

Riadenie vykurovania na báze ekvitermickej regulácie

Ján Piteľ

Klasickým overeným prístupom pri riadení vykurovania je použitie ekvitermickej regulácie, ktorá sa úspešne využívala už v analógových regulátoroch pri riadení vykurovania na procesnej úrovni. Číslicové regulačné systémy na riadenie vykurovania na tejto úrovni majú v sebe implementované algoritmy klasickej ekvitermickej regulácie z oblasti spojitého riadenia, ale aj nové prístupy k ekvitermickej regulácii na báze znalostí z oblasti umelej inteligencie.

Ekvitermická regulácia

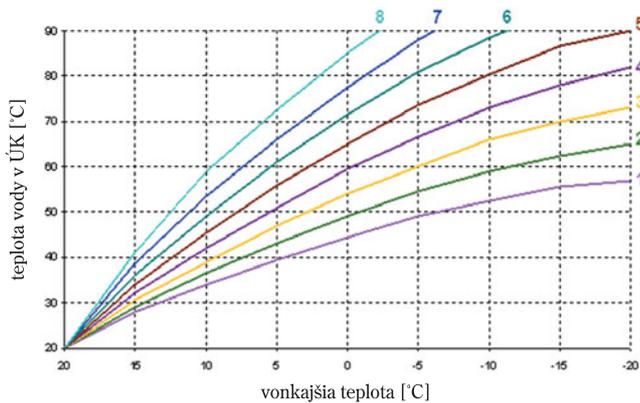
Ekvitermická regulácia sa používa vo vykurovacích systémoch a jej cieľom je zabezpečiť požadovanú teplotu vo vykurovanom priestore pri rôznych externých podmienkach. Na splnenie tejto požiadavky je potrebné nájsť rovnováhu medzi dodávaným výkonom a tepelnou stratou objektu, t. j. zabezpečiť optimálnu teplotu vykurovacej vody. Táto vykurovacia voda potom cirkuláciou vo vykurovacích telesách zabezpečí požadovanú teplotu v priestore vykurovaného objektu. Pretože tepelná strata objektu zatiaľ nie je jednoducho merateľnou veličinou, musí sa nahradiť inou veličinou. Pre potreby riadenia vykurovania je vhodné pri niektorých objektoch tepelnú stratu objektu nahradiť teplotou vonkajšieho vzdu-

chu. Takéto riadenie procesu vykurovania potom nazývame riadením s ekvitermickou reguláciou.

Ekvitermická regulácia je vlastne špecifickým prípadom vlečnej regulácie. Pri vlečnej regulácii je žiadaná hodnota riadená niektorou pomocnou fyzikálnou veličinou z regulovanej sústavy alebo signálom z inej sústavy. V prípade ekvitermickej regulácie je žiadaná hodnota – teplota vody vo vykurovacej sústave riadená teplotou vonkajšieho vzduchu. Táto závislosť je daná tzv. ekvitermickými krivkami.

Ekvitermická krivka je závislosť medzi teplotou vykurovacej vody a vonkajšou teplotou a nepriamo fyzikálne opisuje vykurovaný priestor a vykurovací systém. Táto závislosť je nelineárna a je daná tepelno-izolačnými vlastnosťami vykurovaného objektu a výkonom vykurovacieho systému. Jednoducho povedané, strmosť ekvitermickej krivky je tým menšia, čím je objekt lepšie tepelne izolovaný a taktiež čím väčší je pomer plochy vykurovacích telies voči ploche vonkajších stien objektu.

Výsledný efekt ekvitermickej regulácie závisí od správne zvolenej ekvitermickej krivky, a preto na praktické použitie ekvitermickej regulácie je k dispozícii viacero ekvitermických kriviek, ktoré sú charakterizované svojou strmosťou (číslo). Príklad ekvitermic-



Obr.1 Príklad ekvitermických kriviek

kých kriviek je uvedený na obr. 1. Ak sa zvolí krivka s vyššou strmosťou (číslom) než vyžaduje vykurovaný priestor, dochádza k trvalému prekurovaniu objektu. Táto vlastnosť sa niekedy používa pri tzv. predregulácii pre väčší počet užívateľov objektu, pričom mieru vykurovania jednotlivých priestorov si užívatelia doregulujú sami priamou reguláciou, napr. termostatickými hlavícami na vykurovacích telesách.

