

Okolje za uglaševanje PID regulatorja z mehkim razporejanjem parametrov

Samo Gerksič
Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, SI-1000 Ljubljana
E-mail: Samo.Gerksic@ijs.si

Environment for tuning of a fuzzy-parameter-scheduling PID controller

Abstract: *The paper presents a control loop tuning environment for a fuzzy-parameter-scheduling PID controller. The environment is intended to support the implementation and tuning of nonlinear control in the industrial practice. It is designed to facilitate automatic tuning, but also allowing user interaction in every step of the tuning procedure.*

1 Uvod

Boj na tržišču sili proizvajalce v stalno izboljševanje kvalitete proizvodov in nižanje stroškov proizvodnje, spoštovati je treba vedno višje zahteve za varovanje okolja. V nekaterih primerih je mogoče take cilje doseči z uporabo naprednejših metod vodenja. Žal je uporaba tovrstnih metod v industrijski praksi navkljub razvoju znanosti in večanju zmogljivosti procesne računalniške opreme še vedno težka. Vzrok za to je v večji kompleksnosti naprednejših metod in v pomanjkanju uporabniško prijaznih programskih orodij, ki bi poenostavila uporabo in skrajšala čas izvedbe aplikacije.

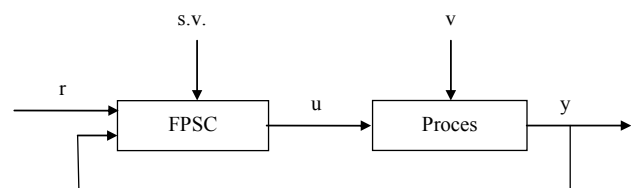
V članku je opisano uglaševalno okolje GST [3], ki je bilo zasnovano z namenom poenostavitve uglaševanja PID regulatorja z mehkim razporejanjem parametrov (FPSC). Ta regulator je bil z osnovnimi algoritmi za avtomatsko uglasitev razvit v okviru predhodnega projekta ASPECT [1], pri čemer je bil celoten sistem izveden na programabilnem logičnem krmilniku (PLK). Tak sistem omogoča avtonomno samodejno uglasitev brez dodatnih programskih orodij, vendar pa je možnost uporabniške interakcije v primeru izvedbenih

težav zelo omejena. Zato smo dodatno razvili interaktivno uglaševalno okolje, ki teče na ločenem osebem računalniku in omogoča posredovanje uporabnika in diagnosticiranje težav v vseh fazah uglasitvenega postopka. Pri tem smo se zgledovali po uglaševalnem okolju za klasični PID regulator [2].

2 FPSC regulator

PID regulator z mehkim razporejanjem parametrov [1] temelji na industrijski izvedbi PID regulatorja, ki je nadgrajen z mehkim razporejanjem parametrov glede na trenutni položaj spremenljivke razporejanja sv . Okolje omogoča uporabo ene spremenljivke razporejanja in do 10 lokalnih regulatorjev, kar ustreza tipičnim zahtevam in možnostim eksperimentiranja v procesni industriji. Mehko zlivanje na podlagi hitrostne linearizacije omogoča učinkovito delovanje z relativno majhnim številom lokalnih regulatorjev.

Regulacijska shema s FPSC regulatorjem in oznakami signalov je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Regulacijska shema

3 Koncept metode uglaševanja

Uglaševanje poteka na osnovi eksperimentalno določenega modela procesa. Uporabljena je struktura mehkega Takagi-Sugeno modela, pri katerem je celotni nelinearni model procesa zasnovan kot mehka množica

lokalnih linearnih modelov. Mehko preklapljanje med lokalnimi modeli se izvaja glede na spremenljivko razporejanja sv preko klasičnih trikotnih pripadnostnih funkcij lokalnih modelov. Lokalni model drugega reda ima v okolju GST strukturo

$$Y(s) = \frac{K_u \frac{\alpha T_n s + 1}{\xi}}{T_n^2 s^2 + 2\xi T_n s + 1} e^{T_{du}s} U(s) + \frac{K_v}{T_n^2 s^2 + 2\xi T_n s + 1} e^{T_{dv}s} V(s) \quad (1)$$

struktura lokalnega modela prvega reda pa je

$$Y(s) = \frac{K_u}{T_n s + 1} e^{T_{du}s} U(s) + \frac{K_v}{T_n s + 1} e^{T_{dv}s} V(s) \quad (2)$$

kjer so:

