vrhu rezervoara pa sa povećanjem nivoa tečnosti, napon na njegovom izlazu će rasti jer se udaljenost između njega i tečnosti smanjuje. Pošto su rastuća i opadajuća karakteristika u ovom slučaju jako slične, uzet ćemo srednje vrijednosti granica histereze i željenog nivoa.

Ono što možemo očitati iz tabele i vidjeti na slici 3.3 je da će za udaljenost od 18cm između tečnosti i senzora, senzor pokazivati otprilike 2.1V dok je vrijednost histereze oko 0.2V.



Slika 3.3 karakteristika senzora

Dobije se da je ovisnost visine od napona na izlazu senzora na nama interesantnom opsegu :

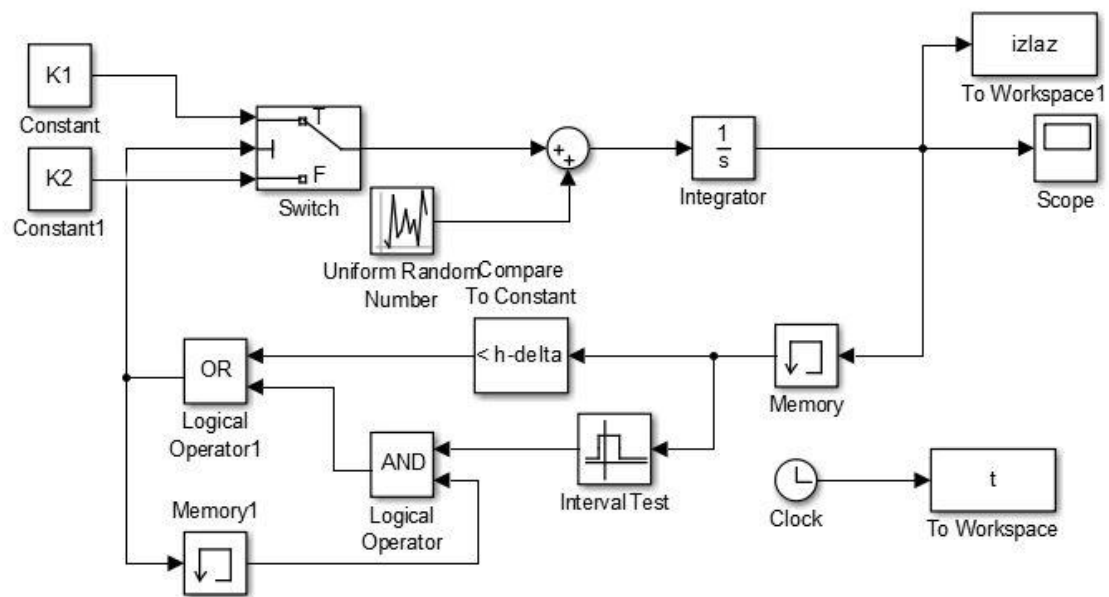
$$h(U) = -20.38U + 60.91[cm] \quad (3.6)$$

4 Simulacijski rezultati

U ovom poglavlju ćemo pokazati simulaciju dvopoložajnog regulatora nivoa tečnosti u rezervoaru kroz Matlab®/Simulink®.

