

Možnosti zlepšenia kvality riadenia vykurovacích systémov v budovách

Anton Kachaňák, Peter Végh

Úvod

Pre súčasnosť je charakteristický intenzívny rozvoj teoretických prostriedkov automatizácie: teórie riadenia, informatiky a umelej inteligencie. Súčasne nastal významný pokrok v oblasti číslicových riadiacich, informačných a komunikačných systémov. Na základe toho dnes možno formulovať vyššie ciele automatizácie a riadenia technických zariadení budov ako zložitých, rozsiahlych a neurčitých procesov integrovaných do distribuovaných riadiacich systémov. To umožňuje dosiahnuť kvalitatívne vyššiu úroveň automatizácie budov a realizovať tzv. inteligentné budovy s nadštandardným užívateľským komfortom a ekonomicky efektívnou prevádzkou. Úspešnosť automatizácie je pritom podmienená požiadavkou komplexnosti riešenia úloh podľa technicko-ekonomických kritérií. Znižovanie spotreby tepla na vykurovanie pri súčasných cenách energií, tepelno-technických parametroch najmä starších občianskych a obytných budov, stave ich riadenia a automatizácie je najmä v našich podmienkach mimoriadne aktuálne. Existujú značné rezervy pre znižovanie energetickej náročnosti budov, ktoré tvoria z uvedeného hľadiska najvýznamnejšiu zložku technických zariadení budov (TZB). Súvisí to tiež s pripravovanou certifikáciou budov z hľadiska ich energetickej náročnosti v rámci implementácie smernice EÚ o energetickej efektívnosti budov do národnej legislatívy SR. Automatizačná technika tvorí dnes neoddeliteľnú súčasť TZB a predstavuje jeden z najefektívnejších prostriedkov na znižovanie energetickej náročnosti budov z relatívne krátkou návratnosťou. Na druhej strane aplikáciu vyšších foriem automatizácie budov a zvlášť vykurovacích sústav komplikuje značná zložitosť a rozmanitosť budov ako objektov riadenia a optimalizácie. Treba pritom zohľadniť aj zmeny v kvalite stavieb, zvyšovanie kvality technologických zariadení vykurovacích sústav a v neposlednom rade tiež zvyšovanie požiadaviek na kvalitu vnútorného prostredia – tepelnú pohodu, ako aj ekologické požiadavky. Výber koncepcie riadenia a riadiacich systémov musí vychádzať z vlastností budovy, vykurovacej sústavy a vhodne formulovaných cieľov riadenia. Treba akceptovať požiadavku účelnosti a jednoduchosti technických riešení, primeraný stupeň integrácie riadenia jednotlivých technologických celkov budovy a z toho vyplývajúce požiadavky na investičné a prevádzkové náklady, ako aj požiadavky na bezpečnosť a spoľahlivosť prevádzky.

1. Tvorba experimentálnych modelov vykurovacieho procesu

Ako bolo uvedené, modelovanie vykurovacej sústavy na účely riadenia komplikuje veľká rozmanitosť technológie budov a TZB. Preto sa ďalej zameriame na významnú triedu budov, akými sú väčšie občianske a obytné budovy, pre ktoré sa najčastejšie používa zónová ekvitermická regulácia teploty. Technické riešenie takej regulácie sa dnes často realizuje v dvojúrovňovej distribuovanej štruktúre riadenia s procesnou a nadradenou – dispečerskou úrovňou. V procesnej úrovni sa podľa vonkajšej teploty reguluje teplota vykurovacej vody na vstupe do radiátorov s možnosťou korekcie na teplotu v referenčnej miestnosti, prípadne s lokálnou reguláciou jednotlivých miestností pomocou termostatických ventilov. V nadradenej úrovni sa monitoruje proces vykurovania, archivuje procesná databáza, zobrazujú trendy technologických

