



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

MULTITANK SYSTEM

Autor: Țapu Andrada-
Petronela

Grupa: **30135**

AN UNIVERSITAR: 2024-2025

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

Cuprins

1.	Scopul Proiectului	3
a.	Obiective	3
b.	Specificații	3
2.	Determinarea modelului matematic al sistemului	5
a.	Analiza sistemului	5
b.	Identificare	6
3.	Proiectarea sistemului de control.....	10
4.	Implementarea sistemului de control.....	12
5.	Testare și analiza rezultate	13
6.	Concluzii	17

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

1. Scopul Proiectului

Scopul acestui proiect este controlul nivelului apei în cele trei rezervoare legate în lanț, de forme diferite, din cadrul sistemului MULTITANK de la INTECO. Primul rezervor are forma unui paralelipiped dreptunghic, al doilea este trapezoidal, iar ultimul are partea inferioară în rotunjită. Diferențele de formă au reprezentat prima provocare, deoarece fiecare rezervor se umple în intervale de timp diferite. Modul de control ales este prin intermediul pompei, deoarece, în simulator, doar această componentă putea fi controlată direct. Valvele au fost considerate constante. Singura modalitate prin care apa trece dintr-un rezervor în altul este prin valve, cu ajutorul gravitației. Doar primul rezervor primește apa direct, prin intermediul pompei, care poate fi controlată din simulator.

a. Obiective

Obiectivele lucrării au fost următoarele:

- Sa verific posibilitatea menținerii unui nivel constant al apei în toate cele trei rezervoare, în ciuda diferențelor de formă și a faptului că sunt conectate în lanț.
- Sa dezvolt un mecanism de control, în buclă închisă, care să permită reglarea manuală a nivelului apei în rezervoare. Scopul a fost ca, prin ajustarea referinței, să pot modifica în mod intenționat și controlat nivelul apei, iar aceste modificări să se reflecte rapid și precis în sistem.
- Sa utilizez un alt tip de controler, diferit de cele studiate în cadrul lucrărilor de laborator, pentru a explora eficiența și comportamentul sistemului sub strategii alternative de control. Astfel, am optat pentru un controler de tip fuzzy, datorită capacității acestuia de a gestiona sisteme nelineare.

b. Specificații

Aplicația are ca scop controlul automatizat al nivelului apei în cele trei rezervoare ale sistemului MULTITANK, prin intermediul unei pompe, utilizând un algoritm de control eficient și adaptabil.

Funcționalități principale ale lucrării:

- Monitorizarea în timp real a nivelului apei din fiecare rezervor.
- Posibilitatea de a seta manual un nivel dorit pentru apa în unul sau mai multe rezervoare.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

- Aplicarea unui algoritm de control care ajusteaza debitul pompei pentru a atinge si mentine nivelurile dorite.

Nivele de performanta urmarite:

- Stabilizarea nivelului apei fara oscilatii majore.
- Minimizarea erorii in regim stationar.

Limitari identificate:

- Posibilitatea de a controla doar pompa din simulator, fara control asupra valvelor.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

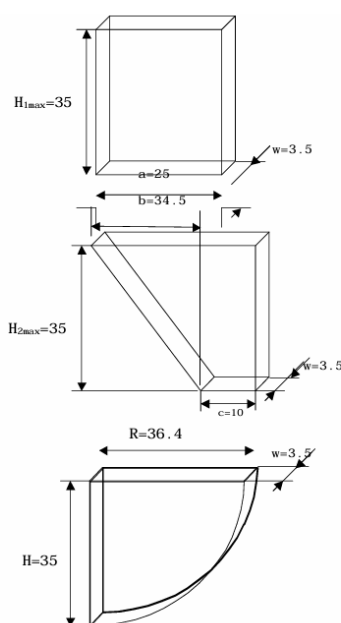
2. Determinarea modelului matematic al sistemului

a. Analiza sistemului

Sistemul analizat este compus din trei rezervoare conectate în lanț, fiecare având o formă diferită, și o pompă care alimentează primul rezervor.

Specificatiile pentru rezervoare sunt urmatoarele:

- Primul rezervor : $H1_max(inaltime)=35cm$; grosime de 3.5cm si lungime de 25cm
- Al doilea rezervor: $H2_max=35\text{ cm}$, baza mica de 10 cm, grosime de 3.5 si baza mare 44.5 cm
- Al treilea rezervor: $H3_max=35\text{ cm}$, raza de 36.4 si grosime de 3.5



Marimile controlate in acest sistem sunt nivelurile apei din fiecare rezervor, acestea reprezentand variabilele de iesire ale sistemului ce trebuie mentinute in limitele dorite. Deoarece valvele nu pot fi controlate, singura marime manipulata este debitul pompei, care determina cantitatea de apa introdusa in sistem. Controlul se realizeaza prin ajustarea acestui debit in functie de eroarea dintre nivelul de referinta setat si nivelul masurat al apei in rezervoare.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

Sistemul functioneaza in bucla inchisa, folosind feedback-ul nivelului apei pentru a regla pompa. Datorita diferentelor de forma ale rezervoarelor si dinamicii gravitatiei, sistemul prezinta caracteristici neliniare, iar limitarea controlului doar la pompa restrange flexibilitatea sistemului.

