

Marek Hvizdoš, Ján Tkáč

Experimentálne tepelné čerpadlo

Využívanie nízkopotenciálneho, prípadne odpadového tepla prostredníctvom tepelných čerpadiel je v súčasnosti mimoriadne aktuálne. Prieskum a analýza súčasného stavu vo využívaní týchto zariadení poukázala na potrebu aplikácie tejto technológie. Nízkopotenciálne zdroje tepla majú dostatočnú kvantitu a vyhovujú aj z kvalitatívneho hľadiska. V rámci práce bol navrhnutý a skonštruovaný funkčný model tepelného čerpadla určený pre demonštráciu činnosti, ako aj na realizáciu laboratórnych meraní. Jeho využitie je aktuálne aj v spolupráci so solárnymi zariadeniami. Tepelné čerpadlo je konštruované tak, aby umožňovalo jednoduchú orientáciu v zapojení a získanie praktických skúseností s jeho prevádzkou. Laboratórny model tepelného čerpadla dosiahol parametre porovnateľné so sériovo vyrábanými tepelnými čerpadlami.

Kľúčové slová: tepelné čerpadlo, nízkopotenciálne teplo, kompresor, systém vzduch - voda, laboratórny model

I. ÚVOD

Obnoviteľné zdroje energie (OZE) sa stále viac presadzujú pri zabezpečovaní energetických potrieb ľudstva. Medzi tieto zdroje boli nedávno zaradené aj tepelné čerpadlá (TČ), čo bolo dané hlavne vysokou kvantitou výskytu nízkopotenciálneho tepla. Hlavná argumentácia proti zaradeniu tepelných čerpadiel medzi OZE bola ich závislosť na dodávke elektriny. Zlom nastal prijatím stratégie vyššieho využívania OZE parlamentom EÚ v roku 2008. V tejto stratégii boli tepelné čerpadlá plnohodnotne zaradené medzi obnoviteľné zdroje energie. Hlavným argumentom na zaradenie TČ medzi OZE bola ich vysoká energetická účinnosť a ich príspevok k zníženiu emisií CO₂.

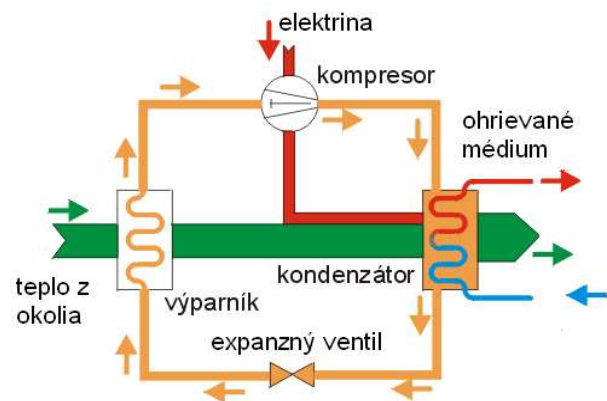
Princíp tepelných čerpadiel je známy už takmer jedno storočie. Pri svojej činnosti TČ využívajú nízkopotenciálne teplo z okolitého prostredia, ktoré sa neustále obnovuje a je konečnou premenou všetkých druhov energie. Medzi OZE však nie sú zaradené všetky tepelné čerpadlá, ale iba tie, kde produkcia tepla výrazne prevyší množstvo dodanej primárnej energie. Ich význam vyplýva zo skutočnosti, že všetka vyrobená energia, ako aj slnečná energia dopadajúca na povrch zeme, sa v konečnom dôsledku premieňajú na nízkopotenciálne teplo, ktoré je vážnym globálnym ekologickým problémom. Tepelné čerpadlá spotrebávajú toto nízkopotenciálne teplo a transformujú ho na vyšší potenciál, ktorý je opätovne použiteľný. Rozvoj priemyslu má na svedomí veľkú produkciu odpadového tepla, ktoré sa nevyužíva a je voľne vypúšťané do prostredia. Tepelné emisie v konečnom dôsledku prispievajú k zmenám klimatických podmienok.

Technický potenciál tohto obnoviteľného zdroja je obrovský, keďže tepelné čerpadlá dokážu nepotrebné teplo efektívne využiť. Ak ho nevyužijeme, teplo sa musí vyrobiť z iného zdroja, pričom znova vyprodukuje aj odpadové nízkopotenciálne teplo [1].