parametrov, indikujú poruchové stavy, alarmy atď. Z nadradenej alebo procesnej úrovne možno dispečerom (kuričom), prípadne priamo vhodnými senzormi napr. slnečného žiarenia či vetra, eliminovať náhodné vplyvy poveternostných podmienok, vnútorné vplyvy napr. tepelných ziskov, vetrania na proces vykurovania. Dispečerom alebo priamo časovým programom možno nastavovať nočné, resp. víkendové útlmy tak, aby sa minimalizovala spotreba tepelnej energie na vykurovanie. Pre náročnosť modelovania vykurovacích procesov, ktoré patria do triedy kontinuálnych procesov, sa zatiaľ málo pozornosti venovalo otázkam optimalizácie prevádzky vykurovacích sústav s cieľom znížiť ich energetickú náročnosť. Prevádzku vykurovacej sústavy síce možno priebežne optimalizovať skúseným operátorom – expertom, ale taký postup má viac nevýhod. V takom prípade nemožno zaručiť elimináciu chybných rozhodnutí operátora, subjektívnosť pri rozhodovaní a v neposlednom rade sa kladú vysoké nároky na kvalifikáciu a tým aj finančné ohodnotenie obsluhy na zabezpečenie hospodárnej a spoľahlivej prevádzky procesu. Preto je jeden z dôležitých cieľov realizácie vyšších foriem automatizácie okrem dosiahnutia ekonomickej efektívnosti aj eliminácia nepriaznivých vplyvov ľudského faktora. V prípade vykurovacej sústavy budovy určitého typu treba získať kvantitatívny, prípadne kvalitatívny model, ktorý by umožnil pre zadané požiadavky na tepelnú pohodu vo vykurovanom priestore minimalizovať spotrebu tepla zmenami kontrolovateľných vstupných veličín a eliminovať vplyv poruchových veličín. Pretože proces vykurovania je zložitý, neautonómny a viazaný na ďalšie procesy TZB, vykazuje vysoký stupeň neurčitosti. Je prirodzené, že pre procesy takého typu sú deduktívne postupy tvorby modelov, ktoré vychádzajú z matematicko-fyzikálnej analýzy, značne obmedzené. Okrem toho pri použití dvojúrovňových, resp. viacúrovňových štruktúr riadiacich systémov vykurovania je využitie procesnej databázy len na archíváciu dát a zvýšenie užívateľského komfortu pre operátora procesu málo efektívne a neadekvátne nákladom na realizáciu vyšších riadiacich štruktúr v distribuovanom riadení procesu. Preto sa ukazuje výhodné formulovať experimentálne modely, využiť na to dáta z procesnej databázy a výsledný model použiť na zlepšenie kvality riadenia a optimalizáciu procesu. Tvorba experimentálnych stochastických modelov má v rôznych prírodovedných a technických odboroch dlhodobú históriu. V rámci rozsahu príspevku preto nemožno podať systematický výklad uvedenej problematiky, ale cieľom bude skôr poukázať na doterajšie skúsenosti a praktickú využiteľnosť použitého prístupu v oblasti optimalizácie prevádzky vykurovacích sústav budov. Skúsenosti ukázali, že klasická regresná analýza, ktorá vychádza z pasívnych experimentov na vstupných a výstupných veličinách, nenašla v praxi širšie uplatnenie pri získaní experimentálnych modelov vhodných na optimalizáciu procesu [2].

Súvisí to s potrebou vykonania veľkého počtu experimentov, ako aj interpretáciou rovnice regresie, v ktorej sú koeficienty vzájomne korelované. Podstatne nové možnosti dáva regresná analýza pri aktívnom, tzv. plánovanom experimente. Plánovanie, resp. návrh experimentov použil Fischer R. v 30. rokoch vo významnom smere matematickej štatistiky, v disperznej analýze. Regresná analýza a disperzná analýza spolu úzko súvisia a sú založené na plánovaní experimentov. V experimente vystupuje jedna



(alebo aj viac) závislá premenná, nazývaná tiež reakcia, alebo výstupná veličina a niekoľko nezávislých premenných veličín, nazývaných vstupnými veličinami alebo faktormi. Pri matematickej formulácii plánovania experimentu treba v určitom zmysle optimálne rozmiestniť body merania vo faktorom priestore v potrebnom počte stavov (úrovní) tak, aby sa najmä pri väčšom počte faktorov minimalizovali náklady na realizáciu experimentu. Pokiaľ sa pri experimente vyskytuje iba malý počet faktorov a úrovní, možno pri tzv. úplnom pláne vykonať všetky experimenty. Všeobecne platí, že ak máme n faktorov, ktoré sa menia na h úrovniach, potom celkový počet experimentov, pokrývajúcich celú experimentálnu oblasť je daný vzťahom $N = h^n$. Ak pre zvýšenie presnosti opakujeme merania q -krát, potom sa celkový počet experimentov zvýši na $N = q h^n$. Pri experimente spravidla predpokladáme, že množinu faktorov $\mathbf{u} = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ vieme dostatočne presne určiť, naproti tomu výstupné veličiny y_i sú zaťažené náhodnými chybami e_i . Ak označíme $y_i = y_i + e_i$ a o náhodných chybách predpokladáme, že:

