

Regulačné armatúry v automatizácii (4)

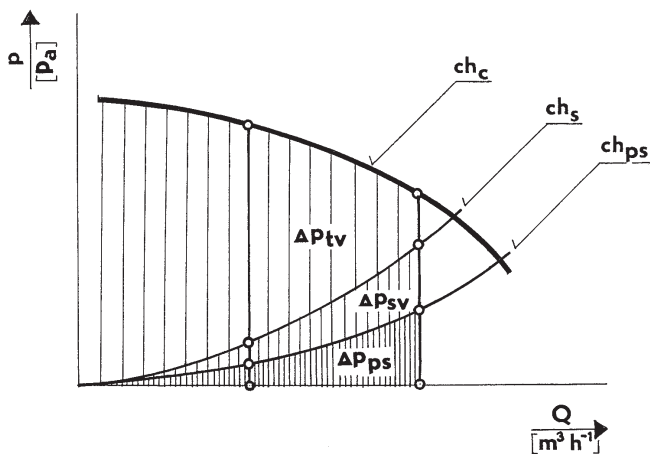
V minulej časti (AT&P journal 10/05) sme v súvislosti s reguláciou diferenčného tlaku uviedli základné informácie týkajúce sa nárastu tlaku na regulačnej armatúre, riešenia tohto problému pomocou čerpadiel s premennými otáčkami a tiež prepúšťacími ventilmi. V tejto časti sa budeme zaoberať regulátormi diferenčného tlaku.

Regulácia diferenčného tlaku

Regulátory diferenčného tlaku

Ďalšou možnosťou stabilizácie diferenčného tlaku v sústave je použitie regulátorov diferenčného tlaku. Sú založené na princípe obmedzovania (škrtenia) nadbytočného tlaku pri čiastočnom uzavretí dvojcestných regulačných ventilov a tým preberajú ich zvýšenú tlakovú stratu (s výhradami ich možno všeobecne prirovnať k redukčným ventilom). Z podstaty svojej funkcie tak podporujú riadne vychladnutie spiatočky a súčasne ich použitie v kombinácii s frekvenčne riadenými čerpadlami prináša zásadné úspory čerpacej práce (mení sa prietokové množstvo sústavou). Všeobecne možno povedať, že sú drahšie než pružinové prepúšťacie ventily jednak vďaka zložitejšej konštrukcii (membrána, tlakovo vyvážená kuželka, tlakové odbery a pod.), ďalej sa musia na rozdiel od prepúšťacích ventilov navrhovať na celkový prietok (väčšie svetlosti). Umisťujú sa buď na päty stúpačiek (z technického hľadiska lepšie riešenie), alebo na päty objektu (lacnejšie riešenie). Do sústavy sa montujú sériovo s chráneným úsekom.

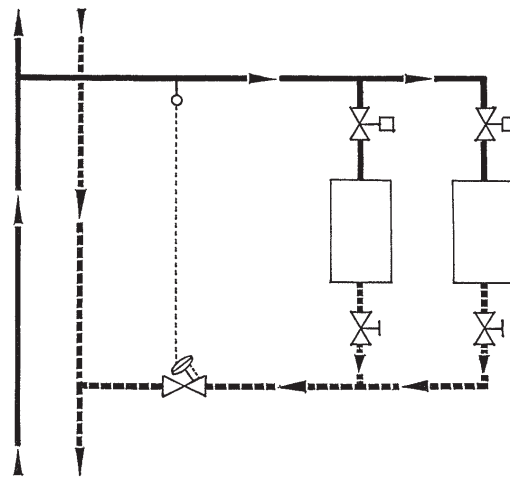
Ak znázorníme obr. 1 z predchádzajúcej časti seriálu v inej forme (obr. 1a), vidíme názorne skladbu (podiel) tlakových strát na celkovej tlakovej strate sústavy. Jednotlivé zložky sú označené ako Δp_{ps} (tlaková strata potrubnej siete), jej charakteristika (ch_{ps}), Δp_{sv} (tlaková strata ručného stúpačkového ventilu) a jeho charakteristika (ch_s) a Δp_{tv} (tlaková strata termostatického ventilu, všeobecne dvojcestného regulačného ventilu). Hranicou je tu opäť, ako v prípade obr. 1 z predchádzajúcej časti seriálu, charakteristika čerpadla ch_c .



