Viti i XII^{të} i Botimit, Nr.1-2,
Dhjetor 2020

PROJEKTIMI I LOGJIKËS FUZZY DHE RREGULLATORIT PID NË PROCESET INDUSTRIALE

Jozef Kola*, Serxho Langa**

*Departamenti i Inxhinierive, Fakulteti i Shkencave të Aplikuara dhe Ekonomike,

Albanian University

Adresë kontakti: j.kola@albanianuniversity.edu.al

Përmbledhje

Proceset industriale po ndërlikohen ditaditës, duke prezantuar modele të paqëndrueshme të rendit më të lartë. Rregullatori i derivatit integral proporcional (PID) është metoda e kontrollit më e përdorur në industri, për shkak të performancës së lartë dhe gamës së gjerë të kushteve të funksionimit dhe mwnyrat e thjeshta të rregullimit.

Ky punim paraqet projektimin e rregullatorit PID duke përdorur teknikën Ziegler - Nichols (ZN), metoda për kontrollin e sistemit të rendit më të lartë. Për të njëjtin qëllim, do të përdoret edhe logjika Fuzzy (FLC) duke përdorur rregulla më të thjeshta.

Rezultatet e simulimit demonstrohen duke përdorur MATLAB. Analiza e performancës tregon efektivitetin e projektuar të logjikës *Fuzzy*, krahasuar me rregullatorin PID të akorduar me ZN.

Fjalë çelës: *kontroll procesi, PID, logjika Fuzzy.*

SIMPLIFIED FUZZY LOGIC AND PID CONTROLLER DESIGN FOR INDUSTRIAL PROCESSES

Abstract

Several industrial processes are getting complicated day by day introducing an unstable higher order model. The proportional integral derivative (PID) controller is the most widely used control strategy in industry, due to their robust performance in a wide range of

operating conditions and their simple tuning methods. This paper presents the design of PID controller using Ziegler - Nichols (ZN) tuning technique for controlling the higher order system. For the same purpose, a Fuzzy logic controller (FLC) using smaller rule set is proposed. Simulation results are demonstrated using MATLAB. Performance analysis shows the effectiveness of the designed Fuzzy logic controller as compared to the ZN tuned PID controller.

Keywords: *Process control, PID, Fuzzy logic.*

1. Hyrje

Arsyeja e përdorimit të logjikës *Fuzzy* ***qëndron në relativitetin e rëndësisë së një përgjigjeje ekzakte: “Sa e rëndësishme është të marrësh një përgjigje ekzaktësisht të saktë, kur mund të nevojitet një përgjigje e përgjithshme?”***

Edhe pse logjika fuzzy është metodë e re, koncepti i aplikimit të saj bazohet në arsyetimin e njeriut, që është një aftësi e hershme.

Objektivi kryesor i këtij punimi është studimi i sistemit të rendit të tretë me PID dhe logjikën *Fuzzy*.

Në punim trajtohen metodat e përpunuara të marra nga konsultimi i literaturës, si dhe bëhet përpjekje për të rritur saktësinë e rezultateve të tyre duke i kombinuar me metodat dhe teoritë e reja të përpunimit të të dhënave siç është logjika *Fuzzy*.

2. Një pershkrim i përgjithshëm i logjikës *Fuzzy*

Është dëshmuar se aftësitë e njeriut për të kontrolluar raste të tilla të komplikuar kanë dalë të suksesshme dhe më të frytshme, sidomos kur ato vendime mbështeten në përvojën e operatorëve të problemit konkret. Aplikimi i teknikave të inteligjencës artificiale dhe sidomos të Sistemeve Eksperte të vendimmarrjes, ka mundësuar që këto përvoja të barten në algoritmin e kontrollit. Këto janë teknika kompjuterike, të cilat tentojnë të bartin tek makina, mënyrën njerëzore të të menduarit dhe vendimmarrjes. Për procesin e vendimmarrjes ato nuk ndjekin procedura të zakonshme të programimit konvencional, por, rezonojnë bazuar në përvojë, tamam si një ekspert njerëzor, i cili ka përvojë me atë sistem. Në shumicën e rasteve, këto teknika nuk i zëvendësojnë plotësisht teknikat konvencionale të kontrollit, por i përmirësojnë rezultatet duke u zbatuar paralelisht ose duke u integruar me to. Një teknikë shumë e suksesshme e Sistemeve Eksperte është logjika *Fuzzy*. Elementi kryesor që sjell aplikimi i logjikës *Fuzzy* është se, qasja *fuzzy* logjike arrin që të implementojë tek logjika e kontrollit, përvojën e ka operatori i kontrollit, e cila shprehet përmes vlerave gjuhësore jo shumë precize, duke e kthyer atë në një algoritëm numerik. Të gjitha ato panjohuri dhe paqartësi në

lidhje me sistemit e kontrollit FLC, arrijnë të eliminojnë mbirregullimin dhe kohën e rregullimit dhe është e frytshme, sidomos për rastet e devijimeve ekstreme, duke shkurtuar kohën e stabilizimit të sistemit. Njëri nga problemet kryesore të kontrollit *Fuzzy* logjik është përshtatja e koeficientëve të tyre, sepse nuk ka ndonjë rregullore si rrugërrëfim për mënyrën e zgjedhjes dhe përshtatjes së tyre [1].

3. Çfarë është logjika *Fuzzy*?

Logjika *Fuzzy* ka dy kuptime të ndryshme. Në një këndvështrim të ngushtë është një sistem logjik. Në një kuptim më të gjerë është sinonimi i teorisë së grupeve *Fuzzy*, e cila u referohet bashkësive të objekteve që kanë kufij të papërcaktuar, dhe të qenit pjesë e këtyre bashkësive përcaktohet në nivele sasiore në përqindje. Pra, një element mund të jetë pjesë e një bashkësie, pjesërisht mund të shmanget vlerësimi, është plotësisht apo s'është fare. Këtë e shpreh teoria *Fuzzy*. Dhe në kuptimin e parë, logjika *Fuzzy* ndryshon në koncept dhe në substancë me sistemet logjike tradicionale. Në këtë studim, logjika *Fuzzy* do të studiohet në raport me teorinë e grupeve *Fuzzy*.

Kjo logjikë ka si veçanti përdorimin e variablave linguistikë, të cilët kanë si vlera apo parametra fjalët dhe jo numrat.

Kjo metodë përdor për llogaritje fjalët dhe jo numrat. Edhe pse fjalët janë më pak të sakta se numrat, përdorimi i tyre qëndron më afër intuitës njerëzore. Një veçanti në përdorimin e logjikës *Fuzzy* është përdorimi i rregullave *Fuzzy*. Ato janë të ndërtuara në formën “nëse - atëherë”. Sistemet e bazuara në rregulla kanë gjetur përdorim të gjerë në Inteligjencën Artificiale, por ajo që u mungon këtyre sistemeve është një mekanizëm që bën lidhjen e shkakut me pasojën. Ky lloj mekanizmi është ndërtuar në sistemin *fuzzy*. Ky mekanizëm quhet Varësia *Fuzzy* dhe Gjuha e Komandës (FDCL – *Fuzzy Dependency and Command Language*).

Arsyeja e përdorimit të logjikës *Fuzzy* qëndron në relativitetin e rëndësisë së një përgjigjeje ekzakte: “Sa e rëndësishme është të marrësh një përgjigje ekzaktësisht të saktë, kur mund të nevojitet një përgjigje e përgjithshme?” Edhe pse logjika *Fuzzy* është metodë e re, koncepti i aplikimit të saj bazohet në arsyetimin e njeriut, që është një aftësi e hershme. Parë në këtë këndvështrim, logjika *Fuzzy* mund të konsiderohet metodë e re dhe e vjetër. Në logjikën *Fuzzy* vihet në balancë saktësia dhe kuptimi i përgjithshëm i një përgjigjeje [1].

Figura 1: Në logjikën Fuzzy vihet në balancë saktësia dhe kuptimi i përgjithshëm i një përgjigje

4. Përdorimi i logjikës *Fuzzy*

Më poshtë është renditur një listë me vlerësimet që i janë bërë logjikës *Fuzzy*:

- Konceptet themelore të këtij sistemi janë të lehta për t'u kuptuar. Arsyeimi që ndjek kjo metodë bazohet në koncepte të thjeshta matematikore,
- Logjika *Fuzzy* është fleksibël si sistem. Mund të bashkëveprojë me lehtësi me sistemet e tjera,
- Është sistem tolerues ndaj të dhënave që kanë një shkallë pasaktësie,
- Logjika *Fuzzy* mund të modelojë funksione jolineare me shkallë të lartë kompleksiteti,
- Mund të ndërtohet një sistem *Fuzzy* që mund të funksionojë me çdo lloj të dhënash si inpute dhe outpute,
- Një sistem *Fuzzy* mund të ndërtohet duke u bazuar në njohuritë e ekspertit të fushës,
- Logjika *Fuzzy* mund të punojë në harmoni të plotë me teknikat tradicionale të kontrollit. Këto të fundit, duke u shtuar logjikën *Fuzzy*, bëhen më të lehta për t'u zbatuar,
- Përdorimi i logjikës *Fuzzy* bazohet në gjuhën e thjeshtë të komunikimit. Kjo e bën këtë sistem të lehtë për t'u përdorur.

Vlerësimi i fundit i bërë ndaj sistemit *Fuzzy* është më i rëndësishmi [1].

4. Relacionet linguistike (Rregulla Fuzzy të tipit «nëse - atëherë»)

Relacionet linguistike janë rregulla logjike që përdoren për të kryer veprime dhe për të lidhur elementët e ndryshëm të bashkësive *Fuzzy*, për të arritur në një gjykim final.

“nëse x është A , atëherë y është B ”

*ku x dhe y janë dy elemente të universit të diskutimit X dhe Y respektivisht, ndërsa A dhe B janë vlerat linguistike me anë të të cilave u referohemi dy bashkësive *Fuzzy* në universet e diskutimit X dhe Y respektivisht.”*

Pjesa e majtë e relacionit është quajtur paraardhësja ose premisa, ajo e djathta konsekuenca ose konkluzioni. Ato mund të quhen gjithashtu shkaku dhe pasoja.

Një relacion linguistik nuk është gjë tjetër veçse bashkim i një shprehje linguistike hyrje me një shprehje linguistike dalje. Në përgjithësi, hyrja e një relacioni linguistik është vlera aktuale e një variabli të hyrjes, ndërsa dalja është një bashkësi e plotë *Fuzzy*. Kjo bashkësi e plotë *Fuzzy* do të jetë kthyer në një vlerë numerike të vetme, me anë të të ashtuquajturit defuzifikim.

Interpretimi i një rregulli përfshin pra, dy pjesë të dallueshme: vlerësimin e premisë, që përfshin fuzifikimin e hyrjes dhe aplikimin e operatorëve *Fuzzy*, si dhe marrjen e rezultatit si konsekuencë, veprim i shënuar si implikim. Në logjikën binare, aplikimi i një rregulle nuk paraqet ndonjë vështirësi: nëse premisa është e vërtetë, konkluzioni është i vërtetë.

Aplikimi i së njëjtës rregull, tek logjika *fuzzy*, nënkupton që nëse premisa është e vërtetë sipas një shkalle përcaktuese të vërtetësisë, atëherë konkluzioni është i vërtetë me të njëjtën shkallë vërtetësie.

Premisa e një rregulle (kështu dhe konsekuentja) mund të jetë përbërë nga më shumë pjesë:

-nëse x është A dhe y është B , atëherë z është C (2 premisa dhe 1 konsekuencë),

-nëse x është A , atëherë y është B dhe z është C (1 premise dhe 2 konsekuenca),

Në një rast të tillë, secila pjesë e premisë është vlerësuar në mënyrë individuale [2].