- majú nulovú strednú hodnotu teda $E(e) = 0$,
- konštantný rozptyl $\sigma^2 = s$,
- chyby sú vzájomne nekorelované, teda $E(e, e^T) = s^2$,
- chyby majú normálne rozloženie pravdepodobnosti.

Je zrejme, že uvedené predpoklady sú iba odhadom pôsobenia chýb pri experimente a platia tým viac, čím väčšia pozornosť sa venuje experimentu a čím je vyššia presnosť merania. Na druhej strane tieto predpoklady, ak nie je ich vplyv redukovaný, môžu predstavovať obmedzujúci faktor pre vhodnosť aplikácie experimentálnych stochastických modelov. Treba zdôrazniť, že realizácia experimentov nie je možná bez istej znalosti o sledovanom objekte a prax ukazuje, že kvalita týchto znalostí je často rozhodujúca pre úspešnosť využitia experimentálneho modelu. Nelineárny regresný model možno vyjadriť rovnicou:

$$\mathbf{y} = \varphi(\mathbf{u}, \beta) \quad (1)$$

kde n je počet faktorov, N počet meraní s nulovou strednou hodnotou a rozptylmi $\sigma_1^2, \dots, \sigma_N^2$. V okolí nominálnej hodnoty výstupnej veličiny je výhodné vyjadriť regresnú funkciu vo forme polynómu stupňa d , ktorá je lineárna podľa parametrov β :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i u_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i \beta_{ij} u_i u_j + \dots + e \quad (2)$$

Pre n -faktorový regresný model s regresnou funkciou stupňa d treba určiť

$$p = \binom{n+d}{d}$$

neznámych parametrov. Pre kvadratickú regresnú funkciu potom platí $p = (n+2)(n+1)/2$. Minimálny počet úrovní je určený stupňom polynómu d a rovná sa $h = d + 1$. Pre $N \gg p$ meraní označíme štatistický odhad výstupu

$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{b}^T f(\mathbf{u})$$

a v maticovom zápise $\mathbf{e} = \mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{b}$, kde

$$\mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & h_{11} & \dots & h_{k1} \\ 1 & h_{12} & \dots & h_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & h_{1N} & \dots & h_{kN} \end{bmatrix}$$

\mathbf{H} sa nazýva matica experimentu. Určenie parametrov regresného modelu vedie na štandardnú úlohu najmenších štvorcov a odhad vektora parametrov sa určí z minimalizácie kritéria:

$$Q = \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{b})^T (\mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{b}) \quad (3)$$

Z toho potom dostaneme odhad vektora parametrov regresného modelu:

$$\mathbf{b} = (\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{y} \quad (4)$$

Pre minimum účelovej funkcie $Q(\mathbf{b})$ musí byť kladne definitná, tzv. Hessova matica $\mathbf{H}^T \mathbf{H} = \mathbf{M}$ označovaná ako informačná matica. Matica $\mathbf{P} = \mathbf{M}^{-1}$ sa nazýva disperzná matica. Ak pri experimente predpokladáme bežné rozloženie pravdepodobnosti $N(0, \sigma^2)$, potom vektor odhadu \mathbf{b} bude za uvedených predpokladov nevychýleným odhadom vektora β s kovariačnou maticou $\text{var}\{\mathbf{b}\} = \sigma^2 \mathbf{P}$ a $\tilde{\mathbf{y}}$ bude nevychýleným odhadom vektora \mathbf{y} s kovariačnou maticou $\text{var}\{\mathbf{y}\} = \sigma \mathbf{H}^T \mathbf{P} \mathbf{H}$. Ak výber plánu experimentu podriadime požiadavke minimálnej variancie odhadu \mathbf{y} , hovoríme o rešpektovaní kritéria G – optimality. Ak je snaha minimalizovať priemerňú disperziu jednotlivých regresných koeficientov (stopu disperznej matice \mathbf{P}), hovoríme o kritériu A – optimality. Pri väčšom počte faktorov n je počet koeficientov p veľký a vyžaduje väčšiu nadbytočnosť meraní $N \gg p$. Čiastočným východiskom je použitie metódy tzv. selektívnej regresie. Základnou myšlienkou tejto metódy je, že nie všetky členy v polynóme majú rovnakú dôležitosť a mnohé z nich možno zanedbať. Na výber členov polynómu sa ako kritérium používa tzv. reziduálny rozptyl.