Debitul pompei de apa poate fi estimat utilizand relatia derivata din ecuatiei lui Bernoulli, care descrie conservarea energiei intr-un flux ideal, necompresibil si fara pierderi. Intr-un caz simplificat, debitul ideal Q poate fi exprimat in functie de diferenta de nivel (inaltime) si sectiunea de curgere, dupa cum urmeaza:

$$Q = A \cdot \sqrt{2gh}$$

unde:

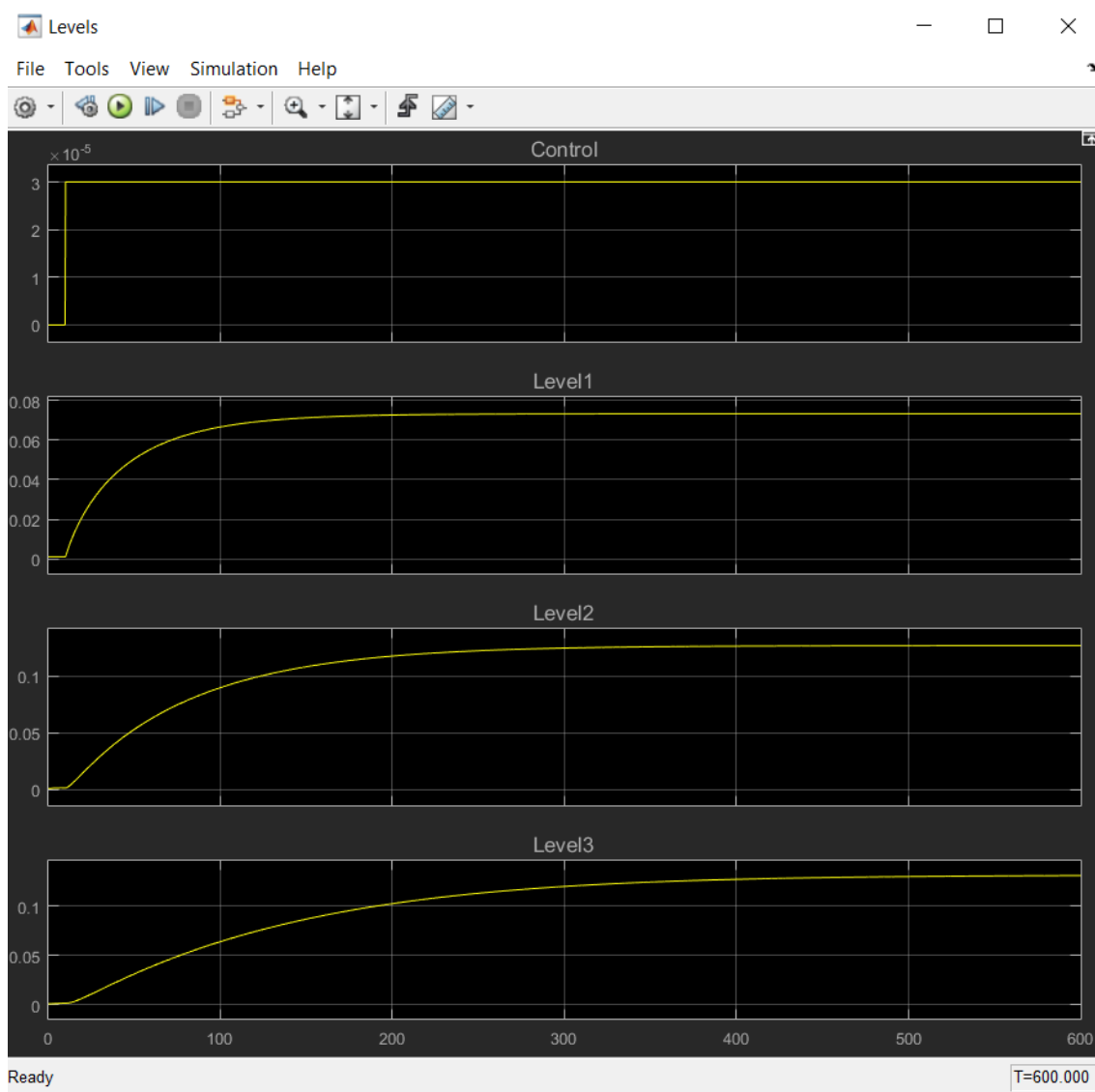
- Q este debitul de apa [m^3/s],
- A este aria sectiunii de curgere [m^2],
- g este acceleratia gravitationala [$9.81 m/s^2$],
- h este inaltimea coloanei de apa (diferenta de nivel)

