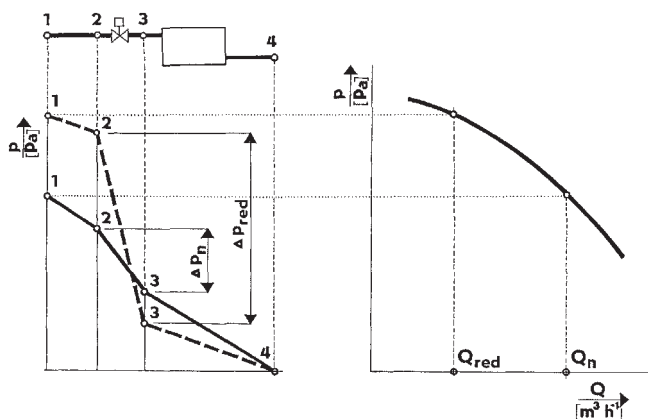


Regulačné armatúry v automatizácii (3)

Regulácia diferenčného tlaku

Nárast tlaku na regulačnej armatúre

Pokiaľ je akákoľvek sústava vybavená dvojcestnými regulačnými ventilmi, mení sa v nej pri prevádzke mimo navrhovaný stav prietok a diferenčný tlak, pretože každý dvojcestný ventil reguluje prostredníctvom zmeny prietoku. To má za následok okrem zmeny prietoku vykurovacou alebo chladiacou sústavou aj zmeny diferenčného tlaku (obr. 1). Takéto sústavy bývajú označované ako sústavy s premenným prietokom alebo dynamické sústavy. Tento jav je obzvlášť výrazný pri sústavách, kde sú takto regulované všetky odberné miesta, t. j. napr. sústavy s termostatickými radiátorovými ventilmi, tlakovo nezávislé výmenníkové stanice alebo teplovzdušné jednotky.



Obr.1 Nárast diferenčného tlaku pri zatváraní regulačného ventilu

Na obr. 1 je celá sústava vrátane ventilu navrhnutá na menovitú (výpočtovú) tlakovú stratu Δp_n pri menovitom prietoku Q_n a za výpočtových podmienok sa chová podľa plnej čiary v ľavej časti obrázku (body 1, 2, 3, 4). Úsek 1-2 znázorňuje tlakovú stratu prírodného potrubia, 2-3 tlakovú stratu regulačnej armatúry a 3-4 stratu všeobecného odberného miesta (v našom prípade vykurovacieho telesa) vrátane spätočného potrubia.

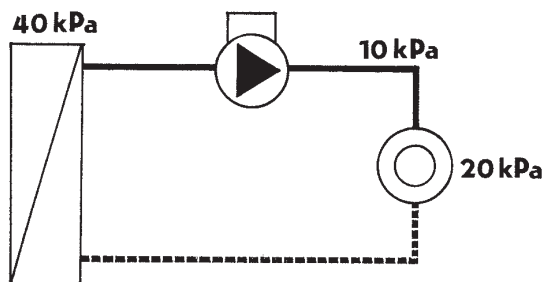
Pri štatisticky bežnej prevádzke (mimo výpočtový stav) však bude regulačná armatúra do určitej miery uzavretá. V pravej časti obr. 1 je znázornený posun po charakteristike čerpadla, tzn. že pri nižšom prietoku Q_{red} bude v sieti vyšší dynamický tlak. Pretože klesá prietok sieťou, okolitý potrubný systém bude mať nižšiu tlakovú stratu (čiarkovaný priebeh 1-2, 3-4) a celý zbytok dispozičného tlaku v danom odbernom mieste bude priškrkovaný ventilom (2-3, Δp_{red}). To má za následok ovplyvňovanie regulačných vlastností ventilu a nežiaduce hlukové prejavy, obzvlášť pri termostatických radiátorových ventiloch. Z obrázku 1 ďalej vyplýva veľmi dôležitá skutočnosť, že nárast diferenčného tlaku na regulačnej armatúre je spôsobovaný dvoma faktormi, jednak nárastom tlaku čerpadla pri nižšom prietoku a jednak poklesom strát potrubnej siete.

Čerpadlá s premennými otáčkami

Pre obmedzenie nárastu diferenčného tlaku sa v súčasnej dobe veľmi často používajú čerpadlá s premennými otáčkami, či už s frekvenčnými meničmi, vstavanými do svorkovnice pre menšie

výkony, alebo s oddelenými meničmi a tlakovými prevodníkmi, ktoré sa používajú najmä pre väčšie výkony, ale okrem ekonomických dôvodov nič nebráni takémuto usporiadaniu i pri malých čerpadlách.

Keď sa zamyslíme nad obr. 1, je zrejme, že frekvenčne regulované čerpadlo nemôže dávať dostatočnú záruku konštantného tlaku na regulačnej armatúre, pretože, ako bolo uvedené vyššie, nárast tlaku na regulačnej armatúre je spôsobený aj poklesom vlastných tlakových strát potrubnej siete (všeobecne všetkých pevných odporov), čo môže byť veľmi významný faktor najmä pri moderných vykurovacích sústavách alebo pri chladiacich sústavách, kde môžu byť tieto odpory značné. Na obr. 2 je preto uvedený príklad výmenníkovej stanice s doskovými výmenníkmi, kde vlastná výmenníková stanica má stratu 40 kPa, potrubná sieť 10 kPa a pripojená tlakovo závislá kúrenárska sústava vrátane termostatických radiátorových ventilov 20 kPa.



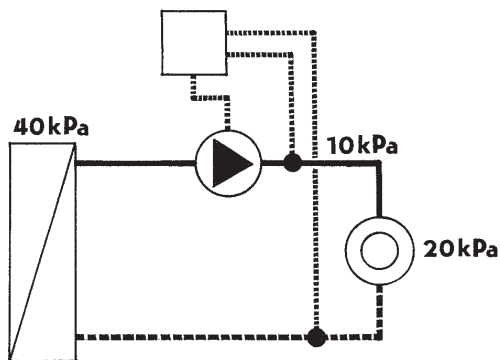
Obr.2 Výmenníková stanica s frekvenčne riadeným čerpadlom (vstavaný menič)

Podľa obr. 2 bude nutné pri uvedení do prevádzky nastaviť dopravnú výšku čerpadla na súčet všetkých čiastkových strát sústavy, t. j. na $40 + 10 + 20 = 70$ kPa.

Pretože v sústavách, ktoré sú vybavené termostatickými ventilmi, klesá podstatne za normálnej prevádzky prietok (30 – 50 %-né zníženie oproti menovitému prietoku), poklesne taktiež s jeho druhou mocninou tlaková strata všetkých pevných hydraulických odporov (potrubie, ručné armatúry a pod.). V prípade podľa obr. 2 predpokladajme, že okamžitý reálny prietok sústavou bude polovičný, potom sa tlakové straty potrubnej siete i vlastné straty výmenníkovej stanice zmenšia na štvrtinu. Čerpadlo je však nastavené na konštantný tlak 70 kPa a na termostatických ventiloch bude za tohto stavu dispozičný tlak $70 - 10 - 2,5 = 57,5$ kPa. Za tejto situácie môžeme s istotou predpokladať, že vykurovacia sústava bude hlučná.

Z tohto dôvodu začali niektorí výrobcovia vyrábať tzv. „inteligentné“ frekvenčne riadené čerpadlá, kde sa dopravná výška (tlak) čerpadla znižuje úmerne s dopravovaným množstvom. Tento spôsob riadenia sa všeobecne nazýva proporcionálnym, ale pretože nie je možné pri nulovom prietoku dosiahnuť nulovú dopravnú výšku, vždy existuje určitá tlaková odchýlka oproti ideálnemu parabolickému priebehu. Preto by mali byť pri použití týchto čerpadiel aspoň orientačne prepočítané parametre siete pri zníženom prietoku, či je tlaková odchýlka zanedbateľná alebo nie. Všeobecne platí, že čím vyššia je vlastná tlaková strata siete, tým vyššie je riziko hlučnosti regulačných armatúr aj pri použití takto riadených čerpadiel.

V prípade obr. 2 bolo použité čerpadlo so vstavaným meničom do svorkovnice. Nastavený diferenčný tlak je pri týchto strojoch zisťovaný výpočtom z elektrických veličín, udržiavaný v podstate medzi prírubami stroja (presnejšie priamo v obežnom kolese) a preto musia byť tieto čerpadlá nastavené aj na prekonanie vlastnej tlakovej straty zdroja. Pri väčších čerpadlách, kde sa takmer výhradne používajú oddelené (samostatné) frekvenčné meniče s tlakovými prevodníkmi, je situácia o niečo priaznivejšia vďaka možnosti teoreticky ľubovoľného umiestnenia tlakových čidiel, ale principiálne sa jedná o rovnaký problém (obr. 3).



Obr.3 Výmenníková stanica s frekvenčne riadeným čerpadlom (oddelený menič)

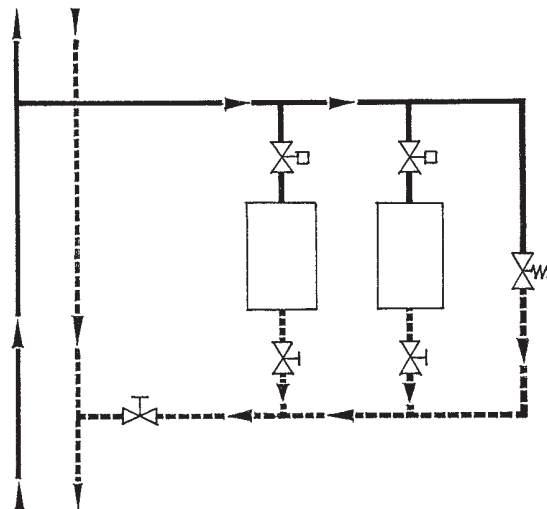
V zapojení podľa obr. 3 predpokladajme, že prietok sa zmení rovnako ako v predchádzajúcom prípade, potrubná sieť aj vykurovacia sústava sú rovnaké a tlakové prevodníky sú umiestnené na prahu zdroja, napr. na hlavnom rozdeľovači a zberači. Dopravná výška čerpadla bude opäť nastavená na súčet všetkých dielčích strát sústavy, ale v tomto prípade už bez vlastnej tlakovej straty zdroja (tlak je snímaný „za“ zdrojom), t. j. na $10 + 20 = 30$ kPa. Aj v tomto prípade bude dopravná výška čerpadla pri menovitom prietoku 70 kPa, viacmenej vďaka umiestneniu prevodníka tlaku sme „odstránili“ tlakovú stratu zdroja (výmenníka), takže nastavenie na 30 kPa je úplne správne. Týmto zapojením je síce eliminovaná vlastná tlaková strata zdroja, ale pri zníženom prietoku bude na termostatických ventiloch pri tomto stave dispozičný tlak $30 - 2,5 = 27,5$ kPa, čo s veľkou pravdepodobnosťou spôsobí opäť hlukové problémy.

Z uvedených príkladov je zrejmé, že ani použitie čerpadla s premennými otáčkami často nevyrieši problémy s nárastom diferenčného tlaku na regulačných armatúrach a teda vo väčšine prípadov sa musia používať vo väčších objektoch alebo rozľahlých sústavách (vyššia tlaková strata pevných odporov) ďalšie prostriedky pre jeho stabilizáciu. Prevádzkové problémy bez ďalšej stabilizácie diferenčného tlaku sú, ako bolo uvedené vyššie, potom o to horšie, čím vyššie tlakové straty vykazuje potrubná sieť pri menovitom prietoku.

Z týchto dôvodov je potrebné pozerať na frekvenčne riadené čerpadlá v prvom rade ako na vynikajúci prostriedok na šetrenie elektrickej energie, kde sa úspory bežne vyčísľujú na 50 % oproti neriadeným čerpadlám. Frekvenčne riadené čerpadlá majú ďalej všetky predpoklady pre vyššiu životnosť a vyznačujú sa menším hlukom.

Prepúšťacie ventily

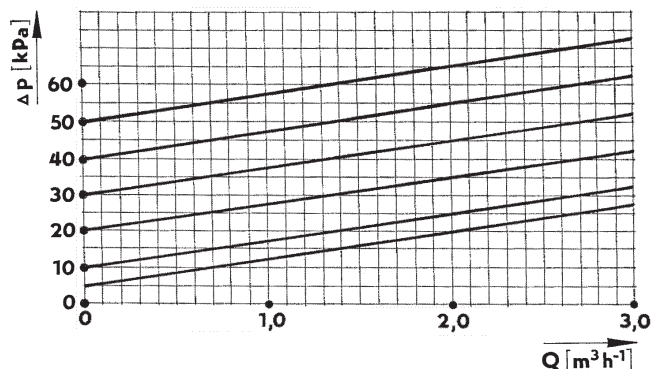
Prepúšťanie je frekventovaným spôsobom ochrany pred nárastom diferenčného tlaku, najmä z cenových dôvodov. Z konštrukčného hľadiska sa vo väčšine prípadov používajú prepúšťacie ventily pružinové, ktoré sú lacnejšie ako prepúšťacie ventily na báze upravených regulátorov diferenčného tlaku. Na obr. 4 je príklad začlenenia prepúšťacieho ventilu do sústavy, kde by mal byť z čisto technického hľadiska zapojený na konci vetvy z dôvodu stálej dostatočnej teploty prívodu pred regulačným ventilom. Prepúšťacie ventily sú zapájané paralelne s chráneným úsekom.



Obr.4 Prepúšťací ventil v sústave

Funkcia prepúšťacích ventilov je pri uzatváraní regulačných armatúr založená na prepúšťaní nadbytočného množstva teplosnej látky z prívodu do spiatocky a tým je udržiavaný prakticky konštantný prietok sústavou vrátane tlakových pomerov. Stály diferenčný tlak je teda pri použití prepúšťacích armatúr udržiavaný nepriamo pomocou stabilizácie prietoku v jednotlivých vetvách. Prepúšťacie ventily podporujú z princípu svojej funkcie zvyšovanie teploty spiatocky a v prechodnom období sa tak môže teplota spiatocky len nepatrne líšiť od teploty prívodu, čo má priamy vplyv na vlastné tepelné straty potrubnej siete.

Určitým problémom je ďalej návrh prepúšťacích ventilov, pretože nie je presne dané, aký podiel z celkového prietoku bude prepúšťaný. Navyše, pokiaľ navrhujeme prepúšťanie napr. na päťach stúpačiek, bude pravdepodobne každá stúpačka (podľa svojho určenia a polohy) vykazovať iné prepúšťané množstvo. Preto voľba percentuálneho pomeru prepúšťaného množstva k menovitému záleží len na projektantovi a bežne sa volí v rozmedzí 30 až 100 % (podľa určenia konkrétnej vetvy potrubnej siete, alebo podľa skúseností projektanta). S tým úzko súvisí nastavenie prepúšťacieho tlaku (obr. 5).



Obr.5 Všeobecný návrhový diagram prepúšťacieho ventilu

Pokiaľ požadujeme diferenčný tlak vo vetve napríklad 20 kPa a prepúšťané množstvo je napríklad $2 m^3 \cdot h^{-1}$, je z návrhového diagramu jasné, že buď musíme nastaviť otvárací pretlak na 5 kPa, aby sme dodržali diferenčný tlak v okruhu 20 kPa pri $2 m^3 \cdot h^{-1}$, alebo musíme akceptovať diferenčný tlak 35 kPa pri danom prietoku pre nastavený otvárací pretlak 20 kPa, čo predstavuje odchýlku 75 % od nastavenej hodnoty. Táto skutočnosť je daná tým, že prepúšťacia armatúra má tiež svoju vlastnú tlakovú stratu, ktorá sa premieta ďalej do tlakovo chráneného úseku a preto majú aj návrhové diagramy prepúšťacích ventilov stúpajúci priebeh so zväčšujúcim sa prietokom. Z predchádzajúceho odstavca vyplýva, že by sa prepúšťacie ventily mali vyznačovať nízkou tlakovou stratou a tým čo najplochejšou charakteristikou.

V predchádzajúcom odstavci sme počítali s tým, že prepúšťané množstvo $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ je správna hodnota. Vzhľadom k uvedenému rozptylu percentuálneho prepúšťacieho podielu 30 – 100 % sa v praxi dostávame ešte do väčších odchýlok, pokiaľ nebol ventil dimenzovaný na 100 %-né prepúšťané množstvo. Tu teda všeobecne platí, že čím je menší prepúšťaný percentuálny podiel z celkového prietokového množstva daným úsekom, tým je vyššie riziko hydraulických problémov pri nižšom prietoku. Preto by mali byť prepúšťacie ventily dimenzované na čo najväčšie prepúšťané množstvo z celkového prietoku v danom úseku.

Z vyššie uvedených dôvodov nie je ani vhodné navrhovať termostatické ventily na hranici ich odolnosti proti hlukovým prejavom (nespracovávať výrobcom povolené maximálne tlakové spády), aby zostala určitá rezerva pre pásmo proporcionality prepúšťacieho ventilu. Toto platí všeobecne aj pre regulátory diferenčného tlaku.

Prepúšťacie ventily sa tiež niekedy používajú pre stabilizáciu dopravnej výšky čerpadla, keď sú umiestnené v jeho obtoku (najčastejšie malé zariadenia). Toto riešenie má v zásade nevýhody

z hľadiska vyššie popísanej tlakovej odchýlky aj z hľadiska konštantného čerpaného množstva, kde toto riešenie neprináša prakticky žiadne úspory čerpacej práce, ale za hlavnú výhodu je možné považovať skutočnosť, že nepodporuje zvyšovanie teploty 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.

LDM, spol. s r. o.

51