Po stručnej charakteristike tvorby experimentálnych stochastických modelov budeme teoretické výsledky ilustrovať na príklade vykurovacej sústavy určitého typu. Pozornosť bude zameraná hlavne na vytvorenie možných štruktúr experimentálnych modelov pri zohľadnení konštrukčných a prevádzkových parametrov, ako aj možností merania kontrolovateľných vstupných a výstupných veličín. Zohľadnia sa aj doterajšie skúsenosti z prevádzky a riadenia vykurovacej sústavy pomocou ekvitermickej regulácie.

A. Vstupné konštantné parametre budovy a vykurovacej sústavy tvoria:

1. klimatické podmienky (nadmorská výška),
2. typová konštrukčná charakteristika budovy, resp. zóny budovy,
3. charakteristika tepelného zdroja (centrálny zdroj – OST, lokálny zdroj),
4. spôsob merania a regulácie (MaR) vykurovacej sústavy,
5. charakteristika prevádzky a využitia budovy,
6. výška budovy, orientácia zóny budovy atď.

B. Vstupné kontrolovateľné faktory môžu byť:

1. teplota teplotnosného média na vstupe do vykurovacej zóny,
2. zmena parametrov ekvitermickej krivky (sklon, posun),
3. požadovaná vnútorná teplota v zóne (tepelná pohoda).

C. Výstupné merateľné veličiny môžu byť:

1. spotreba tepla na vykurovanie,
2. rozdiel vnútornej a požadovanej teploty v referenčnej miestnosti,
3. investičné a prevádzkové náklady na vykurovanie (cena tepla).

D. Vstupné nekontrolovateľné náhodné veličiny (poruchy) tvorí:

1. vonkajšia teplota, slnečné žiarenie, vietor, vlhkosť,
2. tepelné zisky lokálnymi tepelnými zdrojmi, obsadením miestností,
3. tepelné straty vetraním.

Pri vyhodnotení meraných veličín z procesnej databázy je dôležitý vhodný výber periódy vzorkovania v časových radoch a eliminácia vplyvu periodických cyklov a trendov [3].

Pre uvedené vstupné a výstupné veličiny možno vytvoriť rozmanité štruktúry experimentálnych modelov spravidla pre viac kritérií optimálnosti, nakoľko tepelná pohoda a spotreba tepla na vykurovanie sú protichodné požiadavky. Riadenie a optimalizácia vykurovacej sústavy ako zložitého systému s viacerými cieľmi sú zložité a na jej optimalizáciu nemusia stačiť klasické optimalizačné metódy. Možno uvažovať aj s využitím neštandardných metód na báze evolučných algoritmov [6]. Na zväznenie, najmä pri viacúrovňových štruktúrach riadenia, je tiež tvorba kvalitatívnych modelov na báze umelej inteligencie s využitím princípov adaptácie a učenia, expertných systémov, multiagentových systémov

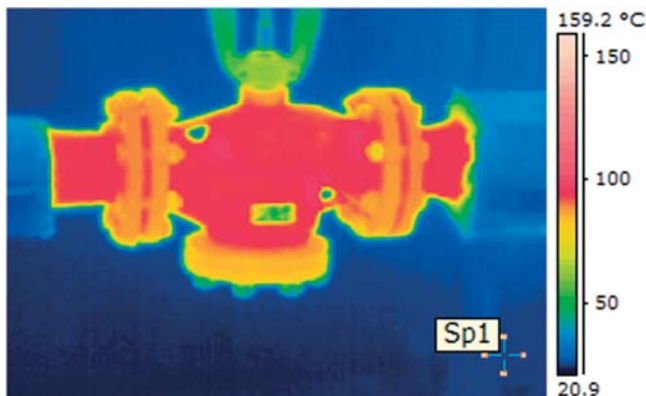


a neuro-fuzzy systémov [5], [7]. V každom prípade bude však potrebné posúdiť, či úspory pri prevádzke vykurovacej sústavy budú adekvátne vyšším investičným nákladom a nákladom na spoľahlivú prevádzku riadiacich systémov vykurovania.