Aceasta formula ofera o estimare teoretica a debitului in conditii ideale, fara frecari sau pierderi de energie. In practica, insa, comportamentul sistemului este influentat si de factori precum rezistentele hidraulice, forma geometrica a rezervoarelor si limitarile echipamentului de control. Prin urmare, modelul teoretic serveste ca punct de plecare pentru proiectarea controlerului, dar necesita ajustari si compensari pentru a reflecta cu acuratete dinamica reala a sistemului.

b. Identificare

Pentru identificarea sistemului, am utilizat modelul disponibil in simulator, in configuratia Open Loop (bucula deschisa), unde am aplicat un semnal de intrare de tip step cu amplitudinea de 0.00003. Acest semnal a fost aplicat asupra debitului pompei, reprezentand singura marime manipulata din sistem. Raspunsurile observate la acest semnal, adica nivelurile apei in cele trei rezervoare, au fost inregistrate si analizate ca iesiri ale sistemului.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	



Pentru a identifica comportamentul celor trei niveluri de apa din sistem, am utilizat analiza raspunsului la treapta. Observand forma raspunsurilor sistemului la semnalul de intrare aplicat in bucla deschisa, am concluzionat ca fiecare rezervor poate fi modelat printr-o functie de transfer de ordinul intai. Aceasta alegere a fost motivata de evolutia exponentiala a raspunsurilor, specifica sistemelor de ordinul intai, precum si de faptul ca dinamica fiecarui rezervor, desi diferita, se manifesta fara oscilatii si cu o panta initiala bine definita. Modelarea simplificata este suficienta pentru obtinerea unui control eficient, mai ales avand in vedere ca doar pompa este controlabila, iar comportamentul general al sistemului este nelinier in practica.

Pentru primul rezervor am identificat urmatoarea functie de transfer de ordinul intai, obtinuta in urma analizei raspunsului la treapta:

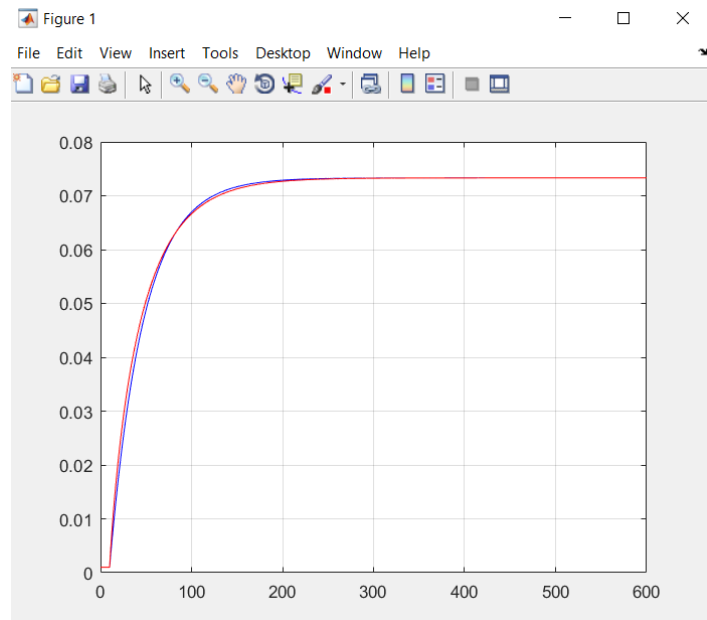
PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

Hf1 =

$$\frac{2410}{37s + 1}$$

Albastru-iesirea identificata

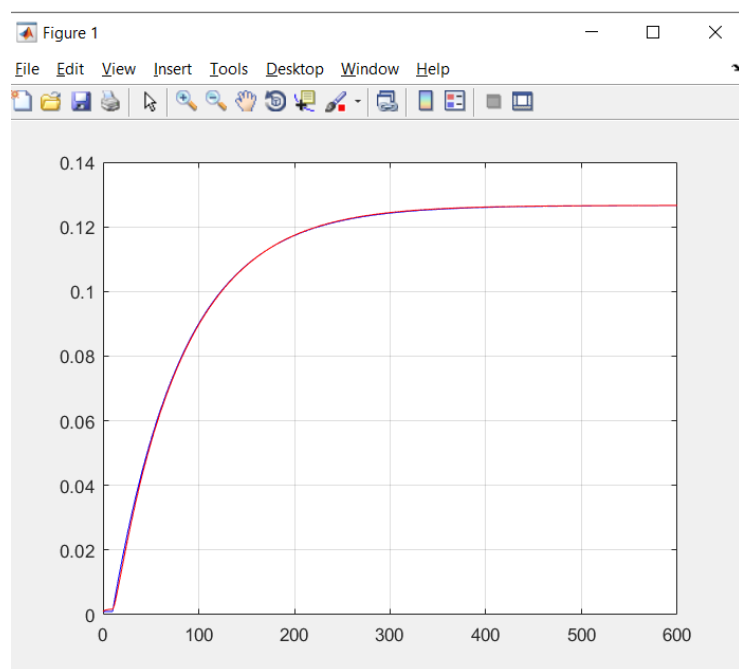
Rosu-iesirea data



Funcția de transfer pentru al doilea rezervor :

Hf2 =

$$\frac{4187}{73s + 1}$$



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

Albastru-iesirea identificata

Rosu-iesirea data

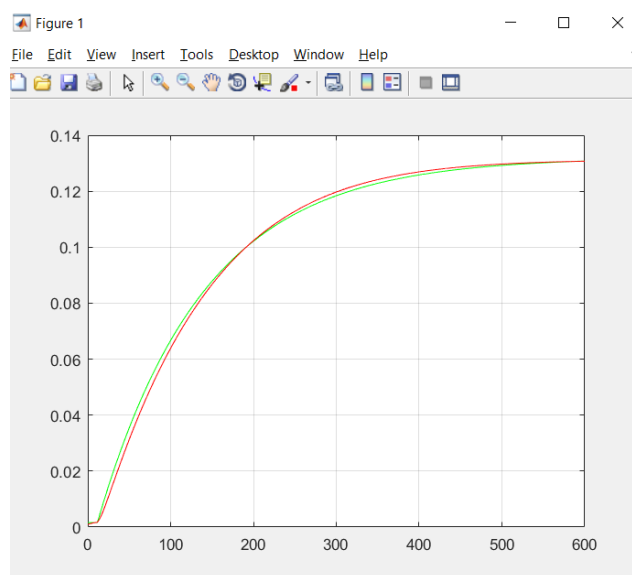
Functia de transfer pentru al treilea rezervor :

Hf3 =

$$\frac{4350}{128 s + 1}$$

Verde-iesirea identificata

Rosu-iesirea data



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

3. Proiectarea sistemului de control

Pentru proiectarea sistemului de control am ales utilizarea unui controler fuzzy, având în vedere natura neliniară a sistemului. Controlerul fuzzy proiectat are trei variabile de intrare, care reprezintă eroarea nivelului apei pentru fiecare dintre cele trei rezervoare. Variabila de ieșire a controlerului este semnalul de comandă trimis către pompa.

- Prima intrare (eroarea nivelului 1) utilizează 5 funcții de apartenență: *Negativ Mare, Negativ Mic, Zero, Pozitiv Mic, Pozitiv Mare*.
- A doua și a treia intrare (eroarea nivelului 2 și 3) au câte 3 funcții de apartenență: *Negativ, Zero, Pozitiv*.
- Variabila de ieșire are 5 funcții de apartenență, corespunzătoare acțiunilor de control: *Scade Mult, Scade Putin, Pastreaza, Crește Putin, Crește Mult*.

Toate funcțiile de apartenență folosite sunt de tip gaussian, alese pentru tranziții line și netede între seturi fuzzy. Pentru procesul de defuzzificare a fost utilizată metoda bisectorului, care oferă o valoare mediană stabilă a semnalului de ieșire.

Regulile fuzzy au fost definite pe baza observării practice a comportamentului sistemului și a unei logici de control intuitive. Obiectivul principal al acestora a fost corelarea erorilor măsurate la nivelul fiecărui rezervor cu acțiunile necesare asupra debitului pompei, astfel încât nivelul apei să poată fi stabilizat și menținut în jurul valorii de referință dorite.

Având în vedere că sistemul are trei variabile de intrare (eroarea pentru fiecare rezervor) și o ieșire (comandă către pompa), a fost necesară o acoperire completă a combinațiilor relevante de valori ale erorilor. În urma procesului de proiectare, am ajuns la un set de 45 de reguli fuzzy, construite astfel încât să asigure o reacție adecvată și echilibrată a sistemului în orice situație posibilă, cu scopul menținerii nivelurilor de apă în limitele stabilite. Regulile sunt următoarele:

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

```

1. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadeMult) (1)
2. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadeMult) (1)
3. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is ScadePutin) (1)
4. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadeMult) (1)
5. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadePutin) (1)
6. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is ScadePutin) (1)
7. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
8. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadePutin) (1)
9. If (Eroare1 is NegativMare) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is Pastreaza) (1)
10. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadeMult) (1)
11. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadePutin) (1)
12. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is ScadePutin) (1)
13. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
14. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadePutin) (1)
15. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is Pastreaza) (1)
16. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
17. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is Pastreaza) (1)
18. If (Eroare1 is NegativMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is Pastreaza) (1)
19. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
20. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is ScadePutin) (1)
21. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is Pastreaza) (1)
22. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
23. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is Pastreaza) (1)
24. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CrestePutin) (1)
25. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is Pastreaza) (1)
26. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CrestePutin) (1)

27. If (Eroare1 is Zero) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CrestePutin) (1)
28. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is ScadePutin) (1)
29. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is Pastreaza) (1)
30. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is Pastreaza) (1)
31. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is Pastreaza) (1)
32. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CrestePutin) (1)
33. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CrestePutin) (1)
34. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is Pastreaza) (1)
35. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CrestePutin) (1)
36. If (Eroare1 is PozitivMic) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CresteMult) (1)
37. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is Pastreaza) (1)
38. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CrestePutin) (1)
39. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Negativ) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CrestePutin) (1)
40. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is CrestePutin) (1)
41. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CrestePutin) (1)
42. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Zero) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CresteMult) (1)
43. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Negativ) then (Comanda is CrestePutin) (1)
44. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Zero) then (Comanda is CresteMult) (1)
45. If (Eroare1 is PozitivMare) and (Eroare2 is Pozitiv) and (Eroare3 is Pozitiv) then (Comanda is CresteMult) (1)

```

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

4. Implementarea sistemului de control

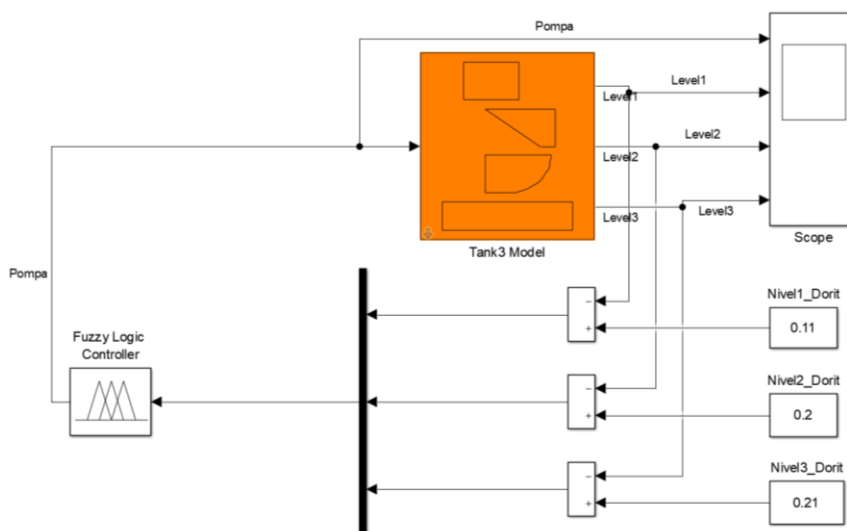
Sistemul de control a fost implementat în mediul Matlab/Simulink, utilizând modelul furnizat de simulatorul MULTITANK. Controlerul fuzzy a fost integrat în cadrul unui sistem în buclă închisă, care calculează eroarea dintre nivelul dorit și cel măsurat pentru fiecare rezervor și aplică o comandă corespunzătoare asupra pompei.

Pentru calculul erorii, am utilizat blocuri de tip Constant (pentru valorile de referință) și blocuri Subtract (pentru a face diferența dintre referință și nivelul curent al apei). Cele trei erori astfel obținute au fost combinate folosind un bloc MUX, pentru a furniza un vector de intrare către blocul Fuzzy Logic Controller.

Acest bloc fuzzy este configurat cu regulile și funcțiile de apartenență definite anterior și generează ca ieșire comandă către pompa. Evoluția în timp a nivelurilor apei și a semnalului de ieșire este vizualizată cu ajutorul blocului Scope, care permite o analiză grafică clară a performanțelor controlerului.

Implementarea este modulară și flexibilă, permitând modificarea facilă a regulilor fuzzy, a valorilor de referință sau a configurației funcțiilor de apartenență, pentru a analiza comportamentul sistemului în diferite scenarii.

Schema Simulink folosită este următoarea :



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

5. Testare și analiza rezultate

În urma procesului de proiectare și testare, am reușit să dezvolt un controler fuzzy capabil să mențină nivelul apei în apropierea valorii dorite pentru două dintre cele trei rezervoare. În timpul experimentelor, am observat că primul rezervor joacă un rol esențial în comportamentul întregului sistem, fiind singurul care primește apă direct de la pompa. Din acest motiv, nivelul setat ca referință pentru primul rezervor influențează în mod direct și semnificativ nivelurile celorlalte două rezervoare.

Astfel, atunci când referința pentru primul rezervor este setată prea jos, debitul de apă disponibil pentru celelalte rezervoare scade, chiar dacă referințele lor sunt mai ridicate. Acest fenomen apare din cauza curgerii gravitaționale și a conectării în lanț a rezervoarelor. În acest context, dacă diferența de nivel dintre primul rezervor și celelalte este prea mare, sistemul devine ineficient, iar controlul nu reușește să asigure atingerea valorilor dorite în aval.

