

Optimalizácia ekvitermickej regulácie použitím fuzzy regulátorov

V príspevku je uvedený návrh optimalizácie ekvitermickej regulácie výmenníka tepla systému CZT pomocou základného PID regulátora a nadradených fuzzy regulátorov, ktoré využívajú expertné znalosti obsluhy o uplatnení zmien klimatických podmienok na takú zmenu prevádzky vykurovacieho systému, aby boli tepelné straty budov čo najlepšie kompenzované. Na základe technologickej schémy rozšírenej ekvitermickej regulácie ukazujeme štruktúru dvoch fuzzy regulátorov v prostredí Fuzzy Logic Toolbox a grafický model ekvitermickej regulácie v systéme Simulink. V závere analyzujeme dosiahnuté výsledky získané simuláciou zostaveného modelu.

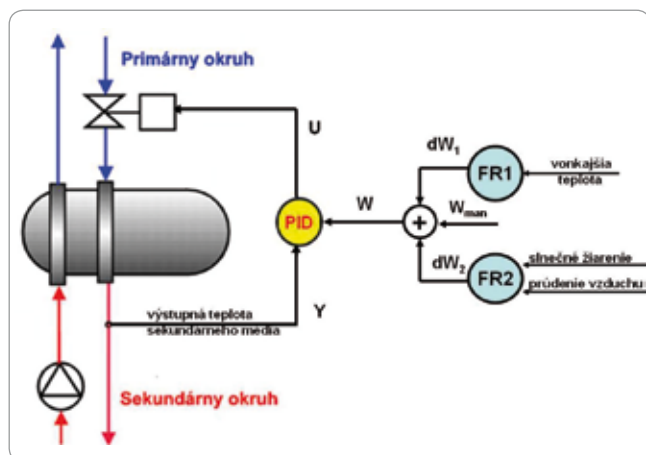
V poslednom období sa namiesto klasických metód riadenia, ktoré vychádzajú z analytického (kvantitatívneho) modelovania, čoraz viac uplatňujú metódy vychádzajúce z expertných, empirických znalostí a z nečíselných, heuristických a lingvistických informácií. Hovoríme o kvalitatívnych postupoch modelovania a riadenia, ktoré uplatňujú princípy základných disciplín subsymbolovej umelej inteligencie: fuzzy logiky a umelých neurónových sietí. Cieľom týchto disciplín je zblíženie teoretických a praktických prístupov v automatizácii technologických procesov a technických zariadení budov.

V posledných troch desaťročiach našli prístupy umelej inteligencie široké uplatnenie v praxi. Fuzzy logika, okrem rozmanitých aplikácií v spotrebnej elektronike, našla uplatnenie aj v oblasti technologických procesov a technických zariadení budov. Spotrebu tepla v budovách možno znížiť nielen stavebnými úpravami (zatepľovaním budov), ale aj nasadovaním číselných informačných a riadiacich systémov, ktoré umožňujú nahradenie riadiacich činností obsluhy fuzzy regulátormi.

Schéma ekvitermickej regulácie

Vychádzame z technologickej schémy ekvitermickej regulácie výmenníka tepla (VT) systému CZT (obr. 1). V systémoch CZT je výmenník tepla základným zariadením na odber potrebného množstva tepla na vykurovanie. Dôležitou úlohou číselného riadiaceho systému je prispôbiť výkon VT (množstvo odobratej energie) zmenám vonkajších klimatických podmienok. Vo vykurovacích systémoch možno využiť expertné znalosti obsluhy na automatické dohľadanie procesu (Supervisory Control). Tieto znalosti majú kvalitatívny (nečíselný, jazykový – lingvistický) charakter, preto sa ponúka možnosť využiť ich na optimalizáciu vykurovania prostredníctvom fuzzy regulátorov zabudovaných do riadiaceho systému.