- $Y(s)$, $U(s)$ in $V(s)$ Laplaceovi transformi signalov izhoda procesa y , vhoda procesa u in (morebitne) merljive motnje v ,
- K_u ojačenje veje modela iz regulirnega signala u ,
- K_v ojačenje veje modela iz merljive motnje v ,
- T_n časovna konstanta,
- ξ koeficient dušenja pri modelu drugega reda,
- α koeficient položaja ničle pri modelu drugega reda,
- T_{du} časovna zakasnitev veje modela iz regulirnega signala u ,
- T_{dv} časovna zakasnitev veje modela iz regulirnega signala v .

Poleg naštetih parametrov, ki nastopajo v enačbi, ima lokalni model še naslednje dodatne parametre:

- Odmik: statični odmik, ki se prišteje izhodu lokalnega modela.
- Faktor zaupanja u : ocena kvalitete veje modela iz signala u vrednosti od 0 do 1, kjer je 1 najboljša ocena. Ocena temelji na normirani vsoti pogreškov med odzivom procesa in modela na regulirni signal v eksperimentu. Pred prvim uglaševanjem se postavi na začetno vrednost 0.

- Faktor zaupanja v : ocena kvalitete veje modela iz signala v .
- Opozorilo: opozorilo na posebno stanje ali napako pri določanju modela.

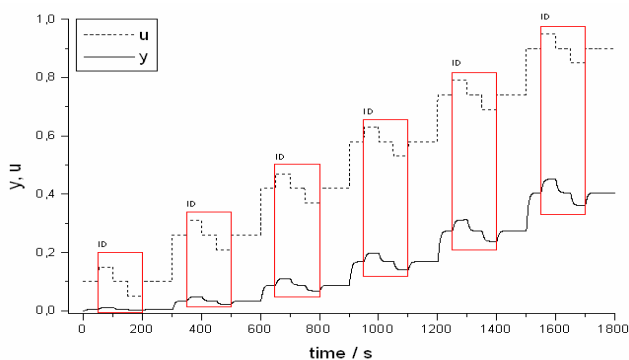
Interno se pri določanju lokalnih modelov uporablja časovno diskretna oblika lokalnih modelov, ki je manj primerna za prikaz v uporabniškem vmesniku, ker je pomen parametrov časovno diskretnih modelov uporabniku težje razumljiv. Pretvorba med časovno zveznimi in diskretnimi parametri se vrši avtomatsko.

4 Postopek uglaševanja

Pred začetkom uglaševanja je potrebno najprej razmisliti o smiselnosti uporabe regulatorja z razporejanjem parametrov in pazljivo izbrati spremenljivko razporejanja sv . Nelinearni procesi so izjemno raznovrstni in koncept razporejanja ojačenj je primeren le za omejen razred nelinearnosti. Okolje GST omogoča uglaševanje regulacije le za procese, kjer se dinamika zvezno spreminja v odvisnosti od ene same spremenljivke razporejanja. V praksi je pogosto virov nelinearnosti več; v regulatorju načeloma ni težko upoštevati več spremenljivk razporejanja hkrati. Vendar pa v okolju procesne industrije, za katero je prirejeno uglaševalno orodje GST, pretežno velja, da so aplikacije pretežno unikatne in zelo raznolike in možnosti eksperimentiranja močno omejene.

Uglasitev regulatorja FGSC v okolju GST je sestavljena iz štirih glavnih korakov, ki so opisani v sledečih točkah. V primeru dobro poznanega procesa ustreznega tipa je mogoče po tem postopku uglasitev izvesti razmeroma hitro. V praksi procesa pogosto ne poznamo dovolj dobro, zato lahko poskusimo z okvirnimi začetnimi nastavitvami. Nato ocenimo rezultate modeliranja in regulacije in glede na opažene napake poskusimo izboljšati nastavitve parametrov. Postopek uglaševanja ponavljamo, dokler rezultati vodenja niso zadovoljivi; lahko pa se tudi zgodi, da ugotovimo, da proces ni primeren za vodenje s tovrstnim regulatorjem.