Doposiaľ sa ľudstvo správalo k energii ako k jednorázovo použiteľnej. Na zabezpečenie svojich energetických potrieb neustále spaľujeme obrovské množstva palív, ktorých energiu využívame len čiastočne a zvyšok je odpadové teplo. Veľké množstvo teplej úžitkovej vody (TÚV) a ohriateho vzduchu sa po použití vypúšťa ako odpad, pričom ich obsah energie je po použití prakticky nezmenený. Neuvedomujeme si platnosť základného fyzikálneho zákona o zachovaní energie. Tepelné čerpadlá sú jedným zo zariadení, ktoré umožňujú racionálnejšie využívanie tepla [2].

II. PRINCÍP ČINNOSTI

Podstata činnosti tepelného čerpadla spočíva v odobratí tepla z väčšieho množstva látky s nízkou teplotou, transformácii na vyšší – využiteľný potenciál a následnom odovzdaní tepla menšiemu množstvu látky. Množstvo energie na vstupe a výstupe zostáva približne zachované. Na činnosť TČ je potrebné dodať energiu z vonkajšieho zdroja, ktorá sa však vráti na výstupe tepelného čerpadla. Na realizáciu tohto procesu sa využívajú princípy známe z oblasti chladiacej techniky na princípe termodynamického chladiaceho okruhu, v ktorom prebieha vyparovanie, kompresia, kondenzácia a expanzia [3]. Tento okruh je zložený zo štyroch základných častí: výparník, kondenzátor, kompresor a expanzný ventil, ako je to znázornené na Obr. 1.



Obr. 1. Princíp činnosti tepelného čerpadla.

Chladiivo je vo výparníku pri nízkej teplote a tlaku vyparované, pričom mení svoje skupenstvo z kvapalného na plyné. Pri procese vyparovania získava energiu z primárneho okruhu, ktorý je zdrojom nízkopotenciálneho tepla. Takto ohriate chladiivo, ktoré odobralo vo výparníku teplo z primárneho zdroja je v plynnom stave nasávané kompresorom. V procese stláčania v kompresore sa chladiivo silne ohrieva, k čomu ešte prispievajú aj straty z elektromotora poháňajúceho hermetický alebo polohermetický kompresor, ako aj teplo vznikajúce trením. Takto ohriate chladiivo má vyššiu teplotu ako

je teplota ohrievaného média v sekundárnom okruhu. V kondenzátore odovzdá časť svojej teploty médiu v sekundárnom okruhu (napr. vode v zásobníku, alebo je odvádzane do priestoru, ktorý má byť vyhrievaný). Pri procese kondenzácie mení chladivo svoje skupenstvo z plynného na kvapalné a vstupuje do expanzného ventilu, ktorý chladivo opätovne nastrekuje do výparníka.

Energetická efektívnosť tepelného čerpadla je určená pomerom užitočne získaného energetického toku k množstvu dodanej energie na jeho výrobu [1]. Parameter vyjadrujúci tento pomer sa nazýva výkonové číslo a označuje sa *COP*. Dá sa vyjadriť z pomeru výkonu a príkonu, resp. množstva tepla dodaného tepelným čerpadlom na výstupe Q_{out} (kWh) k spotrebe elektrickej energie potrebnej na jeho činnosť Q_{el} (kWh):

$$COP = Q_{out} / Q_{el} \quad (1)$$

Najčastejšie využívaným zdrojom energie pre tepelné čerpadlo je vzduch z okolitého prostredia alebo ohriaty vzduch z ventilačných a chladiacich zariadení. Vzduch, ako zdroj tepla pre tepelné čerpadlo, vyhovuje aj z ekologického hľadiska [3]. Nenarušuje tepelnú rovnováhu v okolí a teplo, ktoré z neho odoberie, sa do prostredia vracia napríklad aj prostredníctvom tepelných strát objektu.

