Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet

**A picture containing text

Description automatically generated**

**Fuzzy logika**

**Projekat**

**Studenti: Profesor:**

Maja Stošić 2019/0064 Aleksandar Rakić

Kristina Stevanović 2019/0309

**Uvod**

* **Zadatak:**

Dat je sistem sa funkcijom prenosa:

Za dati sistem, referencu u opsegu r ∈ [-2,2] i upravljenje u opsegu u ∈ [-1.2, 1.2] potrebno je projektovati fuzzy sistem upravljanja za praćenje reference i otklanjanje poremećaja. Kod praćenja reference potrebno je da se ona promeni sa njene minimalne na njenu maksimalnu vrednost a kod otklanjanja poremećaja referenca je nula tokom trajanja simulacije a poremećaj se javlja sa amplitudom jednakom polovini maksimalnog upravljanja.

* **Pristup rešavanju:**

Za početak treba izabrati jedan od dva moguća pristupa upravljanju: intuitivni pristup ili fazifikaciju PID kontrolera. Za oba zahteva zadatka odlučujemo se za drugi pristup, budući da nam on omogućava da parametrima dobijenim praćenjem pravila za projektovanje dobijemo dobre performanse sistema koje kasnije lako možemo da usavršimo.

Projektovanje fuzzy kontrolera primenom fazifikacije PIDa podrazumeva praćenje seta pravila kojim dolazimo do parametara kontrolera. Proces projektovanja započinje se izvršavanjem eksperimenta za pronalaženje kritičnog pojačanja sistema. Nakon njega formiraćemo P regulator, kojem zatim dodajemo diferencijalno i integralno dejstvo. Na samom kraju izvršićemo nelinearizaciju samog kontrolera i parametre fino podesiti do dobijanja željenih performansi.

**Projektovanje P regulatora**

* **Zieger-Nichols-ov eksperiment**

Projektovanje proporcionalnog regulatora započinje sa izvođenjem **Zieger-Nichols-**ove

Table

Description automatically generatedmetode za pronalaženje kritičnog pojačanja sistema. Na sistem u zatvorenoj sprezi na čijem je ulazu jedinična step funkcija, dovodimo različita pojačanja i posmatramo odziv. Pojačanje za koje sistem počinje da samoosciluje naziva se kritično pojačanje sitema. Pomoću njega i periode oscilacija dobijamo parametre PID kontrolera po sledećim formulama:

Zieger-Nichols-ova pravila

Eksperiment na našem sistemu prikazan je u nastavku:

Text, letter

Description automatically generated

sistem u zatvorenoj sprezi pobudjen step referencom

A picture containing chart

Description automatically generated

odziv sistema sa kritičnim pojačanjem

Sa grafika očitavamo:

Kkr=1.54

Tkr=53.177sec

Koristeći tabelu računamo parametre kontrolera:

Kp=0.6Kkr

Td=0.5Tkr

Ti=0.125Tkr

* **Projektovanje fuzzy kontrolera**

Kada smo pronašli kritična pojačanja i parametre kontrolera, sledeći korak je projektovanje fuzzy kontrolera pomoću Matlab toolbox-a. Tokom projektovanja potrebno je pridržavati se određenih pravila kako bi dobijeni kontroler bio linearan:

1. koristi se sugeno mašina
2. univerzum svih ulaznih varijabli je [-1, 1];
3. funkcije pripadnosti ulaynih varijabli su trougaone funkcije koje se međusobno preklapaju 50%
4. univerzum izlazne varijable jednak je zbiru univerzuma ulaznih varijabli

Proporcionalni fuzzy kontroler za naš sistem imaće jednu ulaznu varijablu-grešku sistema i jednu izlaznu varijablu-upravlajnje; funkcije pripadnosti biće takve da zadovoljavaju gore navedena pravila. Greška u sistemu može biti nula, negativna i pozitivna dok upravljanje takođe može biti pozitivno, negativno ili nula. Pravila su napisana tako da upravljanje na pravi način odgovara na grešku.

Diagram

Description automatically generated

fuzzy P regulator

Chart, line chart

Description automatically generated

funkcije pripadnosti ulazne varijable

Graphical user interface

Description automatically generated

izlazna varijabla

Rectangle

Description automatically generated with low confidence

pravila fuzzy kontrolera

Nakon projektovanja fuzzy kontrolera u Simulinku modelujemo ceo sistem. Budući da su univerzumi ulaznih varijabli [-1,1] moramo da skaliramo dobijene koeficijente za P regulator po formulama:

u\_max=1.2;

Ku\_P=u\_max;

Kp\_P = Kp/Ku\_P

Takodje moramo da uvedemo blokove za saturaciju kako se ne bi dogodilo da do fuzzy kontrolera dođu nedozvoljene vrednosti.