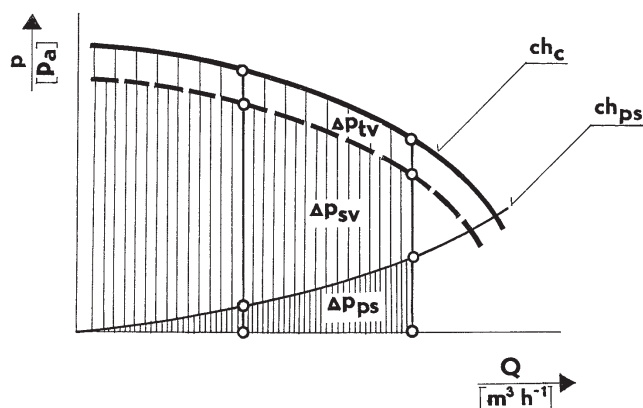
Obr.1a Nárast tlaku na termostatickom ventile pri znižovaní prietoku

Z obr. 1a sú (podobne ako z obr. 1 z predchádzajúcej časti seriálu) názorne vidieť odlišné (premenné) dispozičné tlaky, ktoré pri zmene (znižovaní) prietoku musí regulačný ventil spracúvať.

AK zaradíme do okruhu regulátor diferenčného tlaku podľa obr. 2, tlakovo chránený úsek sa začne správať v súlade s obr. 3.



Obr.2 Regulátor diferenčného tlaku v sústave



Obr.3 Tlakové pomery v sústave po nainštalovaní regulátora diferenčného tlaku

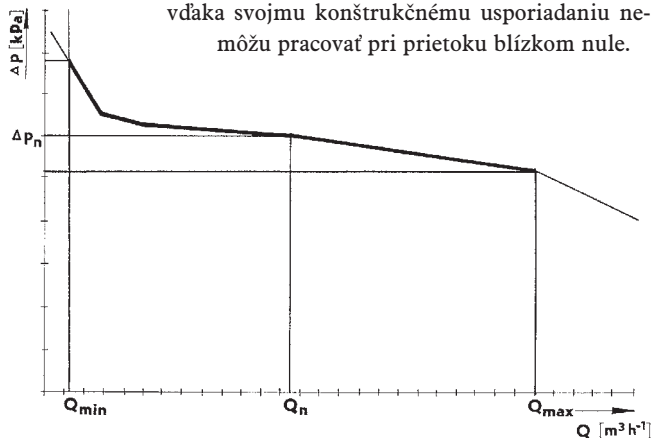
Na obr. 3 sú jednotlivé zložky opäť označené ako Δp_{ps} (tlaková strata potrubnej siete) a jej charakteristika (ch_{ps}), Δp_{sv} (tlaková strata regulátora diferenčného tlaku) a Δp_{tv} (tlaková strata dvojcestného regulačného ventilu, napr. termostatického radiátorového ventilu). Z uvedeného obrázka je vidieť, že regulátor diferenčného tlaku tu má funkciu škrtiaceho (redukčného) ventilu a zaisťuje tak stále tlakové podmienky pre funkciu regulačného ventilu nezávisle od prietoku.

Regulátory diferenčného tlaku sa vyrábajú v mnohých vyhotoveniach, veľké armatúry majú oddelené tlakové odbery (vo väčšine prípadov ich možno po úprave použiť aj na prepúšťaciu funkciu, eventuálne na u nás trochu nedocenenú dynamickú stabilizáciu prietoku v spojení s meracou clonou), pri menších armatúrach (do DN 50) veľa výrobcov uplatňuje jeden oddelený odber (pre vyšší tlak) a druhý odber (pre nižší tlak) je neoddeliteľnou súčasťou ventilu (obvykle je vedený vyvrtaným kanálkom v kuželke armatúry). Tieto armatúry diferenčného tlaku tak majú pevnú danú polaritu tlakov, čo zlacňuje celú armatúru oproti regulá-

torom s oddelenými tlakovými odbermi, ale nemožno ich použiť na ďalšie funkcie, ktoré regulátory diferenčného tlaku všeobecne ponúkajú. Takisto pri montáži sa musia presne dodržiavať pokyny výrobcu, čo znamená montáž do spiatočky a dodržanie smeru prietoku. Pri regulátoroch s oddelenými odbermi je potom možná montáž do prírodného alebo vratného potrubia.

Regulátory diferenčného tlaku patria do skupiny priamočinných proporcionálnych regulátorov a ako také majú svoje charakteristiky a príslušné regulačné odchýlky (obr. 4).

