

Úspory energie rekonstrukcí pohonů napájecích čerpadel v Teplárně Strakonice

Ing. Naděžda Pavelková, ABB s. r. o.,
Ing. Pavel Kajtman, Teplárna Strakonice, a. s.

Teplárna Strakonice, a. s., patří mezi středně velké centralizované zdroje tepla. Zásobuje teplem asi 7 000 bytů a nebytový sektor v katastru města Strakonice (roční objem dodávek tepla 800 TJ, asi 34 km parovodů, asi 29 km teplovodů). Současně s tím produkuje v kombinované výrobě elektrickou energii (dodávky do distribuční sítě E.ON, roční objem výroby asi 120 GW-h, z toho v kogeneraci 50 GW-h).

Základní výrobní zařízení teplárny se skládá z těchto celků:

vysokotlaká část

- kotel K1 27 MW, pára (6,3 MPa, 460 °C), hnědé uhlí (+ biomasa), z roku 1954 (plánovaná rekonstrukce 2012 až 2013),
- kotel K2 27 MW, pára (6,3 MPa, 460 °C), hnědé uhlí (+ biomasa), z roku 1954, (probíhá rekonstrukce 2011 až 2012),
- kotel K3 55 MW, pára (6,3 MPa, 460 °C), hnědé uhlí, z roku 1964 (rekonstrukce proběhla 1991),



Obr. 1. Transformátory

- turbogenerátor TG1 8,8 MW, protitlaký, z roku 1996,
- turbogenerátor TG2, 21,2 MW, kondenzační odběrový, z roku 1954 (modernizace 1999);

nízkotlaká část

- kotel K4 a K5; 2x 52,5 MW, pára (1,57 MPa, 240 °C), palivo mazut, z roku 1984.

V roce 2006 bylo z důvodu nutné obnovy zařízení a optimalizace provozních nákladů rozhodnuto o přípravě modernizace napájecích stanic pro vysokotlakou část kotelny. Napájecí stanice před modernizací (uvedené do provozu v sedmdesátých letech minulého století) tvořily dvě turbonapáječky TN1, TN2 a tři elektronapáječky EN3, EN4, EN5 s motory na 6 kV (neregulované, 2 950 min⁻¹). V roce 2008 byla TN2 nahrazena strojem s turbínou od společnosti G-team (typ TRM) a čerpadlem KSB (typ HGM). Stroj TN1 byl odstaven do studené zálohy – nadále bude využíván pouze v mimořádných provozních stavech. Po rekonstrukci kotlů K1 a K2 bude rozhodnuto o jeho dalším využití.

V roce 2007 byla zahájena příprava podkladů pro rozhodnutí o způsobu modernizace

elektronapájecích stanic. Za tím účelem byl vyhodnocen dosavadní provoz a stanovena možná řešení. Základním vstupním údajem pro výpočty byla roční křivka trvání parního výkonu vysokotlaké části kotelny z údajů roku 2006 (ca 865 000 tun napájecí vody).



Obr. 2. Měniče frekvence

Napájecí stanice pracují do společné sběrné napájecí vody pro kotle K1, K2, K3; dostatečný provozní tlak napájecí vody pro kotle je 8 MPa; pro provoz jsou dostačující dvě čerpadla (ostatní jsou záloha).

Pro nové napájecí stanice byla uvažována čerpadla KSB typu HGM se jmenovitými otáčkami čerpadla 3 437 min⁻¹, velké otáčky (původně 2 950 min⁻¹) jsou dosažitelné použitím měniče frekvence. Původní motory byly na napětí 6 kV, proto vznikla otázka, jakou napěťovou hladinu zvolit pro nové regulované pohony. Byla zvolena varianta s transformátorem ze 6 kV na 690 V, což bylo technicky a investičně výhodnější řešení. Dále bylo posouzeno použití menšího počtu měničů frekvence, než je počet čerpadel, s možností přepínání. Z pohledu investičních nákladů by toto řešení bylo výhodnější, z důvodu menší spolehlivosti důležitého zařízení pro provoz teplárny však bylo zamítnuto.