4.1 Postavka simulacije

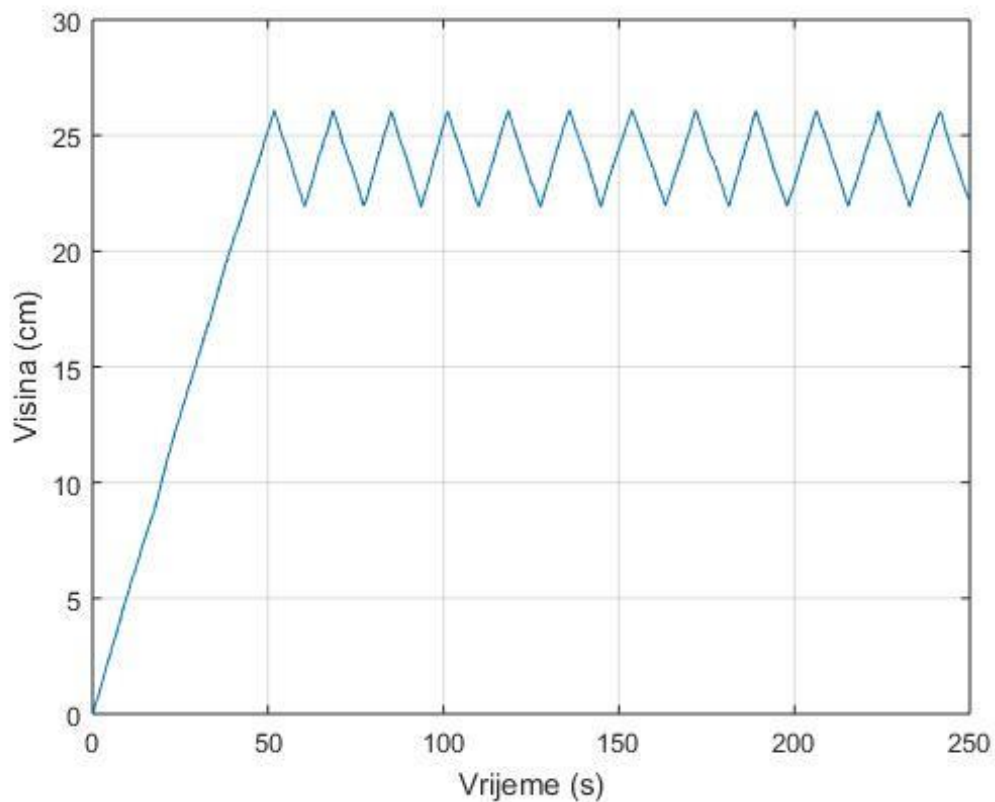
Prvo ćemo prikazati blokovsku shemu sistema odnosno dvopoložajnog regulatora za odabrane konstante K_1 i K_2 .



Slika 4.1 Blokvska shema dvopoložajnog regulatora nivoa tečnosti u rezervoaru

4.2 Rezultati simulacije

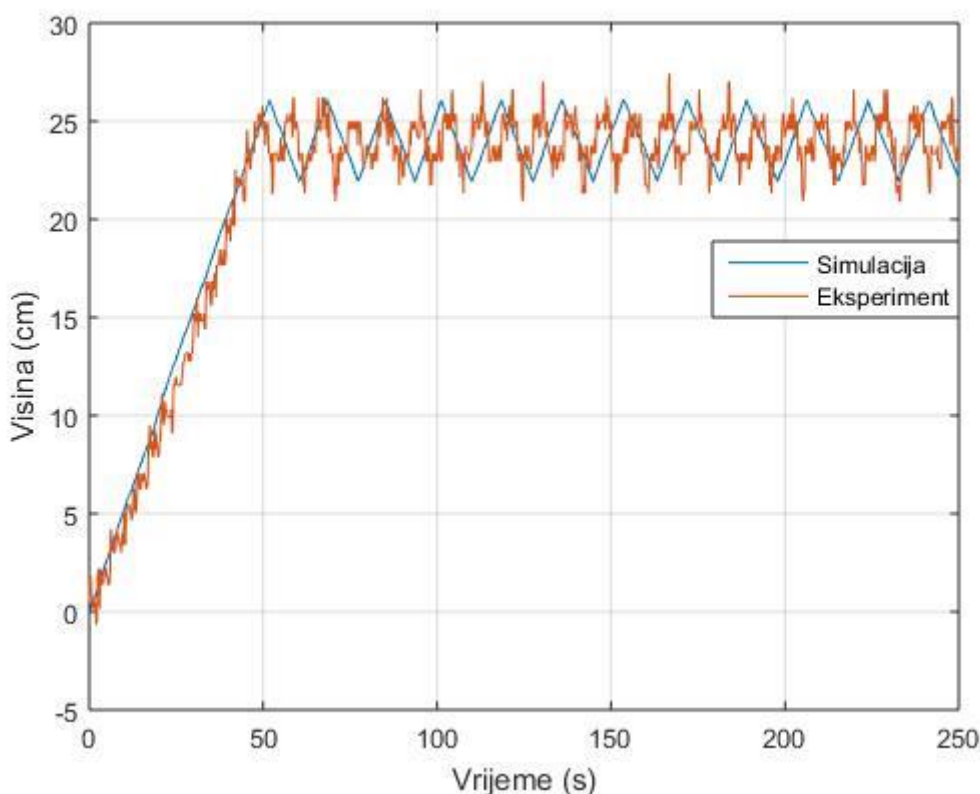
Vrijednost oko koje je vršena regulacija je $h = 24 \text{ cm}$ sa greškom od $\delta = 2 \text{ cm}$, početna vrijednost nivoa je $h_0 = 0 \text{ cm}$. Vrijednost konstanti su $K_1 = 0.5059 \text{ cm/s}$ i $K_2 = -0.4631 \text{ cm/s}$. U simulaciju je ubačen i šum čija je vrijednost između -0.3 i 0.3 cm/s . Rezultat simulacije je prikazan na slici 4.2.



