

Integrace chladicího zařízení do energetického systému

Integration of refrigerating equipment into energy system

Prof. Ing. Jiří PETRÁK, CSc.
 ČVUT v Praze, fakulta strojní
 Ing. Miroslav PETRÁK, Ph.D.
 Güntner Tschechien

ÚVOD

Na 15. konferenci Klimatizace a větrání 2002 jsme se v příspěvku s názvem „Chladicí zařízení ve vazbě na energetické hospodářství klimatizovaného objektu“ kromě jiného zabývali vlastnostmi dnes používaných chladiv a uspořádáním tepelného oběhu a poukázali na možnost úspor energie při využití odpadního tepla z chladicího zařízení např. pro ohřev TUV. Tento příspěvek se pohyboval v teoretické rovině a měl účastníky konference upozornit na možnosti, které na poli snižování energetické náročnosti chladicího zařízení nabízí.

Je bohužel smutnou skutečností, že ani dnes využití tohoto tepla nijak nepokročilo a stále se setkáváme s projekty a následně realizacemi, kdy jak chladicí zařízení pro potřeby klimatizace, tak i např. podlahové vytápění jsou provozovány celoročně bez jakékoliv vazby. Je to zejména tím, že projektant chladění není schopen komunikace s projektantem vytápění a naopak a že není nikdo, kdo by u projektu koordinoval energetiku jako celek. Příkladem může být nedávný projekt jednoho balneocentra, kde navíc oba projektanti byli dokonce z jedné organizace a celoroční vytápění se týkalo prostor pod úrovní terénu.

Je přínosem energetických auditů prováděných pod tlakem zákona číslo 406/2000 Sb. o hospodaření energií a prováděcích vyhlášek, že na tyto možnosti poukazují a investory upozorňují na to, že již při stávajících cenách energie a chladicí vody má investice vynaložená do využití odpadního tepla z chladicího zařízení velmi příznivou dobu návratnosti a ostatní ekonomické ukazatele, jako je Čistá současná hodnota (NPV) a Vnitřní výnosové procento (IRR)

V rámci tohoto příspěvku se jeho autoři snaží představit některé jimi provedené energetické audity, u nichž bylo zadavatelům doporučeno využití odpadního tepla z chladicího zařízení. Ve všech případech se jednalo o průmyslové čpavkové chladicí zařízení, lze se ale domnívat, že k obdobným závěrům lze dospět i u řady chladicího zařízení určených pro klimatizaci.

1. ENERGETICKÉ AUDITY

1.1 Podnik s porážkou a zpracováním drůbeže.

Předmětem energetického auditu byl areál drůbežářského podniku zaměstnávajícího cca 500 zaměstnanců s ucelenou výrobní technologií od porážky přes opracování a dělení drůbeže až po uzenářskou výrobu s roční kapacitou cca 35 tisíc tun hotových výrobků. Jednalo se o kompletní audit v souladu se zákonem 406/2000 Sb., tedy audit jak na straně zdrojů a rozvodů energie, tak i spotřeb a to jak v rámci bezprostřední výroby, tak i ostatní, např. vytápění, ohřev TUV, osvětlení apod. Hodnoceny byly poslední čtyři roky předcházející provedení energetického auditu, přičemž pro poslední hodnocený rok byla následující spotřeba energie:

- Elektrická energie 9.605 MWh/rok, z toho
 - chlazení 4.273 MWh/rok (44,5 %),
 - porážka 1.396 MWh/rok (14,5 %),
 - masná výroba 2.544 MWh/rok (26,5 %),
 - ostatní 1.392 MWh/rok (14,5 %).
- Zemní plyn 1.044 tis.m³/rok, z toho
 - příprava TUV 452 tis.m³/rok (43,3 %),
 - vytápění 354 tis.m³/rok (33,9 %),
 - technologie 238 tis.m³/rok (22,8 %).

V rámci energetického auditu byly vyhodnoceny následující možnosti řešení úspor paliv a energie:

Varianta 1 Využití kondenzačního tepla pro přehřev veškeré TUV na cca 22 °C. Denní spotřeba TUV kolísá v rozmezí 222 až 253 m³ při průměrné hodnotě 239 m³.

Varianta 2 Oddělené využití tepla z přehřátých par chladiva pro ohřev části TUV (cca 46 m³/den) na konečnou teplotu 55 °C spolu s přehřevem ostatní TUV na 22 °C dle varianty 1.

Varianta 3 Společně s variantou 1 a 2 využít i teplo z chladicích oleje u šroubových kompresorů pro ohřev další TUV na konečnou teplotu. Nevýhodou je nutná rekonstrukce těchto chladicích a tedy zásah do olejového hospodářství kompresoru a tím i nutnost konzultace s jejich výrobcem. Výhodou je ohřev dalších cca 91 m³/den TUV na 60 °C.