Z obr. 4 je zrejme, že pri klesajúcom prietoku regulátorom bude nastavený diferenčný tlak stúpať a naopak. Z toho ďalej vyplýva, vzhľadom na spomínaný pokles prietoku, že regulátor diferenčného tlaku by nemal byť v žiadnom prípade predimenzovaný, pretože je potom nútený často pracovať v oblasti (obzvlášť v kombinácii s poklesom prietoku), kde je jeho výstupný tlak príliš vysoký (až o 60 – 80 % viac, ako je nastavená hodnota) a nestabilný, pretože takmer všetky regulátory diferenčného tlaku vďaka svojmu konštrukčnému usporiadaniu nemôžu pracovať pri prietoku blízkom nule.



Obr.4 Všeobecná závislosť udržiavaného diferenčného tlaku od prietoku pre regulátor diferenčného tlaku

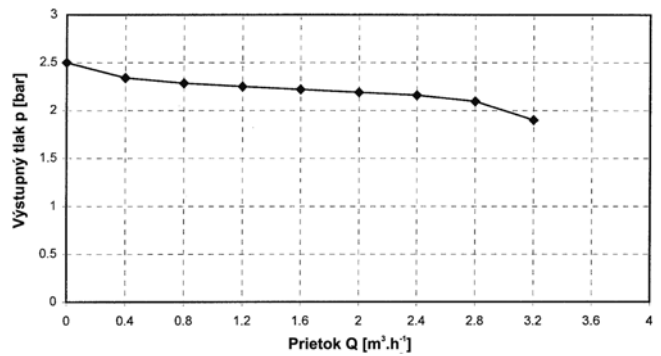
Na obr. 5 je uvedená charakteristika redukčného ventilu RD 102 V DN 25, z ktorej vyplýva porovnanie funkcie redukčných ventilov a regulátorov diferenčného tlaku.

Z obr. 5 je zrejme, že sa tento redukčný ventil vyznačuje plochou charakteristikou, veľkým rozsahom prietokov, ale hlavne je schopný pracovať aj pri nulovom prietoku, t. j. nestráca funkciu pri týchto extrémnych stavoch. Touto vlastnosťou sa líšia redukčné ventily od regulátorov diferenčného tlaku všeobecne a na základe požiadavky na správnu funkciu pri nulovom prietoku sa vyrábajú aj regulátory diferenčného tlaku LDM (rad RD 102, RD 103 a RD 122), pozri príklad na obr. 6, kde je uvedená charakteristika regulátora diferenčného tlaku RD 122 D DN 40.

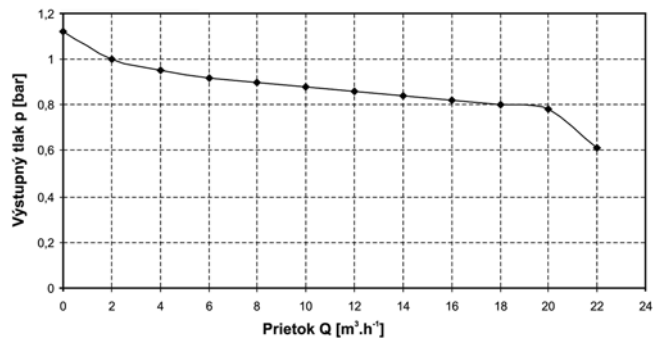
Podobne ako na obr. 5, je aj pri ventile podľa obr. 6 zachovaná funkcia pri minimálnom alebo nulovom prietoku, t. j. armatúra nestráca svoju redukčnú funkciu za žiadnych okolností, čo podstatne zjednodušuje jej návrh. Tento krok umožnil projektovanie regulátorov diferenčného tlaku LDM len na základe Kv hodnoty bez akýchkoľvek prevádzkových obmedzení, rovnako ako pri všetkých regulačných ventiloch.

Návrh regulátora diferenčného tlaku

Predtým ešte stoja za spomenutie projektové podklady týchto armatúr. Ešte v prvej polovici deväťdesiatych rokov 20. storočia sa navrhovali podľa pásma proporcionality rôznych svetlostí regulátorov pri danom prietoku. V podkladoch boli vyznačené oblasti použiteľnosti každej svetlosti pre určitý rozsah prietokov, ktoré sa prekrývali (pre určitý prietok bolo možné zvoliť až 7 svetlostí, resp. hodnôt K_v !) a pre projektanta bez hlbšieho teoretického zázemia boli neprehľadné a zavádzali k nesprávnym výsledkom (predimenzovaniu). Pretože pásmo proporcionality regulátora