Okrem strmosti krivky sa pri zoraďovaní ekvitermickej regulácie nastavuje aj tzv. posun krivky vo zvislom smere (v niektorých prípadoch aj vo vodorovnom smere). Potrebnú korekciu nastavenia krivky je možné odhadnúť podľa toho, o koľko sa líši požadovaná teplota v objekte pri nízkych, stredných a vyšších vonkajších teplotách. Ak je rozdiel stále rovnaký, stačí krivku posunúť. Ak rozdiel medzi požadovanou a skutočnou teplotou rástol s klesajúcou vonkajšou teplotou, je potrebné zvýšiť jej strmosť (číсло). Ak naopak skutočná teplota voči požadovanej bola tým vyššia, čím bolo vonku chladnejšie (t. j. dochádzalo k prekurovaniu keď sa ochladilo), je potrebné strmosť krivky zmenšiť.

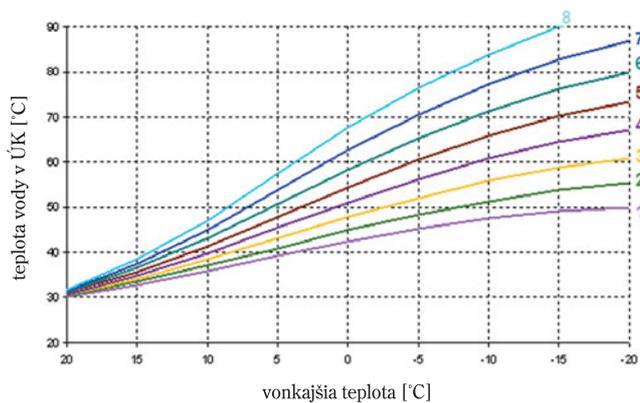
Okrem nastavenia tzv. základnej ekvitermickej krivky pre komfortnú požadovanú teplotu vo vykurovanom objekte sa nastavujú aj útlmy tejto krivky pre útlmové požadované teploty vo vykurovanom objekte. Tieto útlmy sa realizujú posunom základnej ekvitermickej krivky do mínusových hodnôt vo zvislom smere.

Pre moderné číslicové regulačné systémy umožňujúce vykurovanie na rôzne hladiny s možnosťou vypínania vykurovania od rôznych podmienok je v niektorých prípadoch diskutabilný tvar ekvitermických kriviek podľa obr. 1. Krivky tohto tvaru sa uvádzajú v literatúre týkajúcej sa ekvitermickej regulácie a používajú sa vo väčšine regulačných systémov. Prehodnotenie tvaru ekvitermickej krivky je potrebné najmä pri vyšších vonkajších teplotách, keď dochádza k automatickému vypínaniu vykurovania. Vzhľadom na zlepšenie tepelno-technických parametrov vykurovaných budov je potrebná aj nižšia strmosť kriviek. Príklad upravených ekvitermických kriviek je na obr. 2.

Ekvitermická regulácia s korekciou na referenčnú teplotu

Klasická ekvitermická regulácia je nepriamou reguláciou vnútornej teploty, keďže regulácia prebieha podľa vopred stanovenej závislosti výkonu (teploty vykurovacej vody) od vonkajšej teploty, a nie je riadená hodnotou vnútornej teploty. Preto sa, najmä v rodinných domoch a menších objektoch, ekvitermická regulácia doplní ešte reguláciou podľa vnútornej teploty (teploty referenčnej miestnosti). Takáto regulácia sa potom nazýva ekvitermická regulácia s korekciou na referenčnú teplotu. Pri tejto regulácii je však dôležitý výber miestnosti pre referenčnú teplotu, ktorá by za všetkých okolností reprezentovala skutočnú teplotu v objekte.

Princíp korekcie na referenčnú teplotu môže byť založený na tom, že sa okrem vonkajšej teploty sníma aj vnútorná teplota miestnosti. Rozdiel medzi žiadanou a skutočnou vnútornou teplotou kori-



Obr.2 Príklad upravených ekvitermických kriviek

guje na základe určitých kritérií vypočítanú hodnotu vykurovacej vody podľa navolenej ekvitermickej krivky a vonkajšej teploty tak, aby skutočná teplota miestnosti zodpovedala žiadanej. Sú možné viaceré teoretické možnosti výpočtu korekcie (napr. použitie lineárnych regulátorov typu P, PI, fuzzy regulátorov, neuro-fuzzy systémov). Pri praktickom použití v konkrétnych ekvitermických regulátoroch sa zvyčajne využíva know-how konkrétneho výrobcu regulátora.

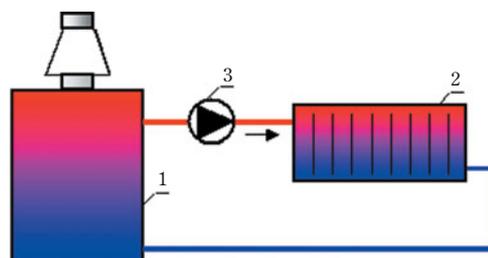
Klasická ekvitermická regulácia zabezpečí rovnováhu medzi dodávaným tepelným výkonom do vykurovaného priestoru a tepelnou stratou objektu, pričom ekvitermická regulácia s korekciou na referenčnú teplotu navyše zabezpečí kompenzáciu ostatných tepelných ziskov alebo strát vo vykurovanom priestore.