1. *Začetna konfiguracija sistema:* izbira prisotnih signalov, območij procesnih signalov, tipa razporejanja, časa vzorčenja, reda modela; priključitev procesnih signalov preko OPC strežnika.
2. *Uglasitev varnega regulatorja:* po strukturi je enak klasičnemu PI regulatorju – njegov namen je, da omogoča stabilno delovanje procesa za zasilno vodenje in eksperimentiranje s procesom; primerna je konservativna uglasitev, ki zagotavlja varno delovanje v najbolj zahtevnih delovnih točkah, medtem ko je drugod običajno počasna in suboptimalna; možnih je več načinov uglasitve).
3. *Uglasitev lokalnih modelov in regulatorjev:* pri najpreprostejšem postopku v vsaki izbrani delovni točki izvedemo odprtozančni ali zaprtozančni eksperiment meritve odziva na zaporedje stopnic okrog delovne točke, nato se na podlagi meritev izvede ocenjevanje parametrov lokalnega modela in samouglastitev lokalnega regulatorja; uporabnik ima možnost posredovanja z ročnimi spremembami parametrov ali spremembami nastavitvev metod identifikacije parametrov modela in samouglastitve. Grafična ponazoritev takega postopka je prikazana na sliki 2.
4. *Preizkus delovanja sistema:* eksperimentalni zaprtozančni preizkus delovanja uglašene regulatorja v različnih delovnih točkah.

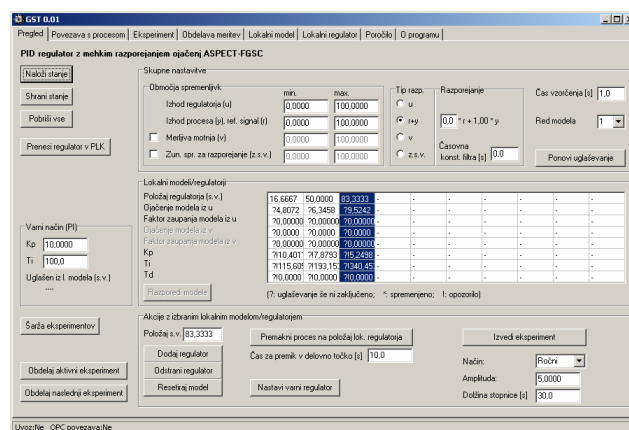


Slika 2: Zaporedno izvajanje eksperimentov v delovnih točkah lokalnih modelov

5 Uporabniški vmesnik

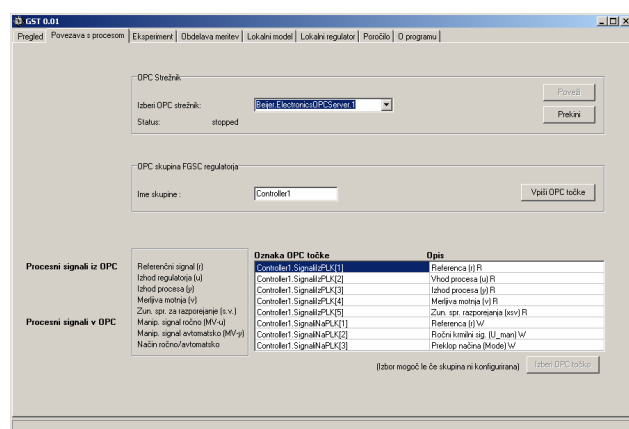
Uporabniški vmesnik okolja GST je zasnovan v obliki glavnega okna GST, razdeljenega na osem zavihkov, okna za izvajanje eksperimenta in dodatnih oken za podrobne nastavitve parametrov in prikaz grafov.

Zavihek "Pregled" na sliki 3 vsebuje osnovne konfiguracijske parametre, osnovni prikaz stanja uglaševanja lokalnih modelov in regulatorjev in omogoča izvajanje vseh tipičnih postopkov pri uglaševanju.