Obr.5 Charakteristika redukčného ventilu RD 102 V DN 25



Obr.6 Charakteristika regulátora diferenčného tlaku RD 122 D DN 40

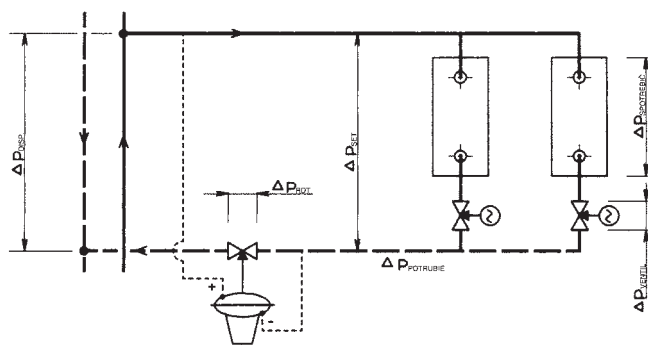
diferenčného tlaku udáva v zásade tlakovú odchýlku od nastavenej hodnoty, zvädzala táto forma podkladov k voľbe väčšej svetlosti, pri ktorej bola udaná menšia tlaková odchýlka pre daný prietok (menšie pásmo proporcionality) a dochádzalo tak k predimenzovaniu armatúry. Regulátory diferenčného tlaku však nefungujú až na výnimky, ako sú skutočné redukčné ventily, a preto veľmi často tieto armatúry pracovali a pracujú v oblasti nestabilného výstupného tlaku, čo je dané takmer pri všetkých výrobcach tým, že pod istým minimálnym prietokom (odlišným pri každom výrobcu) regulátor stráca svoju funkciu a pri prietoku blízkom nule dochádza k vyrovnaniu tlaku pred armatúrou a za ňou. Preto sa v niektorých podkladoch objavovalo odporúčanie, aby ventil nepracoval napr. pod 30 % návrhového prietoku.

Posledné uvedené odporúčanie však v praxi nebolo možné často splniť najmä pri stúpačkách, pri ktorých kolíše prietok vo veľkom rozsahu (v hromadnej bytovej výstavbe sú to stúpačky spálň a kuchýň). Aspoň pre čiastočnú nápravu tohto stavu a väčšiu zrozumiteľnosť sa začali projektové podklady udávať pri každej svetlosti troma hodnotami prietoku podľa obr. 4, ktoré boli nájdené tak, že regulátor diferenčného tlaku bol nastavený na určitú hodnotu diferenčného tlaku a potom sa znižoval prietok dovtedy, kým sa nedosiahla odchýlka +30 % od nastavenej hodnoty. Tak sa našiel prietok Q_{min} . Na zistenie prietoku Q_{max} sa prietok zvyšoval dovtedy, kým tlaková odchýlka nedosiahla -15 %. Tieto hodnoty prietokov sa potom objavujú v projekčných podkladoch ako rozsah použiteľnosti regulátora s tým, že projektant má navrhnuť ventil medzi Q_{max} a Q_{min} . Tým je viac-menej zaručené, pri primerane kvalitných armatúrach, že sa ani pri zníženom prietoku nedostane regulátor do oblasti vyšších tlakových odchýlok, ak však neklesne rádovo na jednotky percent návrhového prietoku, pretože tam regulátor stráca svoju funkciu a diferenčný tlak na regulačných armatúrach rastie teoreticky do nekonečna, prakticky do hodnoty dispozičného tlaku na danom mieste. Všetky tieto snahy výrobcov viedli k čo možno najväčšiemu zjednodušeniu projekčných podkladov pri súčasnej snahe obmedziť riziko nevhodného návrhu. Inak povedané, išlo o minimalizáciu rizika, že regulátor bude za prevádzky pracovať s veľmi malými prietokmi pre danú svetlosť.

Prvý spôsob návrhu teda spočíva v tom, že projektant umiestni potrebný prietok medzi Q_{max} a Q_{min} pri najlepšie zodpovedajúcej svetlosti a tým je návrh v podstate hotový. Určenie hodnoty diferenčného tlaku sa urobí tak, že sa spočítajú tlakové straty všetkých prvkov v chránenom úseku (pozri druhý spôsob návrhu). Prvý spôsob návrhu je teda určený na navrhovanie tých regulátorov diferenčného tlaku, ktoré nemajú definovaný tlak pri nulovom prietoku. Po vykonanom návrhu by sa mala vybraná hodnota K_v regulátora diferenčného tlaku zohľadniť v hydraulickom výpočte siete.