Teplota okolia sa neustále mení, čo má rozhodujúci vplyv na výkonové číslo TČ. Hlavnou nevýhodou tohto systému je, že najlepšie podmienky sú v letnom období, kedy je spotreba tepla najnižšia. Takmer vo všetkých propagačných materiáloch výrobcovia udávajú činnosť do extrémne nízkych teplôt (niektorí až do $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pri týchto teplotách je však vyprodukované teplo podstatne nižšie. Pri takých podmienkach hrozí namrzanie výparníka, čo zvyšuje spotrebu elektriny na prevádzku a znižuje výkon. V takomto prípade sa pri vyhodnotení ekonomickej efektívnosti využívania tepelného čerpadla môžu dosiahnuť aj negatívne výsledky.

Každý typ tepelného čerpadla je konštruovaný pre stanovený teplotný rozsah, v ktorom dosahuje aj najlepšie technické parametre. Keďže teplota okolitého vzduchu sa počas roka mení, prejaví sa to aj na efektívnosti prevádzky TČ. Preto je potrebné predovšetkým vybrať taký OZE, ktorý bude v daných podmienkach optimálny. Pri nízkych teplotách okolia je vhodné použitie bivalentného ohrevu s využitím doplnkového zdroja, alebo dostatočne veľkého akumulátora. Ako doplnkový zdroj sa používa najčastejšie elektrina a zemný plyn., ktorý umožní preklenúť kritické obdobie. Teplotné pomery sa však v poslednom období vyvíjajú v prospech TČ, nakoľko priemerné teploty pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sú len niekoľko dní v roku.

III. KONŠTRUKCIA A MERANIE NA MODELI TEPELNÉHO ČERPADLA

Pri návrhu a konštrukcii modelu tepelného čerpadla sa vychádzalo zo štúdia literatúry ako aj z rozboru konštrukcie tepelných čerpadel používaných v súčasnosti. Pri ideovom návrhu pre konštrukciu laboratórneho modelu boli porovnávané jednotlivé konštrukčné riešenia a ich časti s cieľom dosiahnuť optimálne vlastnosti výslednej konštrukcie pri reálnych výrobných možnostiach. Obmedzujúce podmienky boli stanovené pred návrhom a konštrukciou modelu vo forme požiadaviek na vlastnosti modelu. Pre konštrukciu laboratórneho modelu a realizáciu laboratórných meraní sa ukázalo TČ so systémom vzduch - voda ako najvhodnejšie.

Z hľadiska mechanickej konštrukcie pozostáva model TČ z dvoch navzájom spojených častí, a to nosnej základne a centrálnej jednotky, ako je to znázornené na Obr. 2.



Obr. 2. Skonštruované tepelné čerpadlo.

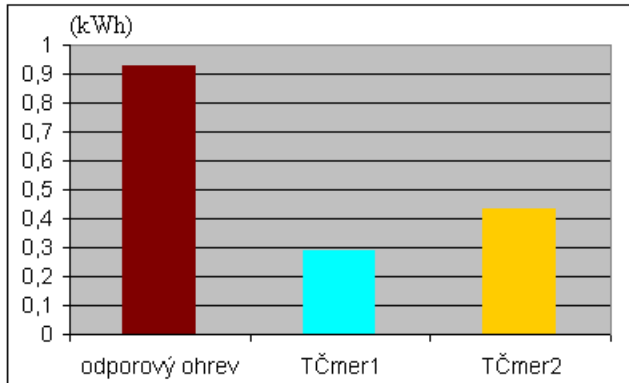
Centrálna jednotka v hornej časti obsahuje výparník, kompresor s výkonom 1000 W, radiálny ventilátor, rozvody chladiva, zachytávač tekutého chladiva na vstupe do kompresora, manometre, vysokotlakú a nízkotlakú ochranu kompresora (presostat), ovládací panel a napájací prívod. Pri konštrukcii centrálnej jednotky boli použité aj niektoré komponenty z vyradených chladiacich a klimatizačných zariadení [4]. V spodnej časti centrálnej jednotky je umiestnený vinutý Cu-kondenzátor, ktorý je ponorený do ohrievaného média umiestneného v nosnej základni. Nosná základňa má pôdorysné rozmery 380 x 380 mm a výšku 900 mm.

Model je konštruovaný tak, aby pri každom meraní boli v spolupráci s PC uskutočnené nasledovné merania:

1. meranie teploty chladiva na výstupe z kondenzátora,
2. meranie vstupnej teploty chladiva do kondenzátora,