Varianta 4 Rozšiřuje variantu 3, která vyčerpala všechny možnosti přímého využití odpadního tepla pro ohřev a přehřev TUV, o tepelné čerpadlo. Celkové odpadní teplo z chladicího zařízení činí průměrně 29.442 kWh/den, v rámci varianty 3 je využito pouze 9.121 kWh/den. Je tedy dostatek tepla v parách kondenzujícího čpavku, aby toto teplo mohlo být zdrojem pro tepelné čerpadlo, které je schopno dohřát požadovaný zbytek 102 m³/den TUV z 22 na 60 °C.

Varianta 5 Doplňuje variantu 3 o kogenerační jednotku s plynovým motorem takového výkonu, aby jejím odpadním teplem bylo možno ohřívat potřebných 102 m³/den TUV z 22 na 60 °C.

Varianta 6 Veškerá TUV v množství 239 m³/den je na teplotu 60 °C ohřívána kogenerační jednotkou. Odpadní teplo z chladicího zařízení není využíváno.

Úspory paliv a energie a ekonomické hodnocení jednotlivých variant jsou uvedeny v následujících tabulkách odpovídajících průměrné roční kondenzační teplotě 30 °C. Pro ukazatele ekonomické efektivity byl uvažován 15% diskont a hodnocené období 15 let (tab. 1, tab. 2).

Tab. 1 – Provozní úspory a investiční náklady

Varianta	Úspory paliv a energie			Provozní úspory	Investiční náklady
	El. energie	Zemní plyn	Energie		
	MWh/rok	Tis. m ³ /rok	GJ/rok		
1	–	112	3 741	598	950
2	–	172	5 745	917	1 850
3	–	308	10 287	1 625	3 150
4	– 198 ¹⁾	460	14 651	2 059	6 550
5	793	222	10 270	2 604	10 450
6	2 567	– 272 ¹⁾	156	2 883	14 900

¹⁾ Nárůst spotřeby.

Tab. 2 – Ukazatele ekonomické efektivity

Varianta	Prostá doba návratnosti	Reálná doba návratnosti	Čistá současná hodnota	Vnitřní výnosové procento
	Rok	Rok	tis. Kč	%
1	1,59	1,95	2 547	62,9
2	2,02	2,59	3 512	49,4
3	1,94	2,48	6 352	51,5
4	3,18	4,66	5 490	30,9
5	4,01	6,61	4 777	23,9
6	5,17	10,70	1 958	17,6

1.2 Masokombinát s vlastní porážkou

Zadavatelem energetického auditu byly udány následující ceny energie, spotřeba TUV a cena vody pro krytí ztrát na odpařovacím kondenzátoru chladicího zařízení:

- elektrická energie – 1,23 Kč/kWh bez DPH;
- zemní plyn
 - cena za odběr 571,91 Kč/MWh (včetně DPH),
 - cena za kapacitu 6 852 Kč/MW. (Roční sazba za denní přepočtený průměr odběru, v našem případě v současné době 140 291 Kč/rok). Průměrná cena pro rok 2002 byla 4,95 Kč/m³, po úpravě cen plynu k 1. 4. 2003 je očekáváno 5,24 Kč/m³. Tyto ceny jsou bez DPH.
- voda – jen vodné 19,19 Kč/m³ (bez 5% DPH)
 - stočné paušál cca 100 tis. Kč/rok
- spotřeba TUV – cca 600 m³/den

Zhodnocení výchozího stavu u chladicího zařízení

1. U všech potravinářských závodů je chladicí zařízení velmi významným spotřebičem elektrické energie. Stejně je tomu i v rámci tohoto závodu. Z podkladů zadavatele vyplývá, že spotřeba elektrické energie v celém závodě v roce 2002 byla cca 7 247 MWh, z toho pro chladicí zařízení cca 3 440 MWh, tj. cca 47,5 %.

2. Zajištění potřeby odvodu tepla z chladicího zařízení na kondenzační straně klade následující požadavky na spotřebu elektrické energie a chladicí vody

– Nucený odvod tepla	10 394 MWh/rok
– Spotřeba elektrické energie	176,7 MWh/rok
– Spotřeba chladicí vody	26 025 m ³ /rok

a představuje provozní náklady

– Elektrická energie	217,3 tis. Kč/rok
– Chladicí voda	499,4 tis. Kč/rok
Náklady celkem	716,7 tis. Kč/rok.

Návrh úsporných opatření

1. Využití odpadního tepla z kondenzujícího chladiva. Při předpokládané spotřebě TUV v množství 600 m³/den lze veškerou TUV přehřát na 22°C a tak ušetřit 8 372 kWh/den tepelné energie. To při 250 pracovních dnech v roce představuje úsporu tepelné energie ve výši 2 093 MWh/rok.