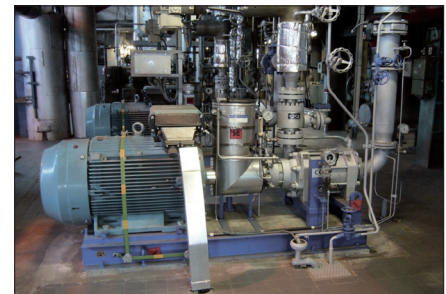
Provoz elektronapáječek EN3, EN4, EN5 byl kontrolován pro tyto režimy:

- režim 1: turbonapáječka 1, elektronapáječka 3, elektronapáječka 4,
- režim 2: elektronapáječka 3, turbonapáječka 1, elektronapáječka 4,
- režim 3: elektronapáječka 3, elektronapáječka 4.

Výsledkem byl také výpočet energetických úspor, který vycházel z těchto předpokladů:

- při provozu jen jednoho napájecího čerpadla je uvažován režim požadovaného průtoku (do maximální hodnoty 107 t·h⁻¹); tlak ve sběrné výtlačku není udržován na konstantní hladině, což přináší další mírné zvýšení úspor;
- při provozu dvou až tří paralelně provozovaných čerpadel se pracovní bod pohybuje na konstantní požadované hladině tlaku ve sběrné výtlačku;
- výpočet energetické úspory výrazně ovlivňuje vlastní charakteristika použitého čerpadla a také účinnost čerpadla v různých pracovních bodech; je třeba zdůraznit, že průběh účinnosti čerpadla je velmi výrazným činitelem; na rozdíl od oběhových čerpadel napáječky pracují do vysokého statického protitlaku, a proto se vliv křivky účinnosti výrazně uplatňuje.

Režim 3 vyplynul jako jednoznačně nejvýhodnější. Tato varianta provozu maximálně využívá elektronapáječky EN3, EN4 a EN5 k celoročnímu pokrytí výkonů bez využití turbonapáječek TN1 a TN2. První elektrona-



Obr. 3. Napájecí stanice

páječka zajišťuje pokrytí parního výkonu do maximální hodnoty 80 t·h⁻¹ a druhá elektronapáječka od výkonu 80 t·h⁻¹ do maximálního výkonu 160 t·h⁻¹. První elektronapáječka EN3 pracuje v režimu s konstantním parním průtokem a proměnlivým tlakem ve sběrné výtlačku. Tento režim umožňuje maximálně využít vlastnosti regulovaného čerpadla. Při provozu dvou paralelně řízených turbonapáječek je ve sběrné tlaku udržován konstantní tlak 7,5 MPa (pro nastavení FM byl později zvolen tlak 8 MPa z důvodu větší provozní bezpečnosti).

První pásmo v rozsahu 80 t·h⁻¹ zajišťuje první elektronapáječka EN3. Pásmo s konstantním průtokem trvá v tomto úseku 5 650 h. Zbývající časový úsek proměnlivého výkonu první elektronapáječky EN3 je rozdělen do pěti stejných časových úseků po 600 h. Pro jednotlivé časové úseky je integrována střední hodnotou parního výkonu.

Druhé pásmo v rozsahu od 80 do 160 t·h⁻¹ zajišťuje druhá elektronapáječka EN4. Pásmo výkonu je po celou dobu trvání proměnlivé. Celý časový průběh je rozdělen do pěti časových úseků po 1 000 h a jednoho časového úseku po 650 h. Stejně jako v předchozím případě je pro jednotlivé časové úseky integrována střední hodnota parního výkonu. Zjištěné hodnoty průtoku z jednotlivých úseků výkonu kotelny lze využít pro určení provozního tlaku při použití jednoho čerpadla, dvou nebo tří čerpadel ve sběrníkovém provozu. V podstatě stejných výsledků spotřeby elektrické energie se dosáhne i tehdy, bude-li z provozních důvodů třeba provozovat tři elektronapáječky se sníženým výkonem.

