

Energetická efektívnosť zdrojov chladu pre klimatizačné systémy

Energy effectiveness of cold sources for air conditioning systems

Prof. Ing. Václav HAVELSKÝ, Ph. D.
Strojnícka fakulta STU Bratislava

Príspevok poukazuje na problematiku energetického hodnotení chladicích zariadení chladicím faktorom a to zejména při vzájemném porovnávání zařízení pracujících na základě oběhu parního (tzv. kompresorových) se zařízeními sorpčními. Doporučuje proto používat v těchto případech hodnocení vycházející ze spotřeby primární energie, označené PER, z anglického „Primary Energy Rate“.

Klíčová slova: chladicí zařízení, chladicí faktor, primární energie, energetická efektívnosť

Recenzent
prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.

The article refers to problems of energy evaluation of refrigerating equipment by means of coefficient of performance (COP) especially under mutual comparison of installations operating on the basis of vapour cycle (the so called compressor cycles) and sorption equipment. Therefore it recommends to use in these cases the evaluations based on the primary energy consumption, marked PER, from English "Primary Energy Rate".

Key words: refrigerating equipment, coefficient of performance (COP), primary energy, energy effectiveness

V súvislosti s postupným zvyšovaním vybavenosti občianskeho sektora a sektora služieb energetickými spotrebičmi stále stúpajúci podiel z celkovej spotreby elektrickej energie pripadajúcej na klimatizačné systémy podporuje význam zvyšovania ich energetickej efektívnosti. Znižovanie spotreby elektrickej energie týchto systémov znamená nielen zvyšovanie ekonomickej efektívnosti ich prevádzkovaní, ale aj významné znížovanie nepriaznivého ekologického vplyvu prevádzky na globálne otepľovanie zemského klimatu vyplývajúce z ešte stále veľkého podielu neekologickej výroby elektrickej energie spaľovaním fosilných palív.

Pre porovnanie energetickej efektívnosti jednotlivých klimatizačných systémov je potrebná správna metodika hodnotenia tejto efektívnosti, ktorá je obecnou použiteľná pre ľubovoľné zapojenia týchto systémov, bez ohľadu na druhy použitých zariadení pre výrobu chladu, primárnych pohonných aj produkovaných energií. Takáto metodika hodnotenia energetickej efektívnosti musí teda splňať nasledovné základné predpoklady:

- ❑ obecná použiteľnosť z hľadiska kvantitatívneho hodnotenia stupňa dosiahnuteľnej energetickej efektívnosti pre rôzne spôsoby výroby chladu ako sú na príklad parné kompresorové chladiace zariadenia, absorpčné a adsorpčné chladiace zariadenia, kombinovaná výroba chladu, tepla a elektrickej energie v polygeneračných systémoch a iné;
- ❑ v kvantitatívnom hodnotení energetickej efektívnosti musia byť zahrnuté primárne pohonné energie všetkých doplnkových zariadení celého klimatizačného systému ako sú dopravné zariadenia na zaistenie prepravy jednotlivých teplonosných médií (čerpadlá a ventilátory), ovládacie a bezpečnostné zariadenia, prípadne prídavné elektrické ohrievacie zariadenia;
- ❑ vstupné hodnoty primárnych pohonných energií a produkovaných užitočných energetických tokov musia byť do kvantitatívnych výpočtov hodnôt energetickej efektívnosti dosadzované vzhľadom na meniace sa kvalitatívne parametre použitých tepelných tokov aj okolitého prostredia za časový úsek prevádzky týchto systémov v priebehu kalendárneho roka.

1. HODNOTENIE ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI VÝKONOVÝMI ČÍSLY

Energetickú efektívnosť energetických zariadení možno všeobecne definovať ako pomer sumy energetických tokov ΣE_u hodnotených ako užitočnosť alebo zisk

z daného zariadenia k sume energetických tokov ΣE_v vynaložených, teda dodaných do zariadenia na získanie užitočných energetických tokov. Pre energetickú efektívnosť potom platí:

$$EF = \frac{\Sigma E_u}{\Sigma E_v} \quad (1)$$

Pre vyjadrenie energetickej efektívnosti chladiacich obehov sa vo svete všeobecne používa pojem „výkonové číslo“, alebo „koeficient výkonnosti“ (označuje sa COP – z anglického „Coefficient of Performance“).

Pre využívanie chladiacich obehov v aplikácii chladiacich zariadení sa v slovenskej a českej technickej literatúre používa väčšinou pojem „chladiaci faktor“ a pre využitie chladiacich obehov v aplikácii tepelných čerpadiel pojem „vykurovací faktor“, označované symbolmi ε_{CH} a ε_{TC} .