2. Meranie teplôt technologických zariadení vykurovacej sústavy termokamerou

Zvyšovanie kvality riadenia vykurovacích sústav možno dosiahnuť aj zlepšením kvality senzorov a metodiky merania. Investovanie do finančne náročných špeciálnych senzorov musí byť pritom zdôvodnené účelnosťou ich využitia a musí byť v určitom zmysle adekvátne kvalite použitých riadiacich systémov. Napr. termovízia, resp. termografické meranie sa používa ako prostriedok na nedeštrukčnú diagnostiku a monitorovanie tepelných procesov a tiež ako súčasť energetického auditu. Nepresnosti merania teploty termokamerou najmä v dôsledku rôznej emisivity povrchu meraného telesa možno čiastočne eliminovať kalibráciou termokamery inou metódou merania. Iným príkladom potvrdzujúcim význam merania v riadení je napr. skutočnosť, že indikácia polohy ťahadla regulačného ventilu ešte nezaručuje správnu funkciu regulačného ventilu pri regulácii prietoku teplotonosnej látky do vykurovacej sústavy. Pri prevádzkovaní vykurovacích systémov hrá dôležitú úlohu povrchová teplota strojov a technologických zariadení. Je to indikátor stavu zariadenia, ako aj celej prevádzky. Preto treba merať a monitorovať povrchové teploty zariadení a tým predvídať a odhaliť isté nežiaduce stavy, napr. pretože v dôsledku príliš veľkého zahriatia zariadenia.

V tejto časti ukážeme možnosti zlepšenia vykurovacej sústavy s využitím termografického systému zloženého z termokamery, z prenosového média a z monitora. Termografický systém vykonáva transformáciu tepelného (infračerveného) žiarenia v rozsahu vlnových dĺžok 8 až 14 μm na viditeľný obraz v podobe viacfarebného termogramu. Predstavuje metódu bezkontaktného merania a zobrazovania povrchových teplôt telies. Metóda je založená na princípe, že zvyšovaním teploty telesa stúpa celková množstvo vyžarovanej energie podľa Štefanovho-Boltzmannovho zákona a vyžarovaná energia rastie so štvrtou mocninou absolútnej teploty telesa. Pri objektívnom určovaní teplôt pritom treba poznať emisivitu meraného objektu. Emisivita (ϵ) udáva pomer medzi energiou vyžarovanou meraným telesom a energiou vyžarovanou čiernym telesom pri rovnakej teplote. Jej hodnota je v rozmedzí 0 až 1. Absolútne čierne teleso má emisivitu 1, absolútne biele má emisivitu 0 a väčšina nekovových materiálov (drevo, guma, betón) má hodnotu emisivity blízku 0,95. Súčasná termokamera umožňujú nastavenie emisivity používateľom. Emisivitu konkrétneho materiálu môžeme určiť odčítaním z tabuliek alebo experimentálne. V prípade experimentálneho postupu treba ohriať vzorku materiálu na známu teplotu, ktorú určíme presným dotykovým teplomerom (termočlánkom). Potom nameriame teplotu vzorky termokamerou, pritom meníme emisivitu, kým nezískame rovnakú hodnotu, ako pri meraní dotykovým teplomerom. Takto

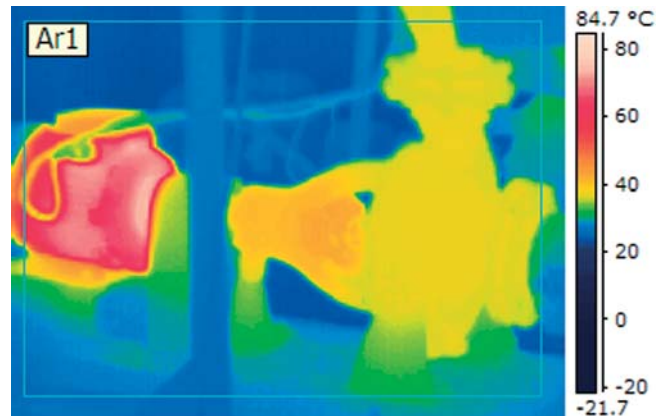


Obr.1 Termogram havarijného ventilu OST R-STU

nájdenú hodnotu emisivity treba použiť pri meraní teplôt objektov z daného materiálu.