Za použití výpočtu byl porovnán provoz nových uvažovaných napájecích stanic s dosavadními. Zejména díky regulaci tlaku změnou otáček čerpadla, vyšší účinnosti čerpadla, motoru (proti tomu ztráty transformá-

ci vinutí a izolované ložisko na N-konci motoru. Tyto nové motory jsou chlazeny vzduchem (původní motory byly chlazeny vodou).

Čerpadla jsou typu HGM 3/7 (obr. 3), jmenovité otáčky 3 437 min⁻¹, výrobce KSB (letos slaví dvacáté výročí působení na českém trhu). Největší přednosti čerpadel HGM jsou tyto:

- kluzná ložiska mazaná čerpanou kapalinou, takže odpadá olejové mazání, tím se snižují provozní náklady a zaniká nebezpečí znečištění životního prostředí ropnými produkty; ložiska mají delší životnost a čerpadlo má menší chvění a hlukost;
- kompaktní konstrukce čerpadla s použitím minimálního počtu dílů, čímž se snižují náklady na opravy a zkracuje se doba potřebná na servisní činnost, prodlužují se servisní intervaly;
- čerpadlo nepotřebuje žádné chlazení vodou (při provozní teplotě do 160 °C), a tím se

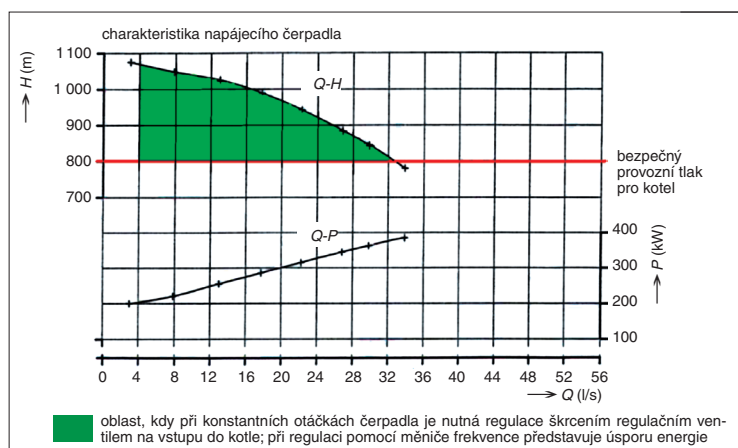
perm XP; řízení otáček v závislosti na tlaku ve sběrně je autonomní v měniči frekvence (nastavený žádaný tlak, přivedený signál skutečného tlaku); v případě paralelního chodu čerpadel řídí jeden měnič frekvence ostatní měniče frekvence na shodné parametry. Toto řízení je realizováno pomocí tzv. adaptivního programování, což je standardní software v měničích ACS 800, který umožňuje přímo v měniči řešit úlohy jinak řešitelné pomocí PLC.

Postupná realizace elektronapáječek EN4 a EN5 proběhla v roce 2009, transformátory a měniče frekvence byly instalovány ještě před odstavením původních čerpadel (transformátory a měniče frekvence byly instalovány v dosavadní rozvodně, délka přívodu od měniče frekvence k motoru asi 120 m), od odstavení stroje po uvedení do zkušebního provozu uběhly asi dva až tři měsíce (včetně kompletní výměny potrubních tras) a v roce 2010 byla obdobně vyměněna EN3.

Dosavadním provozem byla ověřena větší spolehlivost zařízení, neboť byly použity moderní ověřené komponenty, bylo odstraněno mnoho příslušenství (chladicí okruhy ucpávek a motorů, mazání ložisek čerpadla olejem, prohřev, původní MaR, minimální průtok je zajištěn kompaktním, zcela mechanickým zařízením). Regulace je bez problémů, v reálném provozu je rozsah regulace 3 200 až 3 450 min⁻¹ (dáno křivkou čerpadla).

Zajímavé budou jistě skutečné provozní úspory. Pro srovnání byly vzaty měsíční měrné spotřeby elektrické energie na přepravenou jednu tunu napájecí vody před modernizací a po ní, které jsou uvedeny v tab.