Pre chladiace zariadenia s parným kompresorovým obehom je výkonové číslo na základe vzťahu (1) dané pomerom chladiaceho výkonu zariadenia \dot{Q}_0 (W) a mechanického príkonu pre pohon kompresora P (W), teda platí:

$$COP = \frac{\dot{Q}_0}{P} \quad (2)$$

Výkonové číslo jednostupňového absorpčného chladiaceho zariadenia určíme na základe definície energetickej efektívnosti pomerom chladiaceho výkonu zariadenia \dot{Q}_0 (W) a tepelného príkonu generátora \dot{Q}_g (W) pri zanedbaní príkonu čerpadla bohatého roztoku vzťahom:

$$COP_A = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_g} \quad (3)$$

Uvedené definície určujú kvantitatívne hodnoty energetickej efektívnosti pri daných prevádzkových parametroch zariadenia (výparnej a kondenzačnej teplote obehov) sú teda okamžitou hodnotou určenou parametrami požadovanej technológie a okolitého prostredia. Keďže požadované technologické parametre ako aj parametre okolitého prostredia sa v priebehu prevádzky zdroja chladu pre klimatizačné zariadenia výrazne menia, táto hodnota nemá pre užívateľa výpovednú hodnotu ako podkladu pre určenie ekonomickej efektívnosti prevádzky daného zariadenia.

Podkladem pre celkovú ekonomickú efektívnosť môže byť len hodnota výkonového čísla daného zariadenia určeného pomerom vyrobenej užitočnej energie (teda chladu) Q_0 (kWh) k celkovej spotrebe pohonnej primárnej energie W (kWh) za celú dobu prevádzky počas kalendárneho roka podľa vzťahu:

$$COP = \frac{Q_0}{W} \quad (4)$$

Do hodnôt týchto energetických tokov je z hľadiska užívateľa potrebné samozrejme započítať primárne pohonné energie všetkých doplnkových zariadení celého klimatizačného systému, ako boli uvedené v úvode tohto príspevku.

Z definície výkonového čísla pre parné kompresorové a absorpčné chladiace zariadenie podľa vzťahov (2) a (3) vyplýva, že tieto sú vzhľadom na rôzne druhy pohonnej energie kvantitatívne neporovnateľné, porovnávať energetickú efektívnosť klimatizačných systémov pomocou hodnôt COP je teda možné navzájom len pre rovnaké spôsoby výroby chladu (parné kompresorové alebo sorpčné chladiace obeh). Pri tejto metodike určovania energetickej efektívnosti klimatizačných systémov nie je teda splnená základná podmienka kvantitatívnej porovnateľnosti energetickej efektívnosti rôznych systémov z hľadiska druhov primárnych pohonných energií.

2. HODNOTENIE ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI STUPŇOM VYUŽITIA PRIMÁRNEJ ENERGIE

Porovnávanie energetickej efektívnosti energetických systémov s rôznymi druhmi používaných energetických tokov je možné tak, že definujeme energetickú efektívnosť systému ako pomer množstva primárnej pohonnej energie ΣE_p , teda sumy vynaložených energetických tokov v hodnotách primárnych energií (daných chemickou energiou obsiahnutou v palive), k sume užitočne získaných energetických tokov zo zariadenia ΣE_u .

Tento pomer sa vo svetovej literatúre označuje *PER* [1] (z anglického „Primary Energy Rate“) a vyjadruje stupeň využitia primárnej pohonnej energie zariadenia pre produkované užitočne využité energetické toky, teda potrebu dodávanej primárnej energie vo forme tepelnej energie získanej spaľovaním fosilných palív na jednotku produkovaného užitočného energetického toku. Hodnota *PER* je potom daná vzťahom:

$$PER = \frac{\Sigma E_p}{\Sigma E_u} \quad (5)$$

Na základe definície *PER* podľa vzťahu (5) je zjavné, že energetický systém s najmenšou hodnotou *PER* je najlepší z hľadiska energetickej náročnosti.

Hodnotu *PER* pre parný kompresorový chladiaci obeh s bežným pohonom kompresora elektrickou energiou (elektromotorom) je potom možné na základe vzťahu (2) vyjadriť v tvare:

$$PER = \frac{1}{COP \cdot \eta_e} \quad (6)$$

kde *COP* je výkonové číslo aplikácie parného kompresorového obehu na chladiace zariadenie a η_e je účinnosť výroby elektrickej energie z primárnej energie paliva vrátane účinnosti rozvodu.