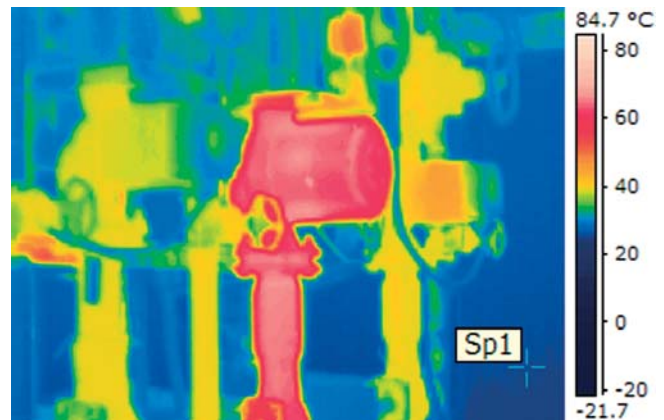
Na obr. 1 až 4 uvádzame niekoľko ukážok termogramov technologických zariadení OST v areáli R-STU, ktoré boli namerané termokamerou THERMCAM E2.

Vyhodnotenie: Na obr. 1 vidíme zahrievanie havarijného ventilu na vstupnej primárnej strane výmenníka tepla pre ÚK. Teplota ventilu je 95,2 °C, ťahadlo pohonu má teplotu 64,5 °C. Namerané teploty zodpovedajú okamžitým prevádzkovým podmienkam (teplote vstupnej pary z teplárne).



Obr.2 Termogram hlavného obehového čerpadla ÚK

Vyhodnotenie: Na obr. 2 vidíme zahrievanie elektromotora a hlavného obehového čerpadla sekundárneho okruhu výmenníka tepla pre ÚK. Podľa termogramu je maximálna teplota motora 73,9 °C a čerpadla 42 °C. Aby sa predchádzalo trvalým poruchám v zimnom vykurovacom období, treba strieďať prevádzku hlavného a rezervného obehového čerpadla.



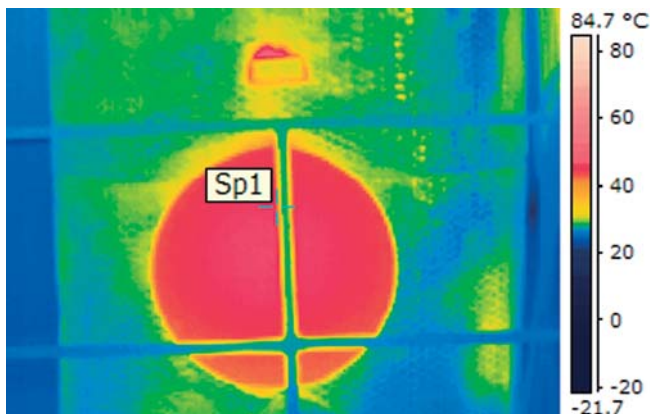
Obr.3 Termogram zónových čerpadiel OST R-STU

Vyhodnotenie: Na obr. 3 vidíme zahrievanie obehových čerpadiel jednotlivých vykurovacích zón objektov R-STU. Na základe porovnania s ostatnými čerpadlami vidieť, že obehové čerpadlo bloku BC je nadmerne zohriate, preto treba upraviť parametre distribúcie tepla do uvedeného bloku.

Vyhodnotenie: Na obr. 4 z infrakamery ThermaCam E2 vidíme zahrievanie nádrže pre TUV. Podľa termogramu maximálna teplota kruhovej konzoly nádrže je 44,7 °C. Tepelné straty možno znížiť úpravou izolácie nádrže.