Această observație evidențiază interdependența dinamică dintre cele trei rezervoare și importanța alegerii coerente a valorilor de referință, în funcție de poziția fiecărui rezervor și de rolul său în sistemul MULTITANK.

Teste realizate:

1. Test cu diferență de 0.1 între niveluri

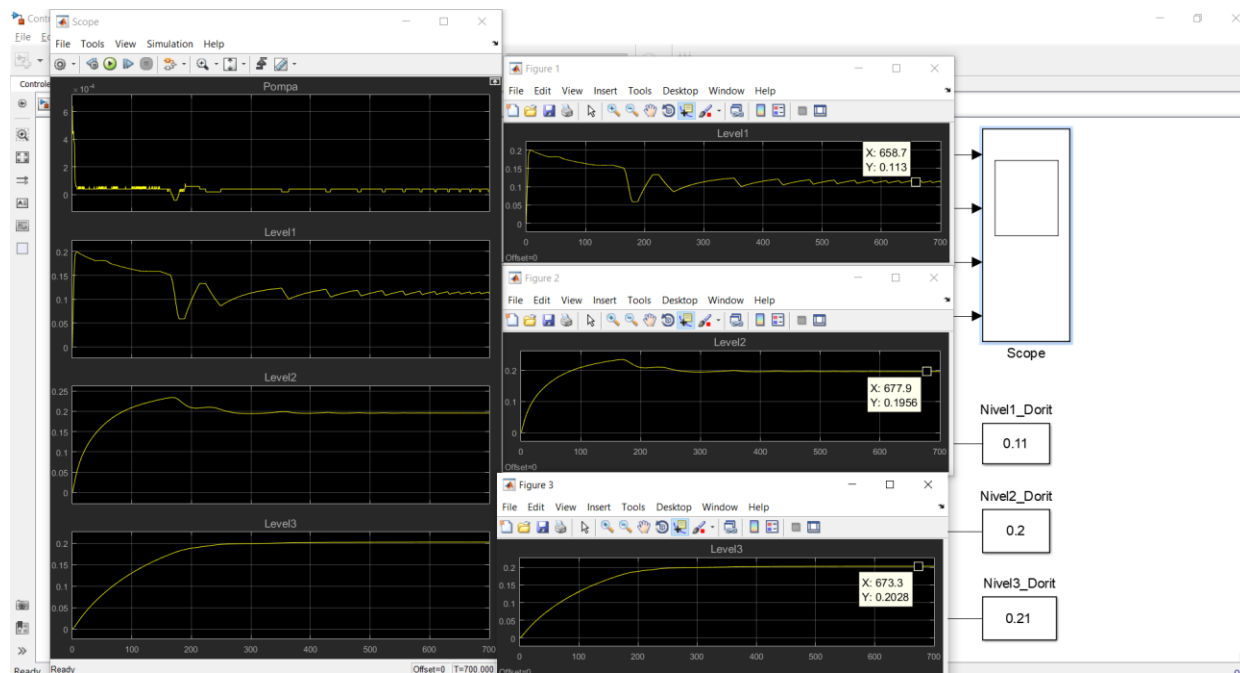
- În acest caz, sistemul are un timp de stabilizare mai lung, în special pentru primul rezervor.
- Celelalte două rezervoare reușesc să se stabilizeze aproape de referință, cu erori de aproximativ 0.0044 și 0.0072.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II