Hodnotu *PER* pre absorpčný chladiaci obeh so zdrojom pohonnej tepelnej energie spaľovaním primárneho paliva v kotli je možné vyjadriť v tvare:

$$PER_{(A)} = \frac{1}{COP \cdot \eta_k} \quad (7)$$

kde *COP_A* je výkonové číslo aplikácie absorpčného chladiaceho obehu na absorpčné chladiace zariadenie a η_k je účinnosť výroby pohonnej tepelnej energie v kotli na spaľovanie fosilného paliva.

Hodnotenie energetickej efektívnosti stupňom využitia primárnej energie *PER* na základe vzťahu (5) je z hľadiska termodynamickej teórie jediným objektívnym vyjadrením energetickej efektívnosti v takých energetických zariadeniach, kde dochádza k transformácii rôznych druhov energetických tokov (z hľadiska tepelnej a mechanickej energie), či už ide o energetické toky odoberané zo zariadenia hodnotené ako užitočné danej transformácie, alebo dodávané do zariadenia v zmysle pohonnej energie vynaloženej na získanie predmetných užitočných energetických tokov.

Hodnotenie energetickej efektívnosti pomocou hodnoty *PER* je možné využiť pre porovnanie rôznych aplikácií chladiacich obehov s rôznymi druhmi pohonnej energie, ako je parný kompresorový a absorpčný chladiaci obeh. Na príklad parný kompresorový chladiaci obeh s hodnotou *COP* = 2 má podľa vzťahu (6) pre $\eta_e = 0,35$ hodnotu *PER* = 1,43, absorpčný chladiaci obeh s hodnotou *COP_A* = 0,7 má podľa vzťahu (7) pre $\eta_k = 0,85$ hodnotu *PER* = 1,68. Na základe uvedených hodnôt *PER* je teda parný kompresorový obeh s hodnotou *COP* = 2 energeticky efektívnejší (menej náročný na potrebu primárnej energie na jednotku získaného chladiaceho výkonu) ako absorpčný chladiaci obeh s hodnotou *COP* = 0,7.

Pre hodnotenie energetickej efektívnosti rôznych klimatizačných systémov najmä z hľadiska rôznych druhov zdrojov chladu nie je, ako bolo vysvetlené v kap. 1, možné použiť celosvetovo všeobecne využívanú metodiku hodnotenia podľa výkonových čísel *COP*, pretože nespĺňa základný predpoklad kvantitatívnej porovnateľnosti rôznych systémov, ako podkladu pre vykonanie hodnotenia ekonomickej efektívnosti prevádzky týchto zariadení z hľadiska ich užívateľa.

Hodnotením stupňom využitia primárnej energie *PER* sa uvedené kvantitatívne porovnanie energetickej efektívnosti, ako podklad k hodnoteniu ekonomickej efektívnosti, umožňuje vykonať pre všetky energetické systémy s rôznymi druhmi pohonných aj produkovaných užitočných energetických tokov vrátane kombinovanej výroby tepla, chladu a elektrickej energie v polygeneračných systémoch [3]. Na základe hodnôt *PER* je možné pri porovnávaní jednotlivých klimatizačných aj iných systémov určiť konkrétne hodnoty úspor primárnej energie, ktoré sú potom základným parametrom pre určenie ekonomickej efektívnosti ich prevádzky.

Príspevek byl přednesen na konferenci Klimatizace a větrání 2004.

Spojení na autora: havelsky@sjf.stuba.sk.

Použitá zdroje:

- [1] ZIEGLER, F., RIESCH, P.: *Absorption cycles. A review with regard to energetic efficiency.* Heat Recovery Systems & CHP Vol.13, No.2, pp. 147–159, 1993
- [2] HAVELSKÝ, V.: *Energetická efektívnosť aplikácií chladiacich obehov.* Monografia, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 1999
- [3] HAVELSKÝ, V.: *Energetic efficiency of cogeneration systems for combined heat, cold and power production.* Int. J. of Refrigeration, Vol. 22, No. 6 (1999), 479–485. ■

* Senzor CO₂ pro otevírání oken

Firma *Schüco International* uvedla na trh nový senzor CO₂, ktorý při překročení koncentrace CO₂ v místnosti automaticky vyvolá otevření oken. Senzor o velikosti 120 x 60 mm pracuje na optoelektronické bázi, je napájený 24 V a nepotřebuje, podle výrobce, žádnou údržbu. Má rozsah měření CO₂ od 300 do 2000 ppm ± 100 ppm při rozsahu teplot od –5 do +40 °C. Má nastavitelnou spodní spínací hodnotu a lze jej kalibrovat.

CCI 5/2004

(Ku)