Základný PID regulátor zaisťuje reguláciu teploty vykurovacieho média na sekundárnej strane VT škrtaním prítoku primárneho média na vstupe výmenníka pomocou dvojcestného ventilu so servopohonom. Prvý fuzzy regulátor (FR1) zaisťuje samotnú ekvitermickej reguláciu, t. j. vedenie žiadanej teploty vykurovacej vody na základe zmien vonkajšej teploty. Táto rozvetvená (vlečná) regulácia je rozšírená o automatické zohľadnenie vplyvu ďalších klimatických podmienok (slnečného žiarenia, prúdenia a vlhkosti vzduchu) na vykurovací systém (FR2).



Obr. 1 Schéma ekvitermickej regulácie výmenníka tepla

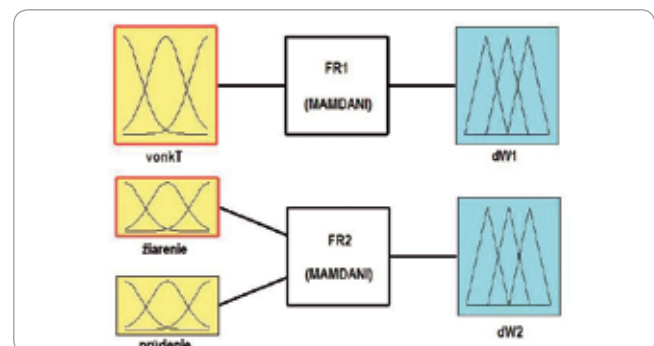
Výslednú žiadanú teplotu pre podradený PID regulátor (W) dostávame superponovaním manuálne nastavenej žiadanej hodnoty (W_{man}) s prírastkami žiadanej hodnoty, poskytnutými fuzzy regulátormi (dW_1 a dW_2) na základe okamžitých zmien klimatických podmienok: $W = W_{man} + dW_1 + dW_2$

Uvedená koncepcia ekvitermickej regulácie umožňuje okrem zohľadnenia vplyvu klimatických podmienok aj nastavenie časových cyklov nočných a víkendových útlmov.

Tvorba fuzzy regulátorov

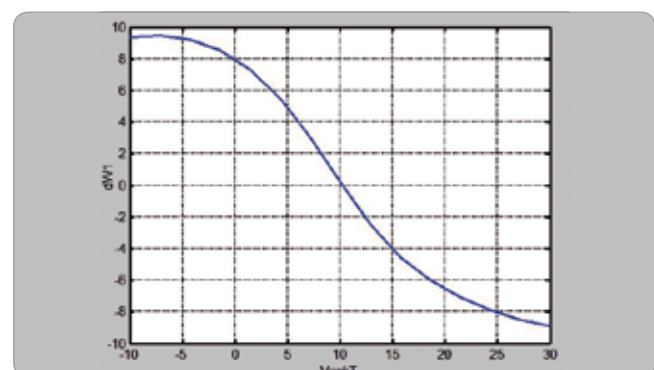
Štruktúry fuzzy regulátorov boli navrhnuté pomocou grafického rozhrania Fuzzy Logic Toolbox systému Matlab (obr. 2). Prvý fuzzy regulátor Mamdaniho typu využíva jeden vstup a jeden výstup s tromi gaussovskými funkciami príslušnosti $vonT = \{\text{minus, nula, plus}\}$, $dW_1 = \{\text{minus, nula, plus}\}$ a tri pravidlá v tvare implikácie. Vstup je škálovaný v rozsahu $(-10, 30)^\circ\text{C}$ a výstup v rozsahu $(-20, 20)^\circ\text{C}$.

Druhý fuzzy regulátor Mamdaniho typu využíva dva vstupy a jeden výstup s tromi trojuholníkovými funkciami príslušnosti $žiarenie = \{\text{zamračeno, stredné, slnečno}\}$, $prúdenie = \{\text{bezvetrie, stredné, vietor}\}$, $dW_2 = \{\text{minus, nula, plus}\}$ a deväť pravidiel v tvare implikácie. Vstupy sú škálované v rozsahu $(0, 100)\%$, a výstup v rozsahu $(-5, 5)^\circ\text{C}$.