5. Funksionimi i sistemeve Fuzzy

Siç është parë në paragrafët e mëparshëm, një sistem *Fuzzy* është karakterizuar nga elementet e mëposhtme:

- funksioni i anëtarësisë së hyrjes,
- rregulla *fuzzy*,
- funksioni i anëtarësisë së daljes.

Pas përcaktimit të një sistemi të tillë, çështja qëndron se si do ta përdorim këtë sistem, si do ta vëmë atë në funksionim. Çfarë rrugësh dhe metodash do të përdoren për të analizuar tërësinë e informacionit në hyrje të këtij sistemi, me qëllim që të kemi një rezultat logjik të vetëm mbi të cilin do të mbështetet vendimmarrja.

Jozef Kola, Serxho Langa

Duke përdorur këto elemente dhe vetitë e tyre proceset dhe veprimet në një sistem *Fuzzy* do të kalojnë në disa faza të renditura si më poshtë:

- Fuzifikimin e hyrjeve,
- Inferenza (gjykimi) *Fuzzy*,
- Kompozimi i daljes *Fuzzy*,
- Defuzifikimi [2].

6. Simulim në Matlab - Sistemi i rendit të tretë me PID dhe logjikën *Fuzzy*

Modeli i simuluar i rregullatorit PID duke përdorur teknikën e ZN është paraqitur në Fig. 2 [3]. Funkcioni transmetues është i rendit të tretë me tre pole, kur polet nxirren duke barazuar emëruesin me zero, dhe numri i zerove të funksionit është zero [3].

Figura 2: Simulimi në Matlab i rregullatorit PID

Figura 3: Funkcioni transmetues i procesit

Për vlera të koeficientit $K_p = 8$, $T_i = \infty$ dhe $T_d = 0$ kemi ndërtuar përgjigjen kalimtare si më poshtë.

Figura 4: Përgjigjia kalimtare e procesit industrial

Pasi kemi ndërtur përgjigjen kalimtare për $K_p = 8$ bejmë simulimin në Matlab duke futur rregullatorin PID, së bashku me koeficientët përkatës. Në varësi të simulimit në Matlab për koeficientin $K_p = 4.8$, $T_i = 1.875$ dhe $T_d = 0.468$ dhe nga konstantet e kohës T_i dhe T_d nxjerrim koeficientin përkatës duke u bazuar në formulën $K_i = 1/T_i$, $K_d = 1/T_d$. Për këto të dhëna ndërtojmë përgjigjen kalimtare.

Figura 5: Përgjigjia kalimtare e sistemit me PID

Jozef Kola, Serxho Langa

Nga pergjigjia kalimtare marrim parametrat e cilwsisë, të cilët janë mbirregullimi 49.24% dhe kohën e rregullimit, e cila është 8.83 sekonda.

Projektimi, ndërtimi dhe simulimi i sistemeve *Fuzzy* logjike bazohet ne katër hapa elementare:

1. Definimi i hyrjeve dhe daljeve (*INPUTS* dhe *OUTPUTS*),
2. Krijimi i dhe definimi i funksioneve të antarësisë (*Membership Functions*),
3. Krijimi i rregullave (*Rules*),
4. Simulimi i sistemit *Fuzzy* - logic rezultues [4].

Figura 6: Ndërfaqet e logjikës Fuzzy

Figura 7: Përcaktimi i variablave të hyrjes

PROJEKTIMI I LOGJIKËS FUZZY DHE RREGULLATORIT PID NË PROCESET INDUSTRIALE

Figura 8:Përcaktimi i variablave të dalje

Vendosen rregullat përmes të cilave do të definojmë sjelljen e sistemit tonë.

Figura 9:Rregullat e logjikës Fuzzy

Jozef Kola, Serxho Langa

Figura 10:Përcaktimi i hyrjeve dhe daljeve

Figura 11:Paraqitja ‘surface’ e daljeve

Figura 12:Simulimi ne Matlab i logjikës Fuzzy për procesin

PROJEKTIMI I LOGJIKËS FUZZY DHE RREGULLATORIT PID NË PROCESET INDUSTRIALE

Pasi kemi percaktuar rregullat dhe kemi ndërtuar variablat e hyrjes dhe daljes bëjmë simulimin në Matlab [5].