NUME student Țapu Andrada-Petronela

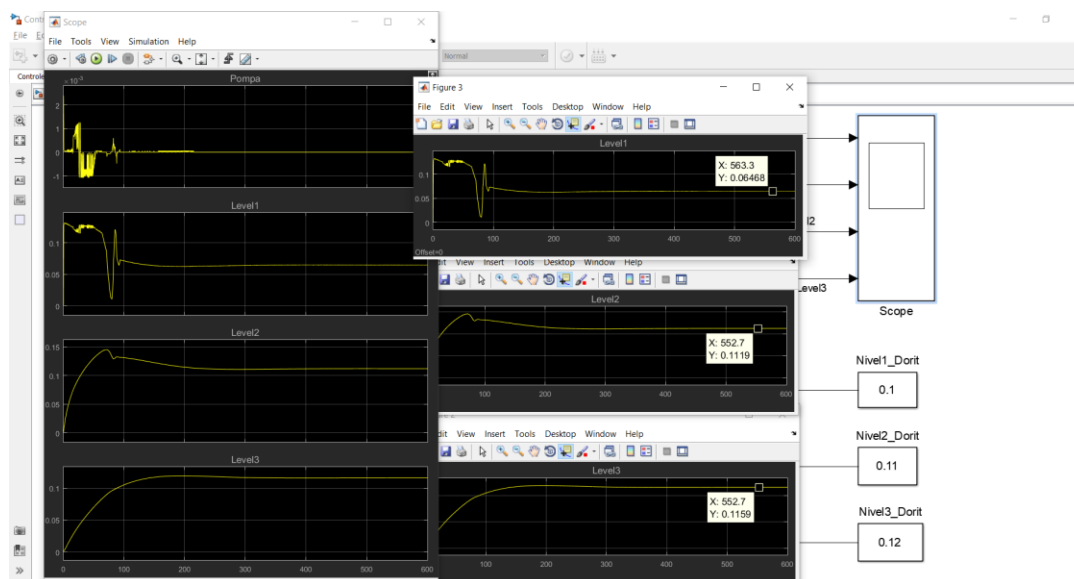
GRUPA: 30135

Nota



2. Test cu referinte foarte apropiate

- A rezultat ca doar primul rezervor nu reuseste sa atinga valoarea dorita, in timp ce al doilea si al treilea ajung la referintele lor.