Druhý spôsob návrhu vychádza v podstate z návrhu bežného dvojcestného regulačného ventilu a je vyhradený tým armatúram, ktoré majú definovanú hodnotu diferenčného tlaku pri nulovom prietoku (správajú sa ako redukčné ventily). Tento spôsob návrhu objasní najlepšie nasledujúci príklad:

Máme navrhnuť regulátor diferenčného tlaku podľa schémy zapojenia na obr. 7 a k dispozícii máme nasledujúce údaje: médium voda, 70 °C, statický tlak na mieste pripojenia 800 kPa (8 bar), dispozičný tlak na mieste pripojenia $\Delta P_{DISP} = 110$ kPa (1,1 bar), tlakové straty $\Delta P_{POTRUBIE} = 10$ kPa (0,1 bar), $\Delta P_{SPOTREBI} = 20$ kPa (0,2 bar), $\Delta P_{VENTIL} = 30$ kPa (0,3 bar), menovitý prietok $Q_{NOM} = 12$ m³·h⁻¹.



Obr.7 Príklad zapojenia regulátora diferenčného tlaku

Tlaková strata regulátora diferenčného tlaku musí byť $\Delta P_{RDT} = \Delta P_{DISP} - \Delta P_{SET}$, kde $\Delta P_{SET} = \Delta P_{VENTIL} + \Delta P_{SPOTREBI} + \Delta P_{POTRUBIE}$ a potom $\Delta P_{RDT} = 110 - (30 + 20 + 10) = 50$ kPa (0,5 bar). Hodnota K_v potom je

$$K_v = \frac{Q_{NOM}}{\sqrt{\Delta P_{RDT}}} = \frac{12}{\sqrt{0,5}} = 17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Bezpečnostný prídavok pre výrobnú toleranciu (iba za predpokladu, že prietok Q nebol predimenzovaný) spočítame ako

$$K_{vs} = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot K_v = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot 17 = 18,7 \text{ až } 22,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Zo sériovo vyrábaného radu hodnôt K_v vyberieme najbližšiu vyššiu hodnotu, t. j. $K_{vs} = 20$ m³·h⁻¹, ktorej bude podľa konkrétneho výrobcu zodpovedať určitá svetlosť. Ďalej určíme požadovaný diferenčný tlak regulátora, ktorý je daný súčtom tlakových strát chráneného úseku $\Delta P_{SET} = \Delta P_{VENTIL} + \Delta P_{SPOTREBI} + \Delta P_{POTRUBIE} = 30 + 20 + 10 = 60$ kPa (0,6 bar).

Tu treba pripomenúť, že pri regulátoroch diferenčného tlaku nebývajú vždy hodnoty K_v vyrábané v radoch ako pri bežných regulačných ventiloch (netypické zdvihy oproti motorickým regulačným armatúram), a preto je vhodné sa soznámiť pred výpočtom K_v s konkrétnymi údajmi regulátorov diferenčného tlaku daného výrobcu.

Pri zamyslení sa nad predchádzajúcimi odsekmi z nich vyplýva niekoľko dôležitých zásad pre všeobecný návrh regulátorov diferenčného tlaku:

1. Regulátor by nemal byť predimenzovaný alebo navrhnutý „od oka“. Toto odporúčanie netreba dodržiavať pri regulá-

toroch diferenčného tlaku LDM (radu RD 102, RD 103 a RD 122), pretože tu nie je nebezpečenstvo straty funkcie armatúry pri minimálnom prietoku, avšak aspoň z ekonomických dôvodov a ďalej z hľadiska regulácie by sa mal tento bod rešpektovať.

2. Pokiaľ je regulátor určený na stabilizáciu diferenčného tlaku na termostatických ventiloch, nemal by byť tento tlak veľmi vysoký (8 – 10 kPa je vo väčšine prípadov dostatočná hodnota).
3. Regulátor by mal byť umiestnený čo najbližšie k chránenému spotrebiču (spotrebičom).
4. Regulátor by mal mať plynulo nastaviteľnú hodnotu diferenčného tlaku.

