

# Úspory energie vhodným řízením oběhových čerpadel



## Energy Savings by Suitable Control of Circulating Pumps

Recenzent

Prof. Ing. Karel Hemzal, CSc.

Článek se zabývá vazbou kvalitativní a kvantitativní regulace teploty. Popisuje možnost elektronického řízení otáček oběhových čerpadel s vazbou na změnu ekvitermní regulace s cílem úspor provozních nákladů.

**Klíčová slova:** vytápění, úspory energie, řízení, oběhové čerpadlo

*This article deals with the conjunction of heat quality and quantity control. There is written all over the electronic speed control of circulating pumps there being in custody with the outside temperature supply control and the main aim, i.e. saving of operating costs.*

**Keywords:** heating, energy savings, control, circulating pump

Hydraulické soustavy s proměnným průtokem vody otevírají nové možnosti úspor energií, a to jak v oblasti otopných soustav, soustav s tepelnými čerpadly (TČ) či v chladicí technice. V rámci úspor energií je dnes již samozřejmostí snižování tepelných ztrát objektů výměnou oken, zateplením či obecně požadavkem na odpovídající tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí a na využití efektivních vytápěcích a větracích systémů. Proto bychom se měli dále zamýšlet i nad potřebou pomocné elektrické energie našich systémů. Např. v Německu je podíl spotřeby energie oběhových čerpadel vztažený k primární energii 20 až 30 % [2]. V ČR nikdo zatím podíl pomocné elektrické energie v této oblasti neanalyzoval. Vycházejí z německých čísel by to znamenalo, že je zde v rámci hydrauliky soustav potenciál úspor primární energie cca 15 až 25 %.

Z hlediska hydrauliky soustav to znamená komplexní optimalizaci se zaměřením na následující body:

- hydraulické vyvážení
- efektivní pohon čerpadel
- optimální dimenzování výkonu čerpadel
- redukce umělé vnášených odporů
- optimalizace návrhu regulačních armatur
- vhodná volba řízení čerpadel
- snižování průtočného množství.

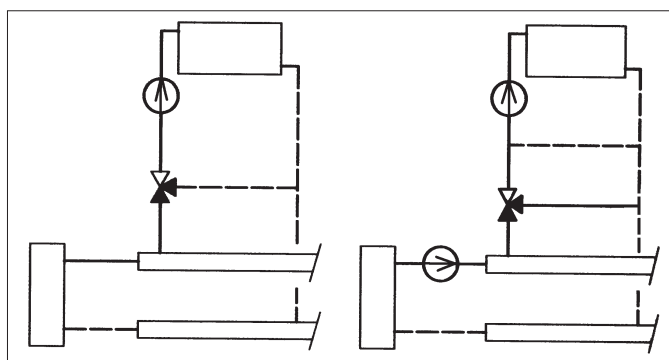
V následujícím se zaměříme na otázku, jak lze významně zmenšit potřebu elektrické energie nutné pro pohon oběhových čerpadel v otopné soustavě na základě snižování průtoku.

### BĚŽNĚ POUŽÍVANÁ REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

Máme-li zajistit dodávku tepla do více spotřebitelských okruhů, vyžadujících různou teplotu otopné vody, využíváme většinou hydraulického zapojení jednotlivých okruhů podle obr. 1 s trojcestným směšovacím ventilem.

Díky nastavenému směšovacímu poměru na trojcestné regulační armatuře se směšuje chladnější vratná voda s teplejší přívodní a dosahujeme požadované úrovně teploty vstupní vody do spotřebitelského okruhu. Jedná se tak o čistě kvalitativní regulaci s konstantním průtokem ve spotřebitelském okruhu. Požadovaná úroveň teploty vstupní vody do okruhu je většinou řízena podle venkovní teploty [1], tj. ekvitermně.

Pokud se projevují vnitřní či venkovní tepelné zisky, není-li soustava důsledně hydraulicky i regulačně dělena na jednotlivé zóny podle světových stran s tím, že ne vždy je to proveditelné, spoléháme na místní regulaci, zajišťovanou např. termostatickými ventily s  $P$  regulátorem, tj. většinou s termostatickou hlavicí (RTV), což je čistě kvantitativní regulace.

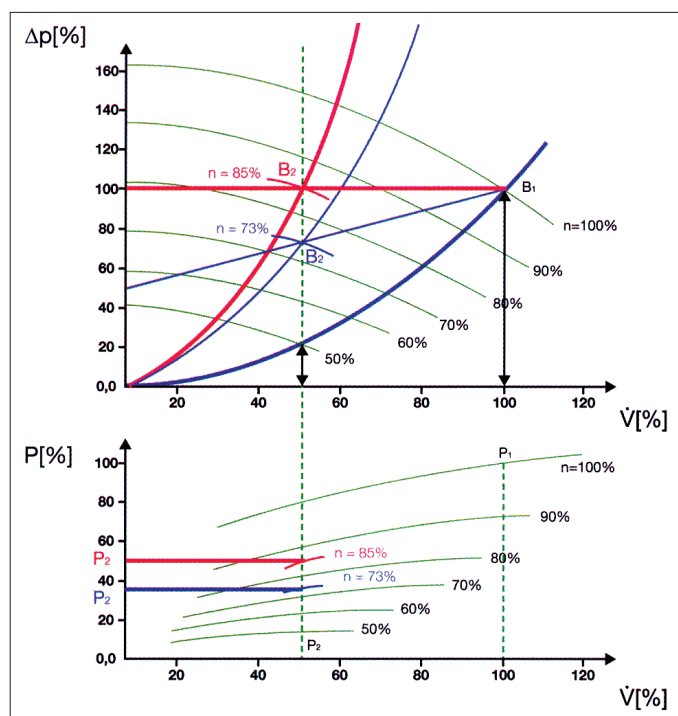


Obr. 1 Kvalitativní regulace výkonu spotřebitelských okruhů trojcestnou směšovací armaturou

V mnoha případech, např. u jednotrubkové horizontální otopné soustavy (OS) s jezdeckým napojením otopných těles (OT), se k redukci průtoku vůbec nepřistupuje. Pracuje se s konstantním průtokem i přes to, že vyhláška č. 193/2007 Sb. v § 7 odst. 2 nabádá pro soustavy s jmenovitým tepelným výkonem nad 50 kW k použití čerpadel s plynulou nebo alespoň třístupňovou regulací otáček. U jednotrubkové, horizontální OS s jezdeckým napojením OT tak místní regulace působí pouze změnu poměru průtoku OT a bypassem pod ním. Stejně tak vzduchotechnické ventilátorové konvektory (fan-coil) většinou využívají pouze regulace otáček ventilátoru při konstantním průtoku vody.

Použití čerpadla s čistou regulací  $\Delta p - c$  plní požadavky na výraznou úsporu pomocné energie pouze částečně. V hydraulickém okruhu dojde sice ke změně průtoku, ale nedojde ke změně dopravního tlaku. Větších úspor dosáhneme frekvenčním řízením čerpadla na čisté řízení  $\Delta p - v$ . V tomto případě se však mnohdy dostáváme do problémů na začátku a konci otopného období s nedostatkem dispozičního rozdílu tlaků v nejvyšších místech otopné soustavy. Optimální možnost nám nabízí frekvenční řízení otáček čerpadla na optimální pracovní bod a jemu odpovídající přizpůsobený výkon čerpadla jako kombinaci výše uvedených možností s regulační závislostí na venkovní teplotě.

U OS s OT opatřenými TRV je však již použití řízení  $\Delta p - c$  významnou optimalizací. Projeví-li se vnitřní tepelné zisky či zisky z oslunění, TRV zavírají. Pracovní bod se posouvá po charakteristice čerpadla s konstantním dopravním tlakem k nižším průtokům. Oproti čerpadlům, kde otáčky zůstávají stejné, se dosahuje úspor zmenšením jednoho z členů v součinu výkon = dopravní tlak a průtok, tj. dopravní množství. U neregulovaných čerpadel ( $n = 100\%$ ) postupuje po charakteristice čerpadla pracovní bod sice k nižším průtokům ale rovněž k vyšším dopravním tlakům a mnohdy i k nižší účinnosti.

Obr. 2 Úspora výkonu při řízení  $\Delta p - c$  a  $\Delta p - v$ 

V obr. 2 jsou porovnány dvě strategie řízení otáček čerpadla:  
 $\Delta p - c$  – regulace na nastavený konstantní ( $c = \text{constant}$ ) dopravní tlak čerpadla v daném rozsahu průtoků  
 $\Delta p - v$  – regulace na proměnný ( $v = \text{variable}$ ) dopravní tlak čerpadla lineárně úměrně charakteristice potrubní sítě a většinou směřovaný na 50% dopravní tlak při nulovém průtoku.

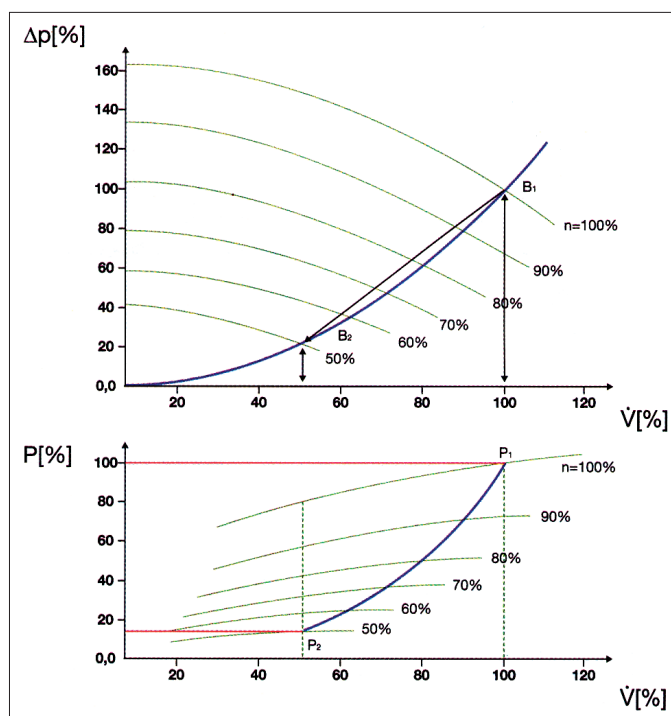
Obrázek rovněž ukazuje, že při 50% požadovaném průtoku jsme na cca 85 % otáček ( $B_2$ ), což odpovídá výkonu 50 % pro řízení  $\Delta p - c$ . Využijeme-li čerpadlo s řízením otáček  $\Delta p - v$ , získáme pro 50% průtok ( $B_2$ ) snížení otáček na cca 73 % a z toho plynoucí snížení výkonu čerpadla na 33 %. Mnohá dnešní čerpadla nám poskytují možnost využití obou způsobů řízení otáček pouhým přepnutím z jednoho elektronického režimu do druhého.

Obr. 3 ukazuje maximální možnou úsporu energie v případě, že požadované snížení výkonu u spotřebičů je řízeno změnou výkonu čerpadla a nikoli uzavíráním ventilů. V případě přechodného období, je-li potřebný pouze 50% průtok, sjíždí čerpadlo na 50% otáčky. Tak se zredukuje dopravní tlak čerpadla na 25 % a teoreticky požadovaný výkon na 12,5 %, což odpovídá úspoře 87,5 %. Pro takto vysokou úsporu provozních nákladů by čerpadlo muselo dostat přímo okamžitou informaci ke snížení otáček na 50 %. To však není případ naprosté většiny otopných soustav.

Obecně lze říci, že přizpůsobení výkonu obvykle probíhá ve dvou krocích:

1. Regulace teploty přívodní vody ke spotřebičům v otopném okruhu (zóně) většinou ekvitermně.
2. Uplatnění místní regulace u spotřebičů s cílem zohlednění vnitřních tepelných zisků a zisků z oslunění.

Regulace teploty přívodní vody je kvalitativní regulací, a tak nemá vliv na průtok (opomineme-li změnu hustoty). Druhá část je však kvantitativní regulací, kdy uzavírání TRV mění průtok, což se zároveň projeví na změně pracovního bodu čerpadla. Zde je možné hledat regulační úspory provozních nákladů čerpadel. Rovněž lze takto vysvětlit, proč je v praxi potenciál úspor u elektronicky regulovaných čerpadel podstatně menší než bylo popsáno výše u teoretických úvah.



Obr. 3 Změna výkonu přímým řízením otáček čerpadla [2]

## ZÁKLAD ÚSPOR U OTOPNÝCH SOUSTAV

Dobrá regulační strategie nemůže v budoucnu hledět pouze na úspory tepla ale musí se zaměřit i na maximální možné snížení provozní spotřeby čerpadel. Čerpadlo svým dopravním tlakem pokrývá naprostou většinu tlakových ztrát potrubní sítě (spolupůsobení přirozeného vztlatku), a tak hydraulické chování otopné soustavy přímo ovlivňuje výkon čerpadla

$$P = \Delta p \cdot V,$$

kteří je dán součinem dopravního tlaku čerpadla a objemového průtoku, resp. ovlivňuje příkon čerpadla

$$P_p = \frac{\Delta p \cdot V}{\eta},$$

na jehož hodnotě se podílí ještě účinnost čerpadla.

Rovněž je třeba si uvědomit, že pokrývá-li dopravní tlak čerpadla tlakové ztráty potrubní sítě, pak se závislosti pro tlakové ztráty promítají i do posuzování parametrů čerpadla. Tlakové ztráty jsou úměrné druhé mocnině průtoku (tj. požadovaného dopravního množství čerpadla), stejně jako druhé mocnině rychlosti proudění vody v potrubí

$$\Delta p \approx V^2 \approx w^2.$$

Uvědomíme-li si dvě výše uvedené závislosti, je potřebný provozní výkon čerpadel závislý na třetí mocnině požadovaného průtoku v potrubní síti

$$P = V^3.$$

Definiční vztah pro výkon čerpadla a závislost výkonu na průtoku s třetí mocninou nám ukazují možnosti úspor provozní energie. Zároveň vidíme možnost snížení tlakových ztrát, resp. požadovaného dopravního tlaku čerpadla vhodnějším návrhem potrubní sítě, tj. snížením návrhové rychlosti proudění vody a pečlivým návrhem dimenzí úseků potrubní sítě aniž bychom si výrazně pomáhali škrcením na regulačních a vyvažovacích ventilech. Lze uvést zjednodušené pravidlo, že zvětšením potrubí a arma-

tur o jednu dimenzi snížíme tlakovou ztrátu o 2/3 a tím získáme úsporu provozních nákladů téměř cca 70 %.

Rovněž návrh teplotních parametrů hraje významnou roli. Zvýšíme-li rozdíl teplot v následujícím vztahu, snížíme i potřebný průtok.

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2})$$

Zároveň je možné říci, že teplotní spád 10 K, při kterém jsou stanoveny výkony otopných těles (EN 442–75/65 °C) není pro hydrauliku většiny otopných soustav vhodný (s výjimkou jednotrubkové horizontální OS). Mnohem lépe vychází zaregulování (doškrcení) paralelních větví jednotlivých OT s teplotním spádem 15 či 20 K.

Již snížení průtoku o 20 % vede ke snížení potřebného výkonu čerpadla o cca 50 %. Poslední uvedený vztah nás zároveň upozorňuje na dvě základní možnosti regulace výkonu [3]

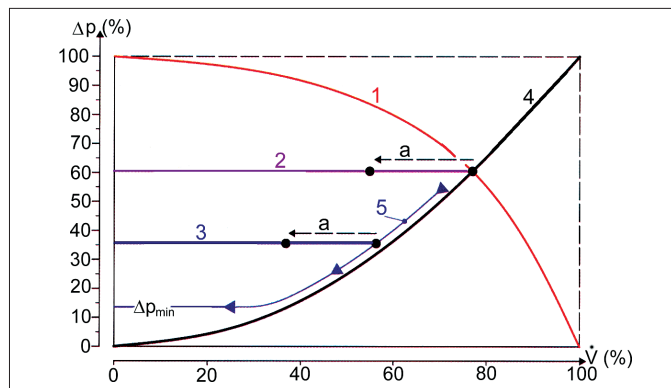
1. kvantitativní (regulace průtoku)
2. kvalitativní (regulace teploty vody).

Na trh přichází čerpadla, jejichž systém řízení výkonu umožňuje řídit výkon jak podle teploty přívodní vody, tak podle průtoku. Je to možnost, jak minimalizovat hydraulické i tepelné ztráty rozvodu aniž to přináší snížení kvality regulace pro zajištění tepelné pohody.

Koncepce této strategie spočívá v paralelním posunu otopné křivky v přechodném období nahoru do vyšších teplot a zároveň snížení průtoku. Znamená to relativně výraznější zvýšení teploty přívodní vody oproti žádané hodnotě ale zároveň snížení průtoku. To se přímo odráží na snížení výkonu čerpadla aniž by se plošně škrtilo u spotřebičů. Projevy místní regulace (zavírání TRV) působí tlakové změny v potrubní síti, které jsou regulačně zvládnuty na čerpadle systémem paralelního posunu regulace  $\Delta p - c$ . Obr. 4 ukazuje konvenční regulaci a energeticky úspornou kombinovanou regulaci [2].

Teoretické i praktické výzkumy u otopných soustav s otopnými tělesy osazenými TRV ukazují na potenciál možných úspor oproti klasickému řešení (regulace teploty přívodní vody směřováním s konstantním průtokem vody v okruhu – viz obr. 1) v rozsahu 50 až 70 % podle [2].

Nejdůležitější znaky kombinovaného řízení teploty přívodní vody a průtoku lze shrnout následovně:



Obr. 4 Porovnání řízení čerpadla

1 – charakteristika neregulovaného čerpadla; 2 – řízení čerpadla  $\Delta p - c$ ; 3 – přeprnuté, resp. posunuté řízení  $\Delta p - c$ ; 4 – charakteristika potrubní sítě; 5 – řízení čerpadla v závislosti na venkovní teplotě; a – vliv tepelných zisků

Mírné zvýšení teploty přívodní vody za jmenovitých podmínek, aplikace méně výrazného snížení teploty přívodní vody v přechodném období, a to vše v kombinaci s přizpůsobením průtoku vody, vede k energeticky efektivní hydraulické koncepci. Zároveň získáme nižší teplotu vratné vody, což vede ke zvýšení stupně využití u kondenzační techniky.

Vše co bylo uvedeno neplatí pouze pro otopné soustavy s otopnými tělesy nebo podlahovou otopnou plochu ale i pro vzduchotechnické ventilátorové konvektory (fan-coil) a chladicí stroje. U zařízení jako jsou kondenzační kotle či tepelná čerpadla se díky nižší teplotě vratné vody (zpátečky) zlepšuje stupeň využití.

Kontakt na autora: [jiri.basta@fs.cvut.cz](mailto:jiri.basta@fs.cvut.cz)

### Použité zdroje:

- [1] Bašta, J., Hydraulika a řízení otopných soustav. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2003. – 252 s., 209 obr., ISBN 80–01–02808–9
- [2] Floß, A., Dietrich, Ch., Frank, S., Energieeinsparung durch Volumenstromanpassung. In: Heizung – Lüftung – Haustechnik, Bd. 59, 12/2008. s. 44–49. ISSN 1436–5103
- [3] Bašta, J., Regulace otopných soustav. Doporučený standard technický. ČKA-IT. Praha 2003. s. 18, ISBN 80–86364–89–5. ■

# stavba.tzb-info.cz



RSS | Mapa stránek | Kontakty | Inzerce

TZB

STAVBA

HRUBÁ  
STAVBA

IZOLACE  
STŘECHY FASÁDY

OKNA  
DVERE

PODLAHY PŘÍČKY  
POVRCHY

NÍZKOENERGETICKÉ  
STAVBY

Firmy

Výrobky

Kalendář

Diskuse

Výpočty

Práce

Zákony

Normy

Publikace

Články

PROJEKTY 2011



SOLÁRNÍ  
KOLEKTORY



PASIVNÍ DOMY



Evropa  
30.1  
Evropa  
(201



**tzbinfo**  
stavebnictví, úspory energií  
technická zařízení budov