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II

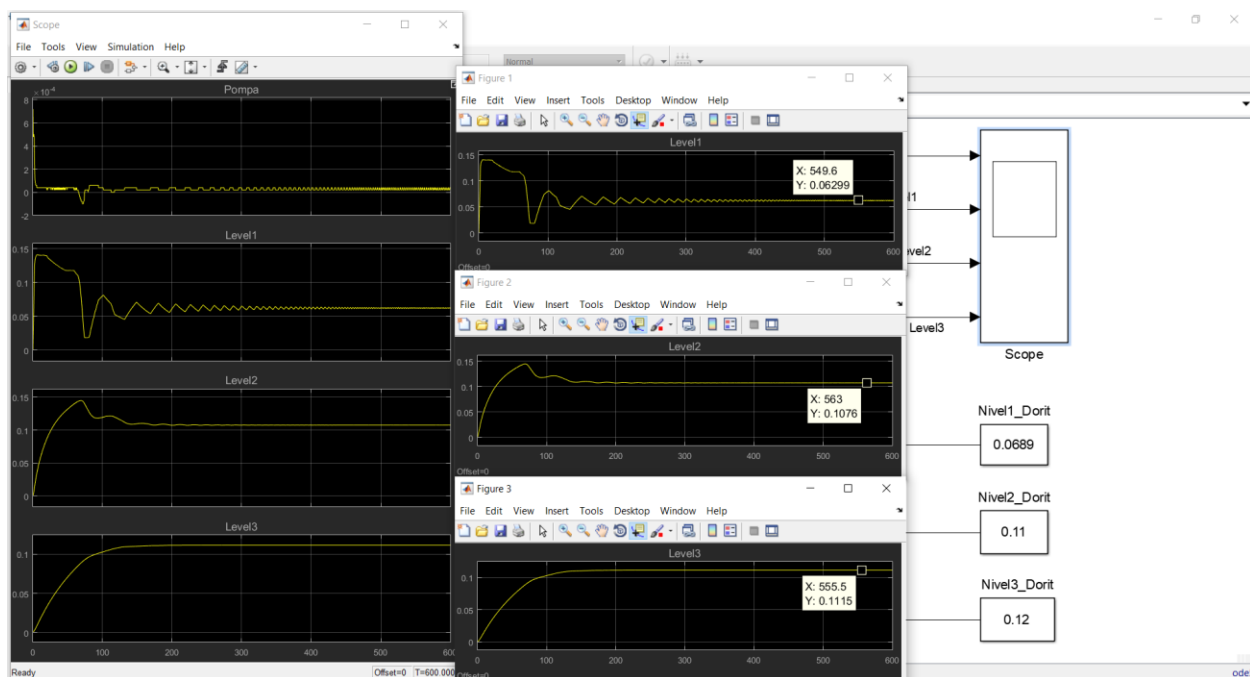
NUME student | Țapu Andrada-Petronela

GRUPA: | 30135

Nota |

3. Test cu referinta 0.0689 pentru rezervorul 1

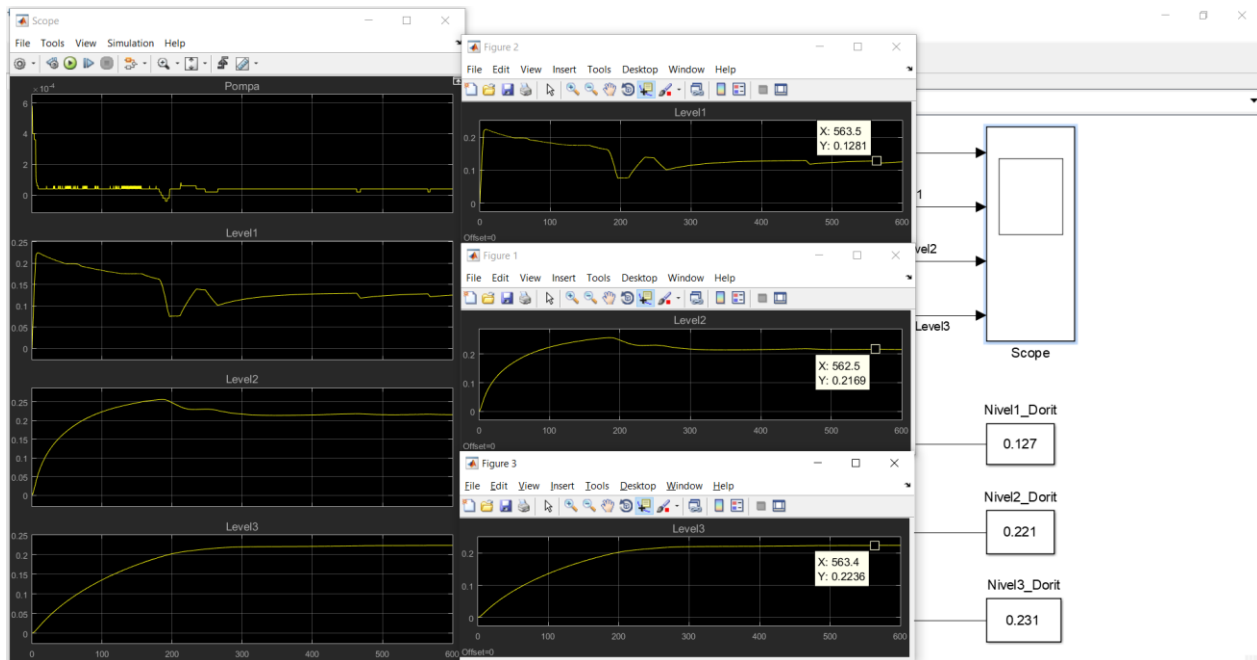
- Rezultat: 0.062 - eroare de 0.0069
- Referinta 0.11 pentru rezervorul 2 - rezultat: 0.1076 - eroare de 0.0024
- Referinta 0.12 pentru rezervorul 3 - rezultat: 0.115 - eroare de 0.005



4. Test cu referinte mai ridicate

- Referinta rezervor 1: 0.127 - rezultat: 0.1281 - eroare de 0.0011
- Referinta rezervor 2: 0.221 - rezultat: 0.2169 - eroare de 0.0041
- Referinta rezervor 3: 0.231 - rezultat: 0.2236 - eroare de 0.0011

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	



Aceste teste confirma faptul ca sistemul functioneaza corespunzator atunci cand valorile de referinta sunt bine alese si coerente intre rezervoare. De asemenea, eroarea stationara este in general mica, iar controlul fuzzy ofera un raspuns stabil si adaptiv, chiar si in conditii diferite de lucru.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Țapu Andrada-Petronela	GRUPA:	30135	Nota	

6. Concluzii

Proiectul a avut ca scop dezvoltarea si implementarea unui sistem de control automat pentru mentinerea nivelului apei in cele trei rezervoare ale sistemului MULTITANK, folosind un controler fuzzy. Avand in vedere ca doar pompa putea fi controlata, iar sunt constante, provocarea principala a fost obtinerea unui control stabil si eficient doar prin reglarea debitului de intrare.

Sistemul a fost analizat din perspectiva controlului, identificand marimile manipulate si cele controlate, iar modelarea dinamica a fiecarui rezervor s-a realizat prin raspunsul la treapta, considerand un model de ordinul intai. Acest model simplificat s-a dovedit suficient pentru proiectarea controlerului fuzzy.

Controlerul proiectat a avut trei intrari (erorile nivelurilor in fiecare rezervor) si o iesire (comanda catre pompa), folosind functii de apartenenta de tip gaussian si 45 de reguli fuzzy. Implementarea in mediu de simulare a fost realizata folosind blocuri Simulink precum MUX, Scope, Subtract, constante si blocul Fuzzy Logic Controller.

Testele efectuate au demonstrat ca sistemul reuseste sa atinga nivelurile dorite in doua dintre cele trei rezervoare, cu erori mici si timp de stabilizare rezonabil. S-a observat ca primul rezervor are un impact major asupra comportamentului intregului sistem, fiind sursa principala de alimentare pentru celelalte. Astfel, o referinta prea mica pentru primul rezervor poate limita performanta celorlalte doua.

In concluzie, proiectul si-a atins obiectivele principale: a demonstrat fezabilitatea utilizarii unui controler fuzzy intr-un sistem cu dinamica neliniara si restrictii de control, si a evidentiat importanta unei alegeri coerente a referintelor in sisteme interconectate. Lucrarea a oferit o baza solida pentru intelegerea si aplicarea controlului fuzzy in scenarii reale, evidentiind totodata limitarile si provocarile unui control cu o singura marime manipulata.