Tu je veľmi aktuálny bod 3), pretože regulátory diferenčného tlaku sa správajú ako prepúšťacie ventily, v zásade podobne ako frekvenčne riadené čerpadlá. Ak teda umiestnime regulátor na pätu objektu, ktorý bude mať vyššiu tlakovú stratu vnútornej potrubnej siete, napr. nesymetricky napojeného dlhého objektu alebo objektu so spoločným zapojením stúpačiek (Tichelmannov rozvod), budeme ho musieť nastaviť aj na prekonanie tlakovej straty potrubnej siete, čo môže priniesť principiálne rovnaké problémy pri zníženom prietoku ako pri frekvenčne riadených čerpadlách. Z teoretického hľadiska by teda mali byť umiestnené priamo na každom vykurovacom telese (na každom spotrebiči), ale vzhľadom na nedostatok takejto súčiastkovej základne v rozumných ekonomických medziach sa v praxi umiestňujú na päty stúpačiek, ktoré predstavujú od spotrebiča najbližší uzlový bod.

Ďalej je výhodou podľa bodu 4) možnosť plynulého nastavovania diferenčného tlaku. Ak budeme mať k dispozícii len regulátor s pevne nastavenou hodnotou a pri nižšom prietoku bude už jeho odchýlka taká, že sústava začne byť hlučná, nemáme už takmer žiadne možnosti, ako uvedený hluk odstrániť. Ak navyše takýto regulátor predimenzujeme (nastane súčasné spojenie niekoľkých nepriaznivých faktorov), dostaneme sa s veľkou pravdepodobnosťou do takmer neriešiteľnej situácie. Preto je z technického hľadiska výhodnejšie použiť plynulo nastaviteľné regulátory, kde máme ešte možnosť zníženia diferenčného tlaku, prípadne presné prispôbenie ku konkrétnej sústave. Môžeme tak prispôbiť regulátor sústave a nie naopak, čo často umožní sústavu z tlakového hľadiska „posadiť“ nižšie.

Porovnanie regulácie diferenčného tlaku a prepúšťania

Pred samotným porovnaním obidvoch spôsobov stabilizácie diferenčného tlaku si treba uvedomiť princíp funkcie obidvoch opísaných spôsobov. Stabilizáciu diferenčného tlaku prepúšťaním môžeme označiť za nepriamu, pretože sa dosahuje prostredníctvom stabilizácie prietoku. Preto môžeme považovať sústavy s prepúšťaním za statické, pretože sa v nich prakticky nemení prietok na rozdiel od sústav s regulátormi diferenčného tlaku. Hlavné vlastnosti týchto spôsobov potom vyplývajú z princípu ich funkcie.

Prepúšťanie je lacným variantom hlavne preto, že použité armatúry majú väčšinou veľmi jednoduchú konštrukciu a menšiu svetlosť, ako by to bolo pri rovnakom zariadení s regulátormi diferenčného tlaku. Regulácia diferenčného tlaku je väčšinou podstatne drahšia hlavne vďaka zložitejšej konštrukcii týchto armatúr a ďalej vďaka väčším svetlostiam, pretože musia byť navrhované na 100 % prietok.

Pri sústavách vybavených prepúšťacími armatúrami treba zohľadniť takmer konštantný prietok s pomerne vysokou teplotou spiatocky, ktorá sa v prechodnom období približuje teplote prívodu, čo so sebou prináša vyššie tepelné straty rozvodov. Na druhej strane je toto riešenie často prijateľnejšie pre blokové kotolne

s kotlami na tuhé a väčšinou plynné palivá (stály prietok, vysoká teplota spiatocky). Osadenie frekvenčne riadených čerpadiel na takto vybavených sústavách má zmysel len pre presné prispôbenie čerpadla sústave, ale vďaka prakticky konštantnému čerpanému množstvu neprináša žiadne ďalšie prevádzkové úspory. Preto teplárenské spoločnosti zakazujú používanie prepúšťacích armatúr na vonkajšej sieti a ak existujú výnimky, ide väčšinou o spomenuté blokové kotolne. Prepúšťanie je ďalej nevhodné pre teplovodné, horúcovodné a hlavne parné výmenníkové stanice, kde býva nízka výstupná teplota kondenzátu striktnou podmienkou dodávateľa tepla.

Sústavy s regulátormi diferenčného tlaku sa vyznačujú, v porovnaní s prepúšťaním, vyššími zriaďovacími nákladmi, danými cenou týchto súčiastok. Na druhej strane je možné využiť všetky prevádzkové výhody, t.j. variabilné prietokové množstvo sústavou a riadne vychladenie spiatocky.

Literatúra

[1] DOUBRAVA, J., DYTRT, V., KLIMEŠ, M., MAREK, V., NOVOTNÝ, O., SUCHÁNEK, T., ŠALDA, M.: Regulačné armatúry. 3. upravené vydanie, LDM, spol. s r. o., 2003.