Záver

V príspevku sú analyzované možnosti zlepšenia kvality riadenia vykurovacích sústav občianskych budov s využitím experimentálnych modelov. Tieto modely možno získať z procesnej databázy riadiaceho systému vykurovacej sústavy budovy a vhodne navrhnutého plánu experimentov. Inou možnosťou je zlepšenie kvality senzorických systémov na monitorovanie vykurovacej sú-



Obr.4 Termogram nádrže pre TUV

stavy meraním fyzikálnych veličín vonkajšieho a vnútorného prostredia špeciálnymi snímačmi, napr. termovíziou. Treba zdôrazniť, že v príspevku sa diskutuje o možnosti zlepšenia kvality riadenia a optimalizácie vykurovacích sústav, ktorá vychádza z predpokladu existencie ekvitermickej regulácie. V prípade budov s veľmi nízkou tepelnou náročnosťou, napr. s nízkoteplotnými zdrojmi tepla, nemusí byť ekvitermická regulácia optimálnym riešením a bude potrebné uvažovať o alternatívne použitia iných inteligentných systémov riadenia vykurovacej sústavy. V príspevku opísaná problematika plánovania experimentov úzko súvisí aj v súčasnosti s veľmi intenzívnou sa rozvíjajúcou oblasťou riadenia kvality výrobných procesov. Spoločným znakom požiadaviek na zvyšovanie kvality riadenia a automatizácie priemyselných procesov a automatizácie budov je, že ich význam narastá so zvyšovaním cien energie, surovín, produktov výroby a znižovaním cien výpočtovej a automatizačnej techniky. Uvedené faktory potom určujú aktuálnu, ekonomicky optimálnu úroveň automatizácie.

Literatúra

- [1] BOX, E., HUNTER, J. S.: Multi-factor Experimental Design for Exploing Response Surface. The Annals of Mathematical Statistic, Vol. 28, No. 1, March 1957.
- [2] NAIMOV, V. V., ČERNOVA, N. A.: Statističeskije metody planirovaniya ekstremal'nykh experimentov, Izd. Nauka, Moskva 1965.
- [3] BOX, G. E. P., JENKINS, G. M.: Time Series Analysis Forecasting and Control, Holden-day San Francisco, ... 1970, Izd. Mir Moskva 1974.
- [4] PÁZMAN, A.: Základy optimalizácie experimentu. Vyd. Veda SAV, Bratislava 1980.
- [5] KACHAŇÁK, A., HOLIŠ, M., BELANSKÝ, J.: Control System Design for Building Heating Process. Proc. of IFAC Symp. CDS 2000, Bratislava, p. 550 – 565.

[6] SEKAJ, I.: Genetické algoritmy. In: AT&P journal 2001, č. 4, s. 46 – 48, č. 12, s. 39 – 49, 2002, č. 1, s. 58 – 59.

[7] KACHAŇÁK, A., HOLIŠ, M.: Aplikácia hybridného neuro-fuzzy systému pre optimalizáciu kontinuálneho procesu. Automatizace, 7, 2002, s. 400 – 408.

[8] KACHAŇÁK, A., HOLIŠ, M., BELANSKÝ, J.: Optimization of Continuous Processes using Neuro-fuzzy Systems, Proc. Int. Sc. Conf. SCI (Systematics, Cybernetics and Informatics) 2003, Orlando USA 2003.

[9] KACHAŇÁK, A., TAKACS, J.: Analýza prostriedkov pre znížovanie energetickej náročnosti budov. In: AT&P journal 2003, č. 3, s. 22 – 25.

[10] VÉGH, P., KACHAŇÁK, A.: Automatizácia projektovania systémov vykurovania a klimatizácie. In: AT&P journal 2003, č. 3, s. 7 – 9.

[11] RÁC, R., DIENOVÁ, A., KACHAŇÁK, A.: Optimalizácia teplotných útlmov pri vykurovaní budov. In: AT&P journal 2005, č. 3, s. 86 – 89.

doc. Ing. Anton Kachaňák, CSc.
Ing. Peter Végh, PhD.

8

Slovenská technická univerzita
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie, informačnej a prístrojovej techniky
Námestie Slobody 17
812 31 Bratislava
Tel.: 02/57 29 45 50
e-mail: anton.kachanak@stuba.sk
http://fyzika.feec.vutbr.cz
www.qtest.cz
www.termovize.com

www.atpjournalsk

Ďalšie doplňujúce informácie týkajúce sa problematiky automatizácie v budovách nájdete na našej internetovej stránke www.atpjournalsk v online vydaní tohto čísla:

Vybrané normy, ktoré súvisia s automatizáciou v budovách

V dokumente sú uvedené tri normy s názvom Automatizácia v budovách a riadiace systémy so zameraním na diaľkový prenos údajov, hardvér a funkcie a štyri normy zaoberajúce sa dátovou komunikáciou pre HVAC aplikácie.