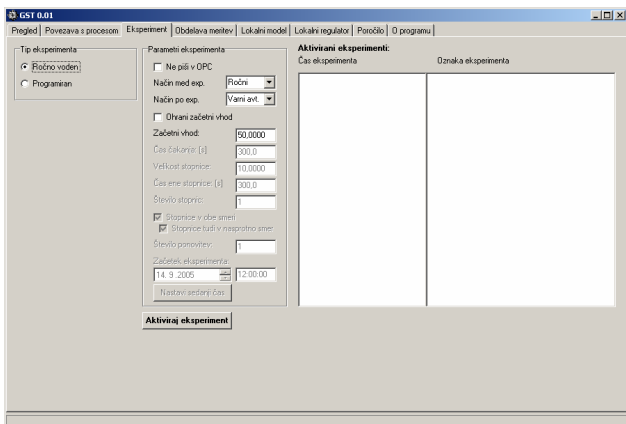
Slika 3: Zavihek Pregled

Zavihek "Povezava s procesom" na sliki 4 vsebuje nastavitve povezave z OPC strežnikom in povezave z blokom FPSC regulatorja na PLK. Osnovne eksperimente je mogoče izvajati tudi z blokom običajnega PID regulatorja, pri čemer je potrebno OPC točke signalov določiti ročno.



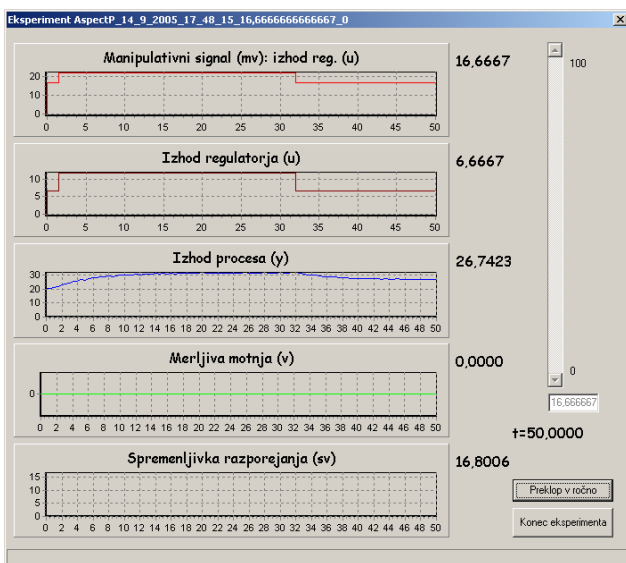
Slika 4: Zavihek Povezava s procesom

Zavihek "Eksperiment" na sliki 5 omogoča ročno izvajanje manj tipičnih eksperimentov na procesu.

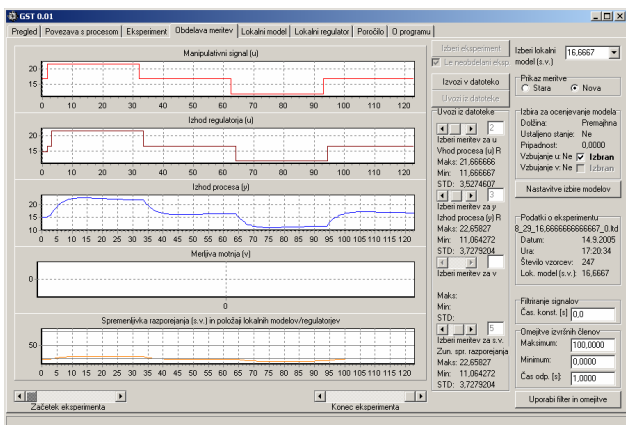


Slika 5: Zavihek Eksperiment

Med izvajanjem eksperimentov se prikaže okno "Eksperiment", ki prikazuje poteka procesnih signalov in omogoča ročno posredovanje.



