

Kalkulační program pro tepelný výpočet kogeneračních jednotek

Michal Jaroš¹, Karel Kuchta²

¹ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, Technická 2896/2, Brno, jaros@fme.vutbr.cz

² Phoenix-Zeppelin, spol. s r.o., divize Energetické systémy, Lipová 72, Modletice, karel.kuchta@p-z.cz

Abstrakt Článek informuje o programu, který na základě vypočtených hodnot účinnosti tepelných výměníků posuzuje reálnost návrhu uživatelského teplosměnného okruhu kogeneračních jednotek.

Kogenerace, tzn. souběžná výroba elektrické energie a tepla, představuje z termodynamického hlediska nejefektivnější způsob využití tepelné energie. Tento princip se neomezuje jen na velké energetické celky. V poslední době se i v České republice rozmáhá budování menších kogeneračních jednotek se spalovacími motory, které lze využít všude tam, kde jsou víceméně stálé požadavky na dodávku tepla i elektřiny.

Jejich základem je spalovací motor s generátorem elektrické energie (elektrocentrála). Odpadní teplo motoru (tzn. především teplo odváděné výfukovými plyny a chladicí soustavou, případně i z mezichladiče plnicího vzduchu v případě přeplňovaných motorů) se pak vhodným způsobem využívá, zpravidla pro ohřev teplé užitkové nebo technologické vody. Součástí kogenerační jednotky je proto jeden nebo více tepelných výměníků, jimiž se tepelná energie předává do uživatelského okruhu.

Typ použité elektrocentrály vychází zpravidla z požadavku zákazníka na potřebný elektrický výkon. Naproti tomu tepelné výměníky použité v dané aplikaci se takřkají „šijí na míru“ (což je dáno i tím, že jejich individuální zakázková výroba není problematická). Jejich návrh vychází jak z daných parametrů zdrojů odpadního tepla – teploty a průtoku výfukových plynů, chladicí vody motoru atd., tak i z požadavků na parametry uživatelského tepelného okruhu (zejména výstupní teplotu vody).

Zde však narážíme na jeden problém. Ne každý zákazník si uvědomuje, že výkon tepelného výměníku nelze – na rozdíl od spalovacího motoru – libovolně zvýšit jeho zvětšením. Maximální tepelný výkon výměníku je dán rozdílem vstupních teplot obou médií – horkého (h) a chladného (c) – a menší z hodnot průtoku tepelné kapacity (tzv. vodních konstant) [1]:

$$\dot{Q}_{MAX} = C_{MIN} \cdot (T_{h,in} - T_{c,in}), \quad C_{MIN} = \text{MIN}(\dot{m}_h c_{p,h}, \dot{m}_c c_{p,c}) \quad (1)$$

To vyplývá ze skutečnosti, že látku protékající výměníkem nelze ohřát, resp. ochladit nad (pod) vstupní teplotu druhého média. Uvedený maximální výkon navíc představuje limitní hodnotu pro nekonečně dlouhý výměník (resp. výměník, jehož velikost roste nade všechny meze), zatímco pro rozumnou velikost výměníku je třeba, aby jeho účinnost

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{MAX}} \quad (2)$$

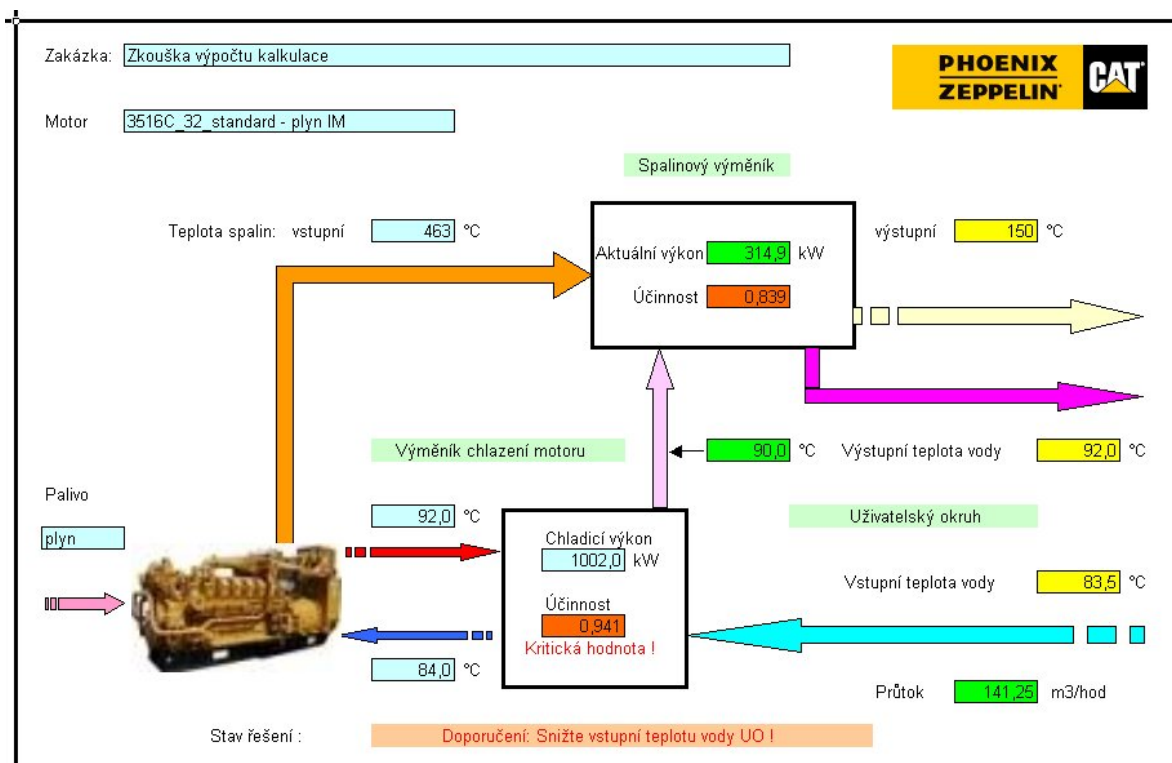
nepřekročila hodnotu 85–90 %. Je-li v uživatelském okruhu postupně (sériově) řazeno více výměníků (např. pro odvod tepla z chladicí vody a spalin), je situace ještě složitější, protože

výstupní teplota jednoho je zároveň vstupní teplotou druhého, zatímco průtok ohřivaného média je v obou výměnících stejný.

Na odboru termomechaniky a techniky prostředí Energetického ústavu FSI VUT byl proto ve spolupráci s firmou Phoenix-Zeppelin vyvinut kalkulační program, který umožňuje posoudit reálnost požadovaných parametrů uživatelského tepelného okruhu dané kogenerační jednotky.

V programu jsou předdefinovány parametry kogeneračních jednotek typové řady BOOMEL[®] Phoenix-Zeppelin, jejichž základem jsou elektrocentrály s naftovými nebo plynovými motory Caterpillar. Uživatel zadává typ motoru (včetně druhu paliva), požadovanou vstupní a výstupní teplotu uživatelského okruhu a ochlazení spalin ve výměníku (které určuje předávaný tepelný výkon). Program vypočte potřebný průtok vody (příp. nemrznoucí směsi) uživatelským okruhem a odpovídající účinnosti tepelných výměníků; v případě překročení limitních hodnot vydá varovné hlášení včetně návrhu řešení konfliktní situace (viz **obr. 1**).

Hlavním přínos programu spočívá v tom, že umožňuje odhadnout reálně dosažitelný tepelný výkon kogenerační jednotky v konkrétní aplikaci již během prvotní fáze projektu a poskytuje tak zákazníkům relevantní údaje pro následné ekonomické kalkulace. Program neřeší konkrétní návrh tepelných výměníků (volba jejich provedení je otázkou dalších výpočtů – teplotních i ekonomických), nýbrž pouze posuzuje přiměřenost předpokládaných parametrů. Znovu je potřeba zdůraznit, že realizace výměníku s tepelnou účinností nad 85 % (resp. špičkově nad 90 %) je podle zkušeností autorů velmi obtížná a vede k jeho enormní velikosti (a tedy i ceně).



Obr. 1 Grafický výstup kalkulačního programu

Literatura

- [1] INCROPERA, F. P. – DE WITT, D. P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 3rd ed. New York: Wiley, 1990. ISBN 0-471-51729-1.