Slika 4.2 Zavisnost nivoa od vremena kroz simulaciju

5 Eksperimentalni rezultati

Na slici 5.1 vidimo usporedbu odziva realiziranog dvopoložajnog regulatora (narandžasta kriva) sa odzivom simuliranog sistema (plava kriva). Može se primjetiti da se nagib ove dvije krive na većini mjesta podudara što je znak da su konstante K_1 i K_2 korektno određene, međutim javljaju se razlike u fazi kad se regulator krene palit i gasit naizmjenično. Razlog za to je što se amplitude oscilacija s vremenom mijenjaju odnosno nisu iste kao naše. Dakle mi smo simulirali regulaciju sa konstantnom greškom $\pm 2\text{cm}$, a ono što možemo vidjeti sa dijagrama na slici 5.1 je da se greška kod stvarnog mjerenja mijenjala tokom vremena i bila manja od $\pm 2\text{cm}$ pa se upravo zbog toga mijenjao i period oscilovanja što nakon određenog vremena dovede do razlike u fazi. To je potpuno razumljivo s obzirom da mjerenja nisu naša te su vjerovatno zahtjevi bili drugačiji kada su ona vršena. Kada tome dodamo i nesavršenost mjerenja, odstupanja su sasvim razumljiva. Također dobivena mjerenja smo morali pomjerati (jer su ona predstavljala regulaciju oko nivoa cca 28cm) da bi mogli izvršiti poređenje. Bitno je naglasiti i da smo pokušali odrediti K_2 posmatrajući drugi dio silazne karakteristike te smo dobili $K_2 = -0.5464\text{cm/s}$. Međutim razlike na dijagramu su bile minorne.



Slika 5.1 Usporedba odziva realiziranog dvopoložajnog regulatora sa odzivom simuliranog sistema

6 Zaključak i diskusija

Ovaj projekat je demonstrirao kako se upravlja ne toliko složenim sistemom kombinacijom senzora udaljenosti i dvopoložajnog regulatora. Primjetno je da je korišteni regulator dosta jednostavan kako za upotrebu tako i za simulaciju pa zbog toga ima široku primjenu kako u industriji tako i u kućanstvu. Zbog jednostavnosti javlja se greška koja kao što je već rečeno nikada ne može biti 0. Naravno tačnost cijele regulacije je zavisila i od tačnosti senzora što nam govori da će upravljanje biti dobro ako sve komponente sistema rade na zadovoljavajućem nivou.

7 Reference

- [1] Samim Konjicija, Skripta *Praktikum automatike i informatike*, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, januar 2007. godine
- [2] Nenad Bolf, *Kemija u industriji*, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, 2016. godine.
- [3] <https://www.electrical4u.com/on-off-control-theory-controller/>