Përgjigjia për këtë rast paraqitet si në figurën e mëposhtme:

Figura 13:Përgjigjia kalimtare e sistemit duke përdorur logjikën Fuzzy

Figura 14: Përgjigjet kalimtare për dy rregullatorët

Jozef Kola, Serxho Langa

Nga karakteristikat kemi nxjerrë parametrat e cilësisë për secilën karakteristikë dhe bëjmë krahasim midis tyre [5].

Tabela 1:Krahasimi i rezultateve të arritura

Parametrat e cilësisë		
	Mp (%)	T _s (sec)
PID	49.24	8.83
FLC	0	7.5

Duke u nisur nga rezultatet e simulimit për modelin e aplikuar, vërejmë një rritje të lartë të performancave të përgjigjes kalimtare të sistemit në rastet kur do të zbatohet secili nga rregullatorët *fuzzy* të propozuar.

Implementimi i tij do të ishte në interes të ndryshimit të parametrave të cilësisë.

Rregullatori i propozuar ka treguar shumë qartë se është më i sukseshëm në ballafaqimin me gabimin dhe mënyrën e shpërndarjes së tij, duke treguar avantazhet e larta në krahasim me rregullatorin PID.

Nga krahasimi i rregullatorëve vërejmë këto përparësi të rregullatorit *Fuzzy*:

- zvogëlohet shumë koha e ngritjes T_n e lakores kalimtare, dhe kjo do të thotë arritje e shpejtë e vlerave të komanduara, gjë që shkon në favor të kërkesave për punime me shpejtësi të lartë,
- saktësia e punimit dhe rritja e produktivitetit po ashtu edhe mbirregullimi M_p bëhet zero. Kjo për një proces industrial është shumë e rëndësishme [5].

3. Përfundime

Kontrollori PID është projektuar duke përdorur tekniken ZN, e cila përdoret për kontrollin e proceseve të rendit më të lartë. Krahas PID, është programuar rregullatori Fuzzy me një grup rregullash më të thjeshta dhe është prezantuar për të njëjtin proces. Performanca e tyre jepet duke i krahasuar njëri me tjetrin.

Në përmbledhje, mund të konkludojmë se, teknika ZN është një nga procedurat e akordimit të rregullatorëve PID për kontroll më të lartë të procesit, por FLC jep përgjigje më të mirë. Rregullatori PID, duke përdorur metodën ZN, jep mbirregullim të lartë dhe kohë stabilizimi të lartë, ndërsa FLC jep mbirregullim zero, dhe koha e stabilizimit është më e ulët në krahasim me kohën e stabilizimit të PID.

Referenca

1. L. London, Disertacion përmbrojtjen e gradws shkencore, “Vlerësimi i gjendjes së transformatorve mbi bazën e gazeve të tretura në vaj dhe interpretimi me ndihmën e logjikës fuzzy”, Tetor 2015.
2. F. Idrizi, Punim Doktorature, “Optimizimi i rrugës së instrumentit me teknikat të inteligjencës artificiale te makina frezuese vertikale me CNC”, Korrik 2012.
3. S. Das, I. Pan, S. Das, “Performance Comparison of Optimal Fractional Order Hybrid Fuzzy PID Controllers for Handling Oscillatory Fractional Order Processes with Dead Time”, ISA transactions, Volume 52, Issue 4, July 2013, Pages 550-566.
4. <https://www.massey.ac.nz/~nhreyes/MASSEY/159741/Lectures/Lec2012-3-159741-FuzzyLogic-v.2.pdf>
5. J. Zhang, N. Wang and S. Wang, “A developed method of tuning PID controllers with fuzzy rules for integrating process”, Proceedings of the American Control Conference, Boston, (2004) 1109-1114.