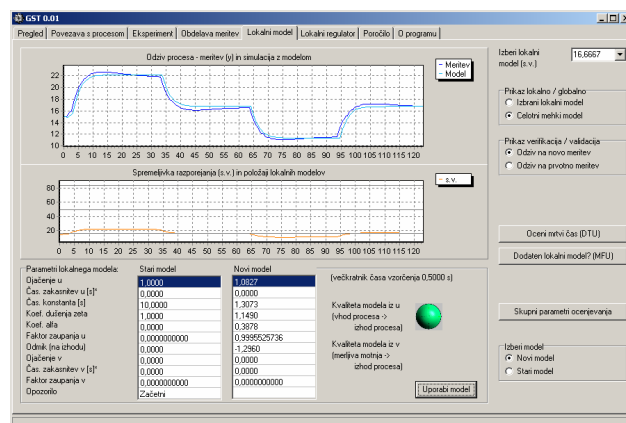
Slika 6: Okno Eksperiment



Slika 7: Zavihek Obdelava meritev

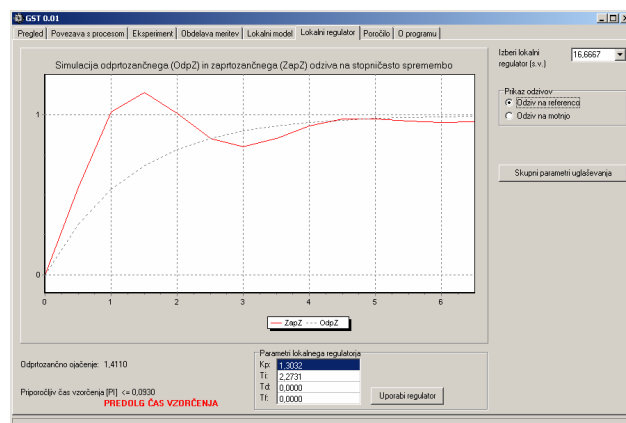
Na zavihku "Obdelava meritev" na sliki 7 so prikazani eksperimentalni procesni signali za določanje modelov. Mogoče je ročno grafično izbiranje intervala signalov, filtriranje signalov in uvoz posnetih meritev.

Zavihek "Lokalni model" grafično prikazuje rezultat ocenjevanja parametrov lokalnega modela, pri čemer se prikazuje vsak lokalni model posebej. Mogoče je ročno spreminjanje parametrov modela, v podmeniju pa je mogoče vplivati tudi na nastavitve metode ocenjevanja.



Slika 8: Zavihek Lokalni model

Zavihek "Lokalni regulator" grafično prikazuje odziv dobljenega lokalnega regulatorja na stopničasto spremembo referenčnega signala ali izhodne motnje, pri čemer se prikazuje vsak lokalni regulator posebej. Mogoče je ročno spreminjanje parametrov regulatorja, v podmeniju pa je mogoče vplivati tudi na nastavitve metode samouglasitve.



Slika 9: Zavihek Lokalni regulator

6 Sklep

Razvito je bilo okolje za podporo uglaševanju bloka PID regulatorja z mehkim razporejanjem ojačenj (FPSC) v orodju za grafično programiranje regulacijskih shem za programabilne logične krmilnike "IDR Blok" podjetja INEA d.o.o.. Okolje omogoča uporabniško prijazno samouglaševanje regulatorja z razporejanjem ojačenj, omogoča pa tudi posredovanje uporabnika v vseh fazah uglaševanja.

7 Zahvala

Zahvaljujemo se za pomoč sodelavcev LMSV in LAIP s Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani in INEA d.o.o. pri izvedbi okolja ter

za sofinanciranje MŠZŠ RS /ARRS (L2-4221-0106) in podjetja INEA d.o.o..

8 Literatura

- [1] Gerkšič, S., Dolanc, G., Vrančič, D., Kocijan, J., Strmčnik, S., Blažič, S., Škrjanc, I., Marinšek, Z., Božiček, M., Stathaki, A., King, R. E., Hadjiski, M.B., Boshnakov, K., "Advanced control algorithms embedded in a programmable logic controller", *Control engineering practice* Vol. 14, no. 8, 2006, str. 935-948.
- [2] Vrančič, D., Kandare, G., Gerkšič, S., "Program za samodejno nastavljanje parametrov PID regulatorjev", *Zbornik četrte konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, Maribor, 2005, str. 99-104.
- [3] Gerkšič, S., *Okolje GST za uglaševanje PID regulatorja z mehkim razporejanjem parametrov FGSC : navodila za uporabo*. IJS delovno poročilo 9268, 2005.