Měrné spotřeby ovlivňuje aktuální průtok



Obr. 4. Grafické vyjádření úspor vlivem regulace otáček čerpadla

toru) byla při zmíněné výrobě tepla určena roční úspora vlastní energie 850 MW·h (při ca 865 000 t napájecí vody).

Pro frekvenčně regulované pohony byla zvolena napěťová hladina 690 V, která pro daný výkon vychází z hlediska ceny komponent nejvýhodnější. Zejména se to projevuje u měničů frekvence a kabeláže. Transformátor byl použit od výrobce ABB, typ DTE, suché provedení, vzduchem chlazený, IP23 (obr. 1).

Měnič frekvence rovněž od výrobce ABB je typu ACS 800 (obr. 2). Měníče frekvence ACS 800 jsou s přímým řízením momentu (DTC-Direct Torque Control), což zaručuje maximální přesnost regulace. Navíc přináší jedinečnou možnost překlenutí krátkodobých výpadků napájecího napětí; moment na hřídeli motoru je řízen tak, že eliminované momentové rázy snižují mechanické opotřebení poháněného zařízení, v tomto případě čerpadla. Měnič je skříňového provedení v krytí IP54 a je vybaven ovládacím panelem s možností komunikovat v českém jazyce.

Měníče frekvence regulují standardní nízkonapěťové asynchronní motory s kotvou nakrátko z produkce ABB typu M3BP (obr. 3). Motory jsou přizpůsobeny pro napájení z měničů frekvence tím, že mají zesílenou izola-

Tab. 1. Porovnání měrné spotřeby v kW·h/t v letech 2008 a 2010

Rok	Rok/Měsíc											
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
2008	4,42	3,19	4,18	3,95	4,09	3,17	4,73	2,81	5,58	4,55	4,60	3,90
2010	2,74	3,08	3,25	2,90	2,72	2,14	3,38	3,89	3,18	3,73	4,00	3,40

podstatně redukovat provozní náklady; při výpočtu ekonomické návratnosti investice do čerpadel HGM byla při cenách upravené chladicí vody v SRN zjištěna návratnost šest měsíců běžného provozu oproti napájecím čerpadlům s chlazením ucpávek a ložisek vodou;

- čerpadlo je vybaveno pouze jednou mechanickou ucpávkou; to znamená větší provozní spolehlivost a úsporu nákladů při nákupu náhradních dílů;
- uspořádáním sání v axiálním směru, bez průchozí hřídele, se zlepšila sací schopnost čerpadla; snížení hodnoty NPSH (Net Positive Suction Head, čistá pozitivní sací výška) přináší úspory v projektových a stavebních pracích, protože se snižují požadavky na výšku umístění napájecí nádrže a délky potřebných potrubí.

Nadřazené řízení (povely zap/vyp, automatické řízení jednotlivých strojů) je realizováno úpravou současného systému Siemens Tele-

napájecí vody (zda je v provozu jedno nebo dvě čerpadla, pracovní bod čerpadla); jestliže se průtok blíží jmenovitým hodnotám čerpadla, jsou rozdíly mezi neregulovaným a frekvenčně řízeným čerpadlem nejmenší. Hodnoty jsou částečně ovlivněny provozním režimem, kdy byla využívána místně regulovaná turbonapáječka TN2. Dále jsou zatíženy obdobím zkoušek zařízení.

Pro důkladnější statistické vyhodnocení bude nutné delší sledované období. Z uvedených výsledků vyplývá, že reálnou průměrnou úsporu spotřeby elektrické energie lze očekávat na hodnotě 0,9 kW·h/t (22 %), čemuž odpovídá reálná roční úspora vlastní energie 780 MW·h (při 865 000 t napájecí vody). Napájecí stanice jsou pro větší provozní bezpečnost provozovány na žádanou hodnotu tlaku 8 MPa – viz obr. 4 (původní výpočet počítal se 7,5 MPa).

<http://www.abb.cz>