

# Návrh fuzzy regulátora s kompenzáciou dopravného oneskorenia (1)

V článku je realizovaný návrh fuzzy PI regulátora a fuzzy kompenzátora dopravného oneskorenia.

Fuzzy kompenzátor umožňuje eliminovať nepriaznivý vplyv dopravného oneskorenia v regulačnom obvode so spätnou väzbou, a to aj v prípade, že jeho hodnoty nie sú vopred presne známe. Teoretické výsledky sú overované číslcovou simuláciou na príklade dynamickej sústavy s dominantnou hodnotou dopravného oneskorenia vzhľadom na kapacitné oneskorenie regulovanej sústavy.

## Úvod

Je dostatočne známy nepriaznivý vplyv dopravného oneskorenia na stabilitu a kvalitu regulácie v spätnoväzbových regulačných obvodoch. Dopravné oneskorenie je charakteristické pre procesy dopravy látok, pre tzv. prietokové kontinuálne priemyselné procesy, ako napr. rúrkové pece a výmenníky tepla, rúrkové chemické reaktory atď., ale aj pri vykurovacích sústavách budov. Pre väčšie hodnoty dopravného oneskorenia platí

$$T_u + T_d > T_d$$

kde  $T_s$  je dominantná časová konštanta sústavy, ktorá charakterizuje kapacitné oneskorenie a  $T_d + T_u$  je dopravné oneskorenie spolu s časom prietahu. Často na dosiahnutie stability a potrebnej kvality regulácie nepostačujú štandardné PI, PID regulátory, ako aj zložitejšie robustné alebo fuzzy regulačné algoritmy. V teórii automatického riadenia boli rozpracované viaceré prístupy na elimináciu vplyvu dopravného oneskorenia. Ide napr. o použitie rozvetvených regulačných obvodov alebo použitie dynamickej kompenzácie dopravného oneskorenia pomocou tzv. Smithovho prediktora [1]. V prípade vykurovacích sústav je to použitie náhrady spätnoväzbových regulačných obvodov pomocou ekvitermickej regulácie [5]. Nevýhodou kompenzácie dopravného oneskorenia pomocou Smithovho prediktora aj v prípade použitia číslcových regulátorov je, že vyžaduje dostatočne presný kvantitatívny model regulovanej sústavy, čo je skôr teoretická ako praktická požiadavka. V dôsledku toho môže dôjsť pri väčších zmenách dopravného oneskorenia k podstatnému zhoršeniu stupňa stability, resp. kvality regulácie regulačného obvodu. Princíp fuzzy kompenzácie [2], [3], vychádza z prirodzeného predpokladu, že reálne sústavy sú vždy viac alebo menej neurčité, a preto je výhodné použitie fuzzy prístupov pri návrhu regulátora, a to napriek určitým problémom, ktoré prinášajú heuristické postupy návrhu fuzzy regulátorov.

Súčasnú aktuálnosť problematiky potvrdzuje fakt, že v roku 2004 sa uskutoční k riešenej problematike už piate vedecké sympóziu IFAC (IFAC Workshop 5-th Time Delay Systems – Leuven Belgium, Sept. 2004).

## 1. Návrh fuzzy kompenzátora v regulačnom obvode s PI fuzzy regulátorom

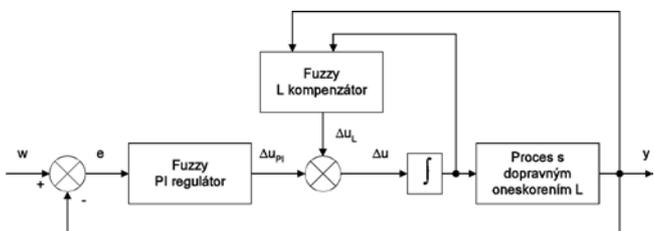
Hlavným prínosom fuzzy kompenzátora dopravného oneskorenia je robustnosť (odolnosť) voči zmenám hodnôt dopravného oneskorenia pri zachovaní požiadavky na stabilitu systému.

Fuzzy L kompenzátor, pričom L budeme používať na označenie dopravného oneskorenia, prináša zjednodušenie do celej problematiky riadenia sústav s vyššími hodnotami dopravného oneskorenia. Návrh fuzzy L kompenzátora dopravného oneskorenia bol využitý v citovanej práci [2] podľa obr. 1, kde bol vytvorený súbor produkčných pravidiel. Tieto pravidlá sú vyjadrené vo forme prehľadnej tabuľky a opisujú správanie sústavy s dopravným oneskorením. Pre takto opísanú sústavu je navrhovaný fuzzy L kompenzátor určený z podmienky

$$\Delta u_L = -\frac{1}{K} \Delta y$$

kde  $K$  predstavuje zosilnenie regulovanej sústavy a produkčné pravidlá kompenzátora L sú v inverznom vzťahu k produkčným pravidlám fuzzy prediktora.

Pre fuzzy logikou opísanú sústavu a kompenzátor je z hľadiska použitia rovnakých symbolov vyjadrovania vhodné navrhnúť PI regulátor, ktorý je tiež opísaný produkčnými pravidlami, prehľadne uvedenými do tabuľkovej formy. Uvedená štruktúra fuzzy regulátora bola úspešne testovaná pri regulácii teploty v sklárskej taviacej peci v Nippon Electric Glass Co. Ltd. v Japonsku.



Obr.1 Bloková schéma regulačného obvodu s fuzzy L kompenzátorom a fuzzy PI regulátorom

## Literatúra

(vybrané tituly)

- [1] KACHAŇÁK, A., HOLIŠOVÁ, M.: Návrh fuzzy kompenzátora dopravného oneskorenia. Proc. Conf. Process Control 03. Štrbské Pleso 1993, CD ROM.
- [2] AOKI, Sh.: Application of fuzzy control logic for dead-time processes. Report of Nippon Electric Glass Co. Ltd. SVÚS, Hradec Králové 1989.
- [3] VOZNÁKOVÁ, L.: Overovanie vlastností regulátora s fuzzy logikou. Diplomová práca. KAM SJF STU 1996.
- [4] VYSOKÝ, P.: Fuzzy řízení. ES ČVUT, Praha 1996.
- [5] KACHAŇÁK, A., HOLIŠ, M.: Contribution to fuzzy control design for heating processes. Proc. 12-th Int. Conf. Processes Control '99. Tat. Matliare 1999. Vol. 2, s. 152 – 155.

V budúcom čísle opíšeme princíp kompenzácie dopravného oneskorenia pomocou fuzzy L kompenzátora.

doc. Ing. Anton Kachaňák, CSc.  
Ing. Miriam Holíšová

Katedra automatizácie a merania  
Strojnícka fakulta STU  
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava  
e-mail: kachanak@kam.vm.stuba.sk