

Fuzzy riadenie sústav s dopravným oneskorením

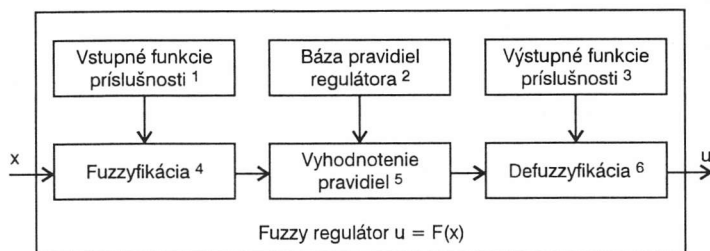
ANNA ZEMANOVIČOVÁ - MÁRIA KARŠAIOVÁ

SÚHRN. Príspevok sa zaoberá riadením sústav s dopravným oneskorením pomocou fuzzy regulátora, ktorý bol zapojený v štruktúre so Smithovým prediktorom a bez neho. Riadenie bolo vyskúšané na reálnych sústavách pre prípravu plyných zmesí na požadovanú koncentráciu. Išlo o špecializovaný fuzzy regulátor SFLC s tromi funkciami príslušnosti a s dvomi vstupmi.

Riadenie koncentrácie plynnej zmesi s automatickým analyzátorom ako snímačom koncentrácie v uzavretej slučke môže byť dosť ťažké, ak sa meraná zmes privádza do analyzátoru cez dlhé prírodné potrubie, cez filtre a zariadenia na úpravu vzorky. Potom ide o riadenie sústavy s dopravným oneskorením. Okrem toho často sa jedná o riadenie nelineárnych sústav. Na našom pracovisku máme dve koncentračné sústavy. Jedna je na riadenie koncentrácie zmesi vzduch a dusík ($O_2 + N_2$) s paramagnetickým analyzátorom a druhá je na riadenie koncentrácie oxid uhličitý a vzduch s tepelnovodivostným analyzátorom. Obidve sústavy sú riadené počítačom PC-AT. Sústava $CO_2 +$ vzduch má menšie dopravné oneskorenie ako časovú konštantu, v sústave $O_2 + N_2$ je to naopak. Sústavu $CO_2 +$ vzduch je možné riadiť v určitom rozsahu aj pomocou PI regulátora. V sústave $O_2 + N_2$ je PI regulátor nevyhovujúci. Na týchto sústavách boli vyskúšané rôzne algoritmy riadenia, riadenie pomocou Smithovho prediktora [1,2], alebo regulátor PI s predikciou, tzv. PIP regulátor, ktorý pracoval dobre, ale bol pomerne pomalý. V snahe znížiť dobu regulácie a riadiť nelineárnu sústavu v celom rozsahu regulátorom s pevne nastavenou štruktúrou sme experimentovali s fuzzy regulátorom.

Ing. Anna Zemanovičová, CSc., Ing. Mária Karšaiová, CSc., Katedra automatizácie, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.
e-mail: zemanov@chemasr.chtf.stuba.sk

Fuzzy regulátor



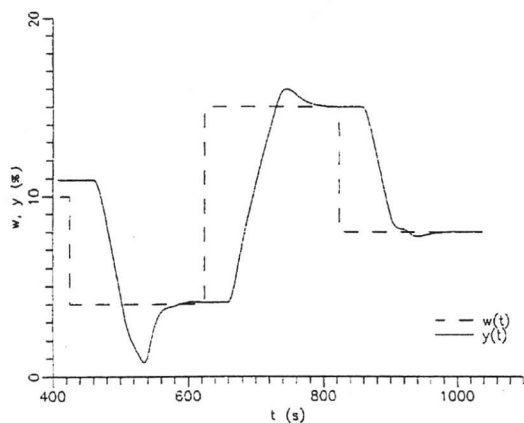
OBR. 1. Bloková schéma fuzzy regulátora.

FIG. 1. Block scheme of a fuzzy controller.

x - vektor vstupov (input vector), u - výstup (output).

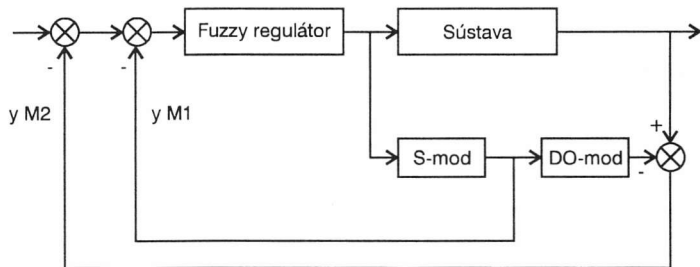
1 - input membership function, 2 - controller rule base, 3 - output membership function, 4 - fuzzification, 5 - inference procedure rules evaluation, 6 - defuzzification.

Na obr. 1. je všeobecná štruktúra fuzzy regulátora. Špecializovaný fuzzy regulátor SFLC podľa [1] je taký regulátor, ktorý má rovnomerné funkcie príslušnosti, napr. trojuholníkové a počet vstupov $n = 2$. Vstupy sú $x = (e, de/dt)$. Počet funkcií príslušnosti $m = 3$. Ako algoritmus defuzzyfikácie bola zvolená metóda váženého priemeru. Na obr. 2. je riadenie sústavy $O_2 + N_2$ fuzzy regulátorom v štruktúre bez Smithovho prediktora. Ako vidieť z obrázku, fuzzy regulátor s tromi funkciami príslušnosti má veľký prechod. Určité zlepšenie sa dosiahlo zapojením Smithovho prediktora, pri ktorom regulačná odchýlka $e = w - y - y M_1 + y M_2$, kde $y M_1$ je výstup z modelu sústavy bez dopravného oneskorenia a $y M_2$ je výstup z modelu s dopravným oneskorením (obr. 3.).