<input type="checkbox"/> Provozní úspory	
– Zemní plyn	1 507 tis. Kč/rok
– Chladicí voda	120 tis. Kč/rok
Celkem	1 627 tis. Kč/rok.

2. Využití tepla z přehřáté páry chladiva. Toto opatření realizované spolu s předchozím představuje kromě přehřevu 600 m³/den vody na 22 °C ještě dohřev 52,5 m³/den TUV na teplotu 60 °C. To představuje další úsporu tepla ve výši 2 318 kWh/den, resp. 579,5 MWh/rok.

<input type="checkbox"/> Provozní úspory	
– Zemní plyn	1 924 tis. Kč/rok
– Chladicí voda	153 tis. Kč/rok
Celkem	2 077 tis. Kč/rok.

3. Zhodnocení odpadního tepla tepelným čerpadlem. Při tomto řešení by se veškerá TUV přehřívala na cca 22 °C (viz bod 1)) a následně dohřívána tepelným čerpadlem na 55 °C. Navržené tepelné čerpadlo má příkon 260 kW, topný výkon 1 041 kW a pracuje s chladivem R 134a.

<input type="checkbox"/> Změna provozních nákladů	
– Zemní plyn	5 661 tis. Kč/rok
– Chladicí voda	371 tis. Kč/rok
– Elektrická energie	1 713 tis. Kč/rok
Snížení celkem	4 319 tis. Kč/rok

Tab. 3 – Ekonomické vyhodnocení variant

Úsporné opatření – varianta	1.	2.	3.
Investice (tis.Kč)	2 340	2 840	8 580
Úspora (tis.Kč/rok)	1 627	2 077	4 319
Prostá doba návratnosti (rok)	1,44	1,37	1,99
Reálná doba návratnosti (rok)	1,73	1,64	2,50
Čistá současná hodnota (tis.Kč)	7 653	9 917	17 948
Vnitřní výnosové procento (%)	66,7	70,8	50,0
Úspora za hodnocené období (tis.Kč)	24 405	31 155	64 785

Poznámky k ekonomickému hodnocení:

1. Ukazatele ekonomické efektivity byly zpracovány pro diskont 14 % a hodnocené období 15 let.

2. Při kalkulaci investičních nákladů bylo použito kvalitních, ale drahých tlakových zásobníků z materiálu nerez. Bude-li investor požadovat jiné řešení (horší materiál, beztlakové provedení apod.), lze investiční náklady výrazně snížit.

4. Ekonomické hodnocení obou energetických auditů je v souladu s vyhláškou MPO č. 213/2001 Sb.

Prostá doba návratnosti T_s s použitím vztahu

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde IN – jsou investiční výdaje projektu,
 CF – roční přínosy projektu (cash flow);

Reálná doba návratnosti T_{sd} udávající dobu splacení investice při uvažování diskontní sazby určená z podmínky

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0,$$

kde CF_t – roční přínos projektu v t – tém roce
 r – diskont
 $(1 + r)^{-t}$ – odúročitel.

Čistá současná hodnota NPV určená ze vztahu

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN,$$

kde T_z – doba životnosti (hodnocení) projektu.

Vnitřní výnosové procento IRR určené z podmínky

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0$$

Poznámka: Výše použité symboly jsou v souladu se značením použitým ve vyhlášce MPO č. 213/2001 Sb.

2. ZOBECNĚNÍ

Nejen na základě výše uvedených auditů lze provést následující zobecnění platné pro chladicí zařízení.

- U každého chladicího zařízení by mělo být posouzeno, zda odpadní teplo odváděné do okolí z jeho kondenzační strany nelze využít, např. v rámci přípravy TUV nebo vytápění. Ohřev TUV je nutné preferovat před vytápěním, protože se jedná o celoroční provoz s přibližně konstantní spotřebou tepla.
- U chladiv s větším podílem odváděného tepla z přehřáté páry chladiva na výtlačku z kompresoru a vyšší výtlačnou teplotou po kompresi (R 717, R 22, R 409A, R 407C) je vhodné zvážit zařazení samostatného chladiče par chladiva před vlastní kondenzátor. Zejména při použití pístového kompresoru umožňuje tento chladič ohřev TUV na požadovanou teplotu 55 až 60 °C.

- Vlastní kondenzační teplo je vhodné použít pro přehřev TUV, nízkoteplotní vytápění apod. V řadě případů je toto teplo účelné transformovat tepelným čerpadlem na vyšší teplotní hladinu. Přes vyšší investiční náročnost lze velmi často toto řešení doporučit s ohledem na příznivé hodnoty ekonomických ukazatelů.