Chart, histogram

Description automatically generatedDiagram

Description automatically generated

odziv sistema za pracenje reference

sistem regulisan fuzzy P regulatorom

Vidimo da sistem ne uspeva da dostigne referencu, što je i očekivano budući da imamo samo proporcionalno dejstvo u regulatoru i zato je sledeći korak u projektovanju uvođenje diferencijalnog dejstva.

**Projektovanje PD regulatora**

Diagram

Description automatically generated Za ostvarivanje boljih performansi uvodimo diferencijalno dejstvo. U fazi kontroler uvodimo novu ulaznu varijablu-izvod greške.To nam dodaje set od 6 novih pravila koji na pravi način regulišu upravljanje u odnosu na grešku i njen izvod.Osim ovih izmena, regulator projektujemo na isti način kao i proporcionalni, poštujući ista pravila.

fuzzy PD regulator

Chart, line chart

Description automatically generated

funkcije pripadnosti greške

Chart, line chart

Description automatically generated

funkcije pripadnosti izvoda greške

Graphical user interface

Description automatically generated

izlazna vaijabla

Graphical user interface, text, application, chat or text message

Description automatically generated

set pravila

Diagram

Description automatically generated

Sada u simulinku ponovo modelujemo ceo sistem sa dodatnim blokom za derivaciju i sa ponovo

simulink model PD regulatora

Potrebno je i ponovo skalirati koeficijente po formulama:

Ku\_PD = u\_max/2

Kp\_PD = Kp/Ku\_PD

Kd\_PD = Kp\*Td/Ku\_PD

A picture containing diagram

Description automatically generated

odziv sistema sa PD regulatorom na zadatu referencu

Vidimo da sistem i dalje ne uspeva da dostigne zadatu referencu ali da je uvođenjem diferencijalnog dejstva preskok smanjen. Za postizanje reference potrebno je uvesti i integralno dejstvo.

**Projektovanje PID regulatora**

Diagram

Description automatically generated Za dodavanje integralnog dejstva nije potrebno menjati fuzzy kontroler, već samo dodati integrator i skalirati koeficijente.

Simulink model sa PID regulatorom

Graphical user interface

Description automatically generated with low confidence

odziv sistema sa PID regulatorom

Vidimo da sistem sada dostiže referencu ali se preskok povećao.Ovo ćemo rešiti uvođenjem nelinearnosti u fazi kontroler i finim podešavanjem parametara na kraju.

**Uvođenje nelinearnosti**

Nelinearnost uvodimo menjanjem funkcija pripadnosti na neke nelinearne funkcije (npr gausovske, sinusne..).Uvođenjem sinusne funkcije umesto trougaone, menjanju nam se i pravila budući da više nemamo funkciju pripadnosti koja predstavlja nulu za grešku i za upravljanje.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

nelinearan fuzzy kontroler

Graphical user interface

Description automatically generated

funkcija greške

Graphical user interface

Description automatically generated

funkcija izvoda greške

Graphical user interface

Description automatically generated

izlazna varijabla

Diagram

Description automatically generated

simulink model sa nelinearnim kontrolerom

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidenceNakon finih podešavanja parametara dobijamo sistem koji dobro prati referencu:

odziv sistema sa nelinearnim kontrolerom na promenu reference

Trazeni grafici

**Projektovanje kontrolera za potiskivanje poremećaja**

Diagram

Description automatically generatedPotrebno je projektovati kontroler koji će otkloniti poremećaj koji se javlja sa ampitudom jednakoj polovini maksimalne vrednosti upravljanja a nakon smirivanja tranzijenta na negativnu vrednost amplitude. Za potiskivanje poremećaja koristićemo isti nelinearni fazi kontroler napravljen za praćenje reference, samo ćemo parametre izmeniti tako da postignemo željene performanse.

Simulink model sistema sa poremećajem i nelinearnim PID regulatorom

Modelovanje poremećaja:

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generatedGraphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

odziv na poremećaj

Vidimo da sistem uspeva u relativno kratkom vremenskom interval da otkloni poremećaj.