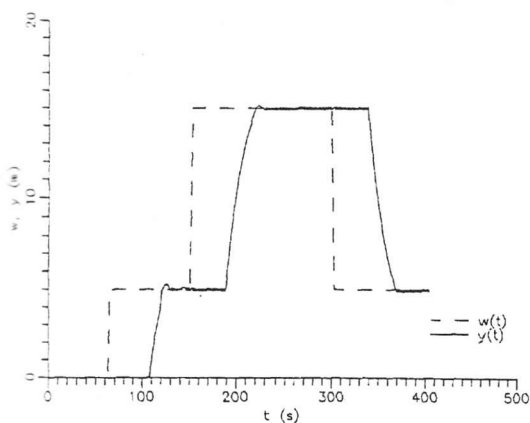
OBR. 2. Riadenie sústavy $O_2 + N_2$ fuzzy regulátorom bez Smithovho prediktora.

FIG. 2. Output time answer of the controlled system $O_2 + N_2$ without the Smith predictor.



OBR. 3. Bloková schéma riadenia so Smithovým prediktorom.

FIG. 3. Block scheme control with the Smith-predictor.



OBR. 4. Časový priebeh riadenia sústavy O₂ + N₂ so Smithovým prediktorom.

FIG. 4. Output time answer of the controlled system O₂ + N₂ with the fuzzy controller and the Smith-predictor.

Časový priebeh riadenia pomocou fuzzy regulátora so zapojeným Smithovým prediktorom je na obr. 4., kde $y(t)$ je časový priebeh regulovanej koncentrácie a $w(t)$ je časový priebeh žiadanej hodnoty koncentrácie. V sústave CO₂ + vzduch pri použití fuzzy regulátora výstup kmital. Porovnanie kvality riadenia fuzzy regulátorom a PIP regulátorom je v tabuľke 1.

V tabuľke uvedené jednotlivé symboly znamenajú:

- t_r doba regulácie
- p preregulovanie v percentách rozsahu
- IAE integrál absolútnej regulačnej odchýlky

$$IAE = \int_0^{t_r} |e| dt$$

Se diskrétné kritérium kvality,
kde m je počet krokov regulačného pochodu

$$Se = \sqrt{((1/m+1) \sum_{k=1}^m e(k))}$$

TRO trvalá regulačná odchýlka

TABULKA 1. Kvalita riadenia pomocou fuzzy regulátora a PIP regulátora pre sústavu O₂ + N₂ a CO₂ + vzduch.

TABLE 1. Quality of the control with the fuzzy controller and the Smith-predictor for controlled system O₂ + N₂ a CO₂ + air.

riadená koncentračná sústava ¹	typ regulátora ²	t _r [s]	p [%]	IAE	Se	poznámka ³
CO ₂ + vzduch *	PIP	167	0,00	1106	9,242	bez TRO
	Fuzzy	111	8,59	514	6,880	kmitavý
O ₂ + N ₂ **	PIP	147	0,00	844	6,86	bez TRO
	Fuzzy	105	6,23	547	8,24	kmitavý

* V sústave CO₂ + vzduch sa žiadaná hodnota zmenila skokom z 20 % na 40 %.

In system CO₂ + air the setpoint from 20 % to 40 % was changed.

** V sústave O₂ + N₂ sa žiadaná hodnota zmenila skokom z 5 % na 15 %.

In system O₂ + N₂ the setpoint from 5 % to 15 % was changed.

1 - controlled concentration system, 2 - type of controller, 3 - note.

Záver

Ako vidieť z tabuľky 1., je fuzzy regulátor s tromi funkciami príslušnosti rýchlejší ako PIP regulátor. Má však pomerne veľké preregulovanie a výstup kmitá okolo žiadanej hodnoty. Vzhľadom na to, že navrhnutý fuzzy regulátor je vlastne PD regulátor, bolo by vhodné modifikovať nájdený akčný zásah u na tzv. prírastkový fuzzy regulátor s pridanou I-zložkou a zvýšiť počet úrovní na 5, resp. 7. Ukázalo sa, že fuzzy regulátor je zaujímavou alternatívou ku klasickým regulátorom a je perspektívny.

Literatúra

1. SEDLÁČEK, M.: Metodika návrhu stabilného fuzzy regulátora. ATP Journal, 2, 1995, č. 1, s. 27-30.
2. ZEMANOVIČOVÁ, A. - IVANICKÝ, M. - PROKOP, R. - BAKOŠOVÁ, M.: Robustnosť a kvalita riadenia koncentrácie plyných zmesí. Automatizace, 37, 1994, č. 9, s.263-267.
3. MIZNER, M.: Riadenie koncentrácie plyných zmesí. [Diplomová práca.] Bratislava 1995. - Slovenská technická univerzita. Elektrotechnická fakulta.

Do redakcie došlo 1.10.1996.

Fuzzy control of time delay systems

ANNA ZEMANOVIČOVÁ - MÁRIA KARŠAIOVÁ

SUMMARY. The control problem of time delay systems was solved by fuzzy control loop. Fuzzy controller was used either in connection with Smith predictor or without it. The developed control was verified on a real process, where the concentration of gas mixture $\text{CO}_2 + \text{air}$ or $\text{N}_2 + \text{O}_2$ is controlled. The special SFLC fuzzy controller with three levels of distinguishing of control variables and two inputs was used.