ZÁVĚR

Integrace chladicího zařízení do energetického systému budovy nebo podniku představuje jeden z moderních trendů v oboru chladicí techniky a je příkladem, jak lze dosáhnout úspor ve spotřebě fosilních paliv a snížení emisí skleníkových plynů. Bohužel průkopnický čin Kosteckých uzenin a.s., spočívající ve využití odpadního tepla z chladicího zařízení a z tepelného čerpadla k ohřevu TUV na 60 °C, nenalezl v ČR dosud následovatele. Je to způsobeno především nedostatkem finančních prostředků v podnikatelské sféře a skutečností, že náklady na otop a přípravu TUV představují dosud pouze malou část z celkových provozních nákladů. Řada podniků potravinářského průmyslu, kde využití odpadního tepla z chladicího zařízení by bylo zejména vhodné, musí dnes preferovat opatření vedoucí k zlepšení hygieny a bezpečnosti práce.

Jisté zlepšení situace lze očekávat u velkých podniků spadajících pod působnost zákona 76/2002 Sb. o integrované prevenci (v EU Směrnice Rady 96/61/ES známá pod označením IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control), kde ze zákona je požadováno zavádění tzv. Nejlepší dostupné techniky (BAT – Best Available Technique). V ČR byl již jednomu řešení využití odpadního tepla z čpavkového průmyslového chladicího zařízení pro ohřev TUV přiznán statut BAT.

Na využití odpadní tepla a řešení průmyslových tepelných čerpadel získala v roce 2002 Strojní fakulta ČVUT v Praze od Grantové agentury ČR podporu ve formě grantového projektu číslo 101/02/0741 s názvem Tepelná čerpadla. Poznatky uvedené v tomto příspěvku vychází nejen z provedených energetických auditů, ale i z řešení tohoto grantového projektu. ■

RECENZE

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., Ing. Jan Truxa a kolektiv – ALTERNATIVNÍ ENERGIE PRO VÁS DŮM

Knížka formátu A5, vydaná r. 2003 ve vydavatelství ERA, Lidická 9, 602 00 Brno, byla sponzorována 13 firmami dodávajícími nebo vyrábějícími technologie k využívání alternativních zdrojů energie. Doporučená cena je 168 Kč. Uvádí formou přístupnou i širší, technicky méně zdatné veřejnosti možnosti využívání alternativních zdrojů energie v našich podmínkách. 125 stran textu je rozděleno do 7 kapitol:

- 1 – Energie Slunce – přeměna na teplo
- 2 – Energie Slunce – výroba elektřiny
- 3 – Energie větru (výroba elektřiny)
- 4 – Energie biomasy (jen rostlinná biomasa – fyto-masa)
- 5 – Energie prostředí a geotermální energie jako zdroj pro tepelná čerpadla
- 7 – Ekonomika zařízení

Každá z kapitol je doplněna příkladem instalace daného zdroje, hodnocením jeho funkce a provozu a je doložena barevnými fotografiemi a schematicky. Publikace je opatřena doslovem od RNDr. Martina Bursíka, seznamem použité a doporučené literatury (65 odkazů), rejstříkem názvů a přílohou s informačními prameny o obnovitelných zdrojích energie na internetu.

Knížka přispěje k rozšíření vědomostí o obnovitelných zdrojích energie u široké veřejnosti včetně stavebníků a pomůže tak ke zlepšení vztahů společnosti k přírodě a životnímu prostředí.

Karel Brož

* Povinnost chlazení pro německé administrativní budovy?

Německou odbornou veřejnost vzrušil verdikt soudu v Bielefeldu, který při absenci předpisu pro mikroklima vnitřního prostředí rozřešil spor majitele a nájemce administrativního objektu. Pravomocným rozsudkem nařídil, že teplota v administrativních budovách nesmí přesáhnout 26 °C při 32 °C venkovní teploty, resp. že chlazením musí být vnitřní teplota snížena na teplotu nejméně o 6 K nižší, než je teplota venkovní. Závěr: pro každého pronajímatele vzniká tak povinnost zajistit chlazení vzduchu uvnitř administrativních budov. V konkrétním případě představuje montáž split systému do tří pater objektu dodatečné náklady 100 tis. €.

Rozsudek vyvolal velkou diskusi, organizují se semináře na téma „povinnost chlazení nebo svobodné horko“? V odůvodnění rozsudku je však výrok, že jen při teplotě do 26 °C je možný zdravý a bezpečný, plnohodnotný výkon práce.

CCI 6/2003

(Laj)

* Renexpo 2003

Ve dnech 27. až 29.6.2003 se konal mezinárodní veletrh a konference Renexpo o obnovitelných zdrojích energie v německém Augsburgu. Samostatná symposia byla věnována tématům: pasivní dům, solární energie, energetické poradenství, bioplyn.

Více informací o akci lze nalézt na adrese: www.energie-server.de.

CCI 6/2003

(Laj)