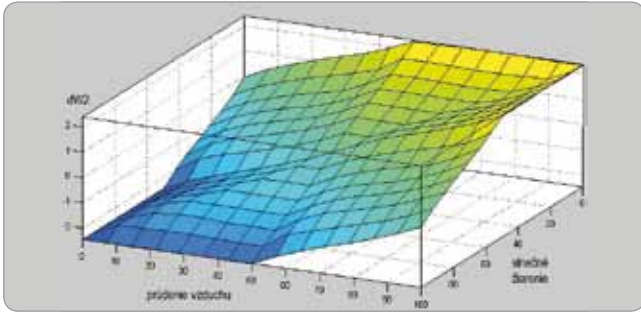


Obr. 2 Štruktúra prvého a druhého fuzzy regulátora

Navrhnuté fuzzy regulátory generujú fuzzy diagramy (obr. 3, 4), ktoré určujú zmenu žiadanej teploty vykurovacej vody sekundárneho okruhu v závislosti od zmien vstupných podmienok. Prvý diagram zodpovedá ekvitermickej krivke pre daný objekt riadenia.



Obr. 3 Fuzzy diagram prvého fuzzy regulátora



Obr. 4 Fuzzy diagram druhého fuzzy regulátora

Grafický model ekvitermickej regulácie

V ďalšom kroku bol v prostredí Simulink navrhnutý grafický model rozšírenej ekvitermickej regulácie. Fuzzy regulátory z prostredia Fuzzy Logic Toolbox boli exportované do pracovného poľa Matlabu a následne zaradené do blokov Fuzzy Logic Controller. Regulovaná sústava bola modelovaná obrazovým prenosom s oneskorením tretieho rádu. Manuálny, resp. automatický, režim regulácie možno prepínať pomocou bloku Manual Switch. Manuálne nastavenie žiadanej hodnoty, ako aj zmeny klimatických parametrov boli realizované pomocou vodorovných posúvačov (blokov Slider). Priebeh zmien vstupných parametrov a regulačného pochodu možno zobrazíť pomocou blokov Mux a Scope.

Navrhnutý model umožňuje pomocou číslicovej simulácie sledovanie vplyvu klimatických podmienok na priebeh regulácie teploty sekundárneho média VT, ako aj modifikovanie (ladenie) štruktúry a parametrov fuzzy regulátorov na základe expertných znalostí obsluhy.

Záver

V príspevku je uvedený návrh priebežnej optimalizácie ekvitermickej regulácie výmenníka tepla systému CZT s využitím PID regulátora

a dvoch nadradených fuzzy regulátorov. Uvedený návrh využíva okamžité informácie o zmenách klimatických podmienok, expertné znalosti obsluhy a princípy fuzzy modelovania a riadenia. Rozširuje základnú koncepciu ekvitermickej regulácie VT pomocou použitia fuzzy regulátorov zohľadňujúcich vplyv klimatických podmienok na vykurovací systém. Dosiachnuté výsledky naznačujú možnosť zníženia spotreby tepla, elimináciu nežiaducich zásahov operátora, ako aj zvýšenie tepelnej pohody v budove. Uvedený postup možno okrem optimalizácie riadenia výmenníkov tepla systému CZT uplatniť aj pri zdokonaľovaní zónovej regulácie občianskych budov, ako aj lokálnych vykurovacích systémov s plynovými kotlami.

Podakovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu ASFEU OPVaV-2008/4.1/01-SORO Centrum excelencie STU Smart technológie, systémy a služby.

Literatúra

- [1] Novák, Vilém: Základy fuzzy modelování. Praha: BEN – technická literatura 2000.
- [2] Jura, Pavel: Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. Brno: VUT 2003.
- [3] Vaščák, Ján: Fuzzy Logika v regulácii. TU v Košiciach, 2008.
- [4] Gulley, N. – Jang, J. S.: Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB. The Math Works, Inc., MA-Natick, Copyright, 2009.
- [5] Kvasnička, Vladimír a kol.: Umelá inteligencia a kognitívna veda I. Bratislava: STU 2009.
- [6] Végh, P.: Zbierka riešených úloh a zadaní z teórie automatického riadenia. Bratislava: Vydavateľstvo STU 2009.

doc. Ing. Peter Végh, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave
 Strojnícka fakulta
 Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky