

Stanovení účinnosti plochého solárního kolektoru (III)

Datum: 9.6.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí | Recenzent: doc. Ing. Karel Brož, CSc.

Pro stanovení účinnosti plochého solárního kolektoru nejsou v žádné naší literatuře ucelené analytické a experimentální vztahy. Poslední část seriálu tří článků, ve kterých autor uvedl stručný rozbor a definice základních vztahů k této problematice, je zaměřena na experimentální stanovení účinnosti.

EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ ÚČINNOSTI

Při experimentálním stanovení účinnosti solárního kolektoru zkouškou tepelného výkonu solárního kolektoru podle normy [5] za daných okrajových podmínek (především ozáření $G > 700 \text{ W/m}^2$ a rychlost větru $w > 3 \text{ m/s}$) se vychází z definice účinnosti

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_s} = \frac{\dot{M} c (T_e - T_m)}{GA_c} \quad (23)$$

Podrobnosti o experimentálním stanovení účinnosti solárního kolektoru jsou uvedeny v článku "[Měření technických parametrů solárního kolektoru a systému](#)".

VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI

Na základě výsledků modelování nebo naměřených hodnot účinnosti se vyhodnocuje zásadně křivka účinnosti v závislosti na redukovaném teplotním spádu (rozdílu mezi referenční teplotou kolektoru a teplotou okolí poděleném slunečním ozářením). Někteří dodavatelé solárních kolektorů uvádějí pouze jednu hodnotu účinnosti, zpravidla maximální hodnotu, které se v provozu prakticky nedosahuje. Taková "informace" o účinnosti kolektoru má sama o sobě nulovou vypovídající hodnotu, neříká nic o tepelně technických vlastnostech kolektoru.

Křivka účinnosti se vyjadřuje nejčastěji v závislosti na redukovaném teplotním spádu mezi teplonosnou látkou a okolím.

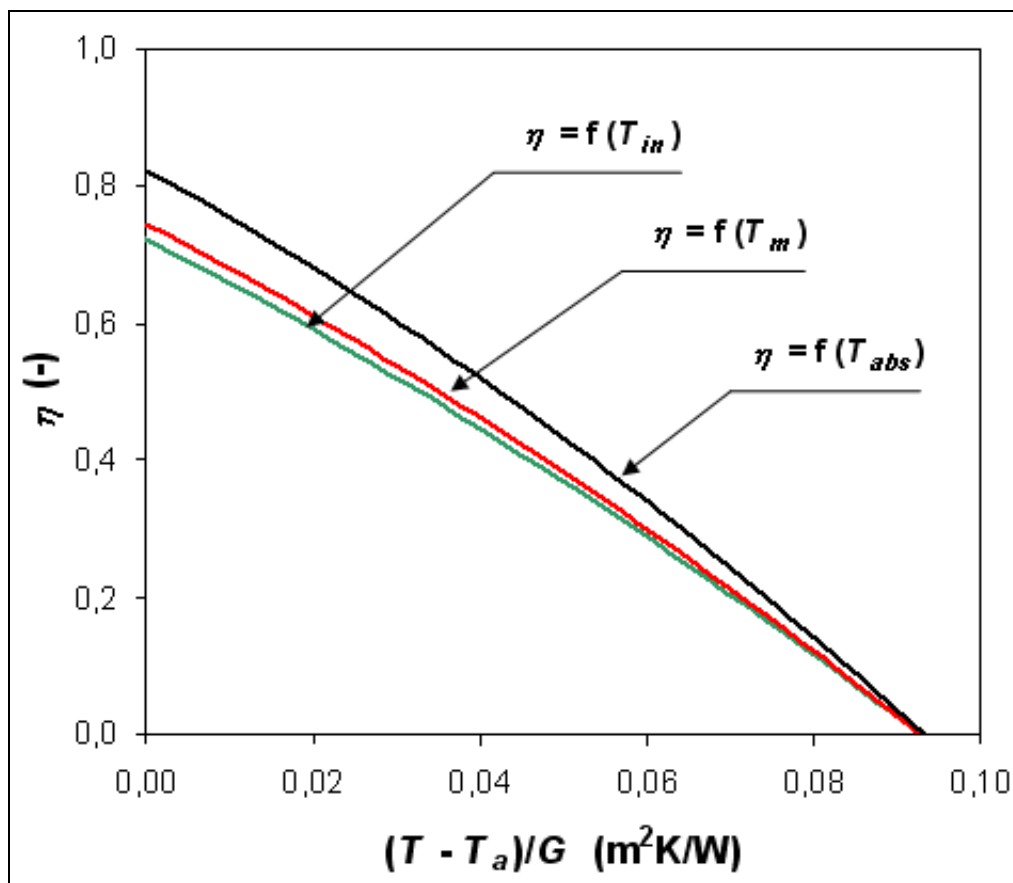
$$\eta = f\left(\frac{T_m - T_a}{G}\right) \quad (24)$$

jako regresní křivka 2. řádu, proložená naměřenými hodnotami ze zkoušky tepelného výkonu kolektoru, ve tvaru

$$\eta = \eta_o - a_1 \left(\frac{T_m - T_a}{G}\right) - a_2 G \left(\frac{T_m - T_a}{G}\right)^2 \quad (25)$$

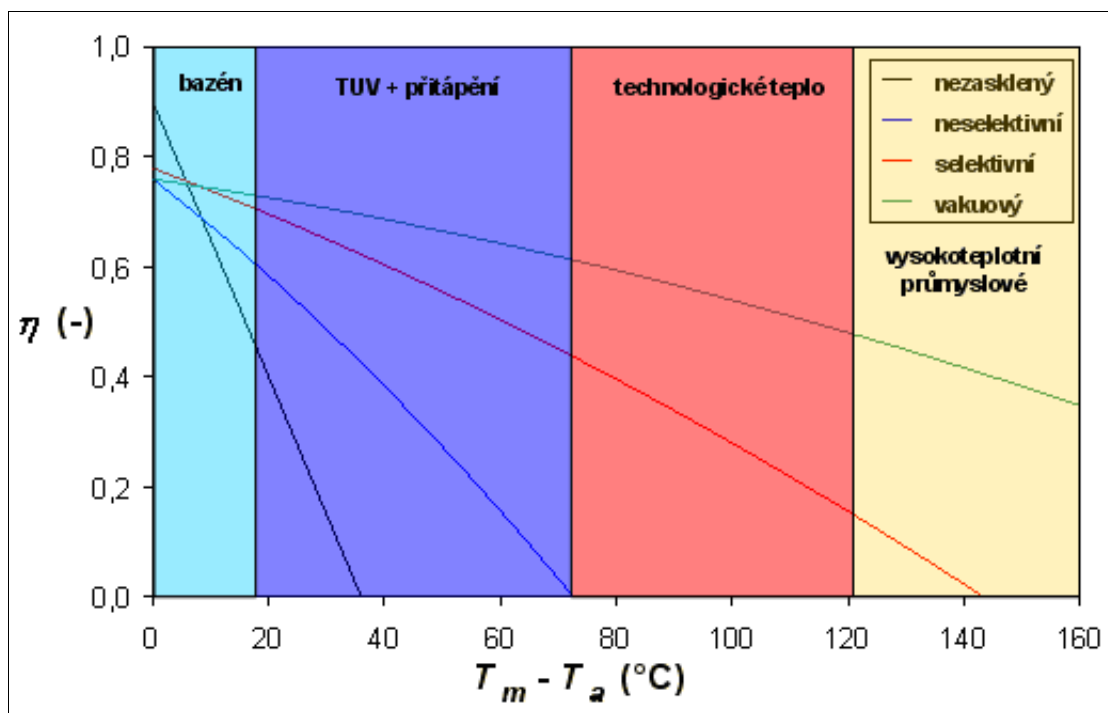
V rovnici regresní paraboly vyjadřuje konstanta η_o optickou účinnost solárního kolektoru, směrnice a_1 vyjadřuje tepelné ztráty solárního kolektoru (součinitel prostupu tepla) a křivost a_2 vyjadřuje zvýšení tepelných ztrát vlivem sálání. Toto vyjádření je vhodné především pro projektování. Při návrhu potřebné plochy kolektorového pole projektant odhadne podle typu aplikace kolektoru návrhovou střední teplotu teplonosné látky v kolektoru T_m (zpravidla průměrná teplota v solární soustavě), na jejímž základě stanoví účinnost kolektoru pro návrhové podmínky ze vztahu

Pro modelování a podrobné analýzy solárních soustav je vhodnější vyjádření účinnosti kolektoru v závislosti na teplotě teplotné látky na vstupu do kolektoru T_{in} , resp. na příslušném redukovaném teplotním rozdílu $(T_{in} - T_a)/G$. Vyjádření v závislosti na teplotě absorberu T_{abs} zpravidla nemá opodstatnění použití (teplota absorberu se určuje obtížně). Křivka účinnosti kolektoru vyjádřená v závislosti na T_{abs} , T_m a T_{in} pro standardní jmenovité podmínky (sluneční ozáření $G = 800 \text{ W/m}^2$, teplota okolí $T_a = 20 \text{ °C}$ a rychlost větru $w = 4 \text{ m/s}$) je znázorněna na obr. 5.



Obr. 5 - Křivky účinnosti solárního kolektoru

V grafu na obr. 6 jsou znázorněny křivky účinnosti různých typů solárních kolektorů. S nárůstem teploty hrají u kolektorů obecně dominantní roli tepelné ztráty z kolektoru do okolí, při vyšších teplotách rostou tepelné ztráty sáláním se 4. mocninou rozdílu teplot (zakřivení průběhu). Nezasklené kolektory se vyznačují vysokou optickou účinností, na druhé straně vysokými tepelnými ztrátami, výrazně ovlivněnými rychlostí proudění okolního vzduchu (větru). Naproti tomu u kvalitních kolektorů s nízkými tepelnými ztrátami (selektivní absorber, vakuový kolektor) klesá účinnost s rostoucím teplotním spádem pomalu. V grafu jsou vyznačeny typické rozsahy použití kolektorů v základních aplikacích.



Obr. 6 - Křivky účinnosti různých typů solárních kolektorů

Pro zjednodušený popis křivky účinnosti jsou důležité dva krajní body, průsečíky s osami x a y. Průsečík s osou x, kdy kolektor má účinnost a zisk rovné nule a energie pohlcená absorbérem se vyrovná tepelným ztrátám, se nazývá bod stagnace (chodu naprázdno). Nastává například při výpadku oběhového čerpadla nebo zastavení čerpadla regulátorem v okamžiku, kdy teplota v zásobníku tepla dosáhla maximální možné teploty. Z bodu stagnace definovaného jako

$$\eta(T_m = T_{\max}) = 0 \quad \rightarrow \quad \tau\alpha - U \frac{(T_{\max} - T_a)}{G} = 0 \quad (26)$$

Ize stanovit maximální teplotu v kolektoru při daných klimatických podmínkách ze vztahu (26)

$$T_{\max} = T_m(\eta = 0) = T_{abs}(\eta = 0) = T_a + \frac{\tau\alpha G}{U} \quad (27)$$

nebo přímo z hodnoty redukováného teplotního spádu v bodu průsečíku

$$T_{\max} = T_a + G \cdot \left[\frac{T_m - T_a}{G} \right]_{\eta=0} \quad (28)$$

Zatímco u neselektivních kolektorů se maximální teplota v kolektoru pohybuje okolo 100 °C, u selektivních kolektorů se dosahuje cca 140 °C až 200 °C podle tepelně technických vlastností kolektoru a venkovních klimatických podmínek.

Průsečík s osou y je hodnota již zmiňované maximální účinnosti, kdy střední teplota teplotnosné látky v kolektoru T_m je rovna teplotě okolí T_a , nedochází tedy k tepelným ztrátám z kolektoru do okolí. Dosáhnout maximální účinnosti znamená zajistit na vstupu do kolektoru v každém případě teplotu nižší, než je teplota okolního vzduchu. Kolektor v tomto případě získává teplo nejen ze slunečního záření, ale také z okolního vzduchu (výměník vzduch-voda).

ZÁVĚR

Účinnost solárních kolektorů je možné stanovit teoreticky a experimentálně. Teoretický popis vychází z podrobné bilance absorberu (vnitřní, vnější), kdy na základě podrobné znalosti fyzikálních vlastností všech částí kolektoru, provozních parametrů (průtok a teplota teplotonosné látky na vstupu do kolektoru) a klimatických parametrů (sluneční ozáření, teplota okolního vzduchu a rychlost proudění v okolí kolektoru) lze stanovit teplotu na výstupu z kolektoru, odebraný užitečný výkon a účinnost kolektoru.

U experimentálního stanovení účinnosti jsou fyzikální vlastnosti částí kolektoru neznámé a kolektor je uvažován jako "černá skříňka". Křivka účinnosti solárního kolektoru určená měřením za definovaných podmínek je významnou informací o **reálných** vlastnostech kolektoru jako celku. Oproti teoretickému modelu umožňuje experiment postihnout také kvalitu provedení kolektoru.

LITERATURA

- [1] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T. Malina 1994.
- [2] Duffie, J., Beckman, W.: Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. 1991. ISBN 0-471-51056-4.
- [3] Kreider, J., Kreith, F.: Solar Energy Handbook. McGraw-Hill, Inc. 1981. ISBN 0-07-035474-X.
- [4] ČSN EN ISO 9488 - Solární energie - Slovník. ČSNI 1998.
- [5] ČSN EN 12975-2 - Solární tepelné soustavy a součásti - Solární kolektory - Část 2: Zkušební metody. ČSNI 2003.
- [6] Matuška, T.: Aktivní solární tepelné systémy - část 1. Teoretické vztahy. Vytápění, větrání, instalace. 2003, roč. 12, č. 2, s. 64-67. ISSN 1210-1389.