Spôsoby regulácie tepelného výkonu vhodné na použitie s ekvitermickou reguláciou

Na použitie s ekvitermickou reguláciou sú vhodné spôsoby regulácie tepelného výkonu, pri ktorých sa mení teplota vykurovacej vody vstupujúcej do vykurovacích telies (tzv. kvalitatívna regulácia). Princíp kvalitatívnej regulácie spočíva v zmene teploty vykurovacej vody pri stálom prietoku vo vykurovacom systéme. Na rozdiel od kvantitatívnej regulácie (zmena prietoku teplotonosnej látky škrtaním alebo rozdelením), objemové množstvo teplotonosnej látky vo vykurovacích telesách zostáva konštantné (konštantný hmotnostný prietok), čím je rozdelenie teplôt na vykurovacích telesách rovnomernejšie. K výhodám patrí aj vyššia stabilita hydrauliky siete.

Ak budeme uvažovať o regulácii na zdroji tepla, sú možné dva základné spôsoby regulácie teploty vykurovacej vody.

1. **Regulácia zmenou teploty kotlovej vody.** Tá je z hľadiska technologického zapojenia vykurovacieho systému jednoduchá a nevyžaduje ďalšie regulačné komponenty. Kotlová voda z výstupu kotla prostredníctvom čerpadla priamo cirkuluje do vykurovacích telies. Ekvitermická regulácia riadením kotla (reguláciou výkonu horáka a vypínaním kotla) zabezpečuje požadovanú teplotu podľa ekvitermických kriviek na výstupe kotla, a tým aj na vstupe do vykurovacích telies. Táto regulácia je použiteľná iba pri nových generáciách kotlov (kotly z nehrdzav-

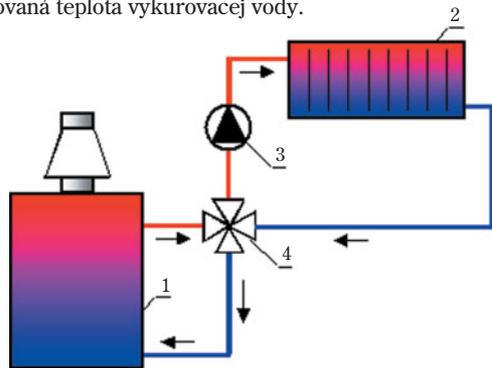


1 – zdroj tepla, 2 – spotrebič tepla, 3 – obehové čerpadlo

Obr.3 Regulácia tepelného výkonu zmenou teploty kotlovej vody

vejúcej ocele, nízkoteplotné alebo kondenzačné kotly), pri ktorých nízka teplota vratnej vody do kotla nie je kritická.

2. Regulácia zmiešavaním. Zmena teploty vykurovacej vody sa dosahuje miešaním teploty vody z výstupu kotla s vodou ochladenou vo vykurovacej sústave pomocou zmiešavacieho ventilu, čím sa zníži teplota privádzanej vody do sústavy pri stálom prietoku v sekundárnom obvode. Ekvitermická regulácia zabezpečuje prestavovaním polohy zmiešavacieho ventilu požadovanú teplotu podľa ekvitermických kriviek na vstupe do vykurovacích telies, pričom je možné dosiahnuť presnú a stabilnú reguláciu tejto teploty. Zmiešavací ventil je trojcestný alebo štvorcestný. Trojcestný zmiešavač je vhodný pre kondenzačné kotly (nezvyšuje teplotu vratnej vody do kotla). Štvorcestný zmiešavač je vhodný pre kotly s vyššou požadovanou teplotou vratnej vody. Výhodou je aj jednoduchá príprava teplej úžitkovej vody, pretože teplota v kotlovom okruhu môže byť vyššia ako je požadovaná teplota vykurovacej vody.

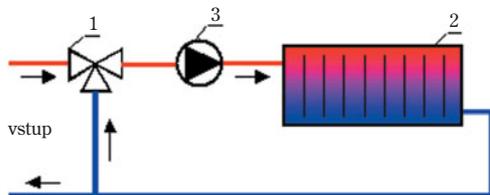


1 – zdroj tepla, 2 – spotrebič tepla
3 – obehové čerpadlo, 4 – štvorcestný zmiešavač

Obr.4 Regulácia zmiešavaním na báze štvorcestného zmiešavača

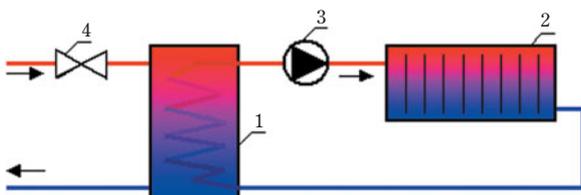
Ak budeme uvažovať o regulácii v odovzdávacej stanici tepla (OST), regulácia teploty vykurovacej vody závisí od typu použitej stanice. Môže sa to uskutočniť:

1. Zmiešavaním v tlakovo závislých staniciach. Zmena teploty vykurovacej vody sa dosahuje miešaním teploty vody vstupujúcej do odovzdávacej stanice s vodou ochladenou vo vykurovacej sústave. Ekvitermická regulácia, podobne ako pri regulácii zmiešavaním v zdroji tepla, prestavovaním polohy ventilu zabezpečuje požadovanú teplotu podľa ekvitermických kriviek na vstupe do vykurovacích telies. Na zmiešavanie je možné použiť trojcestný zmiešavač alebo dvojcestný regulačný ventil s primiešavaním z vratnej vody pred čerpadlom.



1 – trojcestný zmiešavač, 2 – spotrebič, 3 – obehové čerpadlo

Obr.5 Regulácia zmiešavaním na báze trojcestného zmiešavača



1 – výmenník, 2 – spotrebič, 3 – obehové čerpadlo, 4 – regulačný ventil

Obr.6 Regulácia tepelného výkonu zmenou prietoku na vstupe výmenníka

2. Zmenou prietoku na vstupe (primárnej strane) výmenníka v tlakovo nezávislých staniciach. V tlakovo nezávislých odovzdávacích staniciach tepla sa regulácia teploty vykurovacej vody najčastejšie realizuje zmenou prietoku na primárnej strane výmenníka, pričom ekvitermická regulácia prestavovaním polohy regulačného ventilu zabezpečuje požadovanú teplotu podľa ekvitermických kriviek na výstupe výmenníka, a tým aj na vstupe do vykurovacích telies.

Záver

Pri aplikácii ekvitermickej regulácie vykurovania je potrebné nastaviť vhodnú ekvitermickú krivku. Ak je táto krivka nevhodne nastavená, potom môže byť kvalita procesu vykurovania znehodnotená v podobe vyššej alebo nižšej teploty vo vykurovaných priestoroch, resp. vysokou spotrebou tepla a pod. Preto je dôležité venovať pozornosť algoritmom riadenia vykurovania na procesnej aj dispečerskej úrovni riadenia, ktoré umožňujú automatickú zmenu parametrov ekvitermickej krivky. Nové algoritmy riadenia vykurovania na báze umelej inteligencie v spojení s výhodami ekvitermickej regulácie, ako základnej regulácie teploty vykurovacej vody, môžu prispieť k zlepšeniu riadenia procesov vykurovania najmä v najmodernejších regulačných a dispečerských systémoch, ktoré svojim technickým a programovým vybavením podporujú tvorbu aplikácií aj na báze umelej inteligencie.

Literatúra

- [1] BARON, P.: Automatizácia ekvitermickej regulácie v tepelnom hospodárstve s využitím systému FoxPro. New trends in automation of energetic processes '98. Academie Centrum, Zlín 1998, s. 21 – 24. ISBN 80-214-1094-9
- [2] EHRENWALD, P.: Praktický úvod do regulácie technických zariadení budov. Regulačný orgán. TZB Haustechnik IX. 2001, č. 2, s. 16 – 18. ISSN 1210-356X
- [3] HRUŠKA, F.: Regulace a řízení parametrů prostředí podle tepelné pohody. In: Zborník referátov z medzinárodnej konferencie. I. časť. STU Bratislava 2001, s. 63 – 67. ISBN 80-227-1616-2
- [4] KACHAŇÁK, A., HOLÍŠ, M.: Použitie neuro-fuzzy systémov v riadení procesov vykurovania. AT&P journal, 2000, č. 3, s. 52 – 54. ISSN 1335-2237
- [5] MIŽÁK, J.: Modelovanie a simulácia ekvitermickej regulácie. Diplomová práca. Sjf TU, Košice 2002.
- [6] RIMÁR, M., SKOK, P.: Riadenie spaľovania v tepelných energetických zariadeniach. „In: Zb. konf. ROBTEP 2002“. Košice 22. – 24. 5. 2002, s. 341 – 345.

Tento príspevok bol vypracovaný s grantovou podporou VEGA 1/1106/04.

Ing. Ján Pitel'

**Katedra automatizácie a riadenia
Strojnícka fakulta TU v Košiciach
Park Komenského 8
041 87 Košice
e-mail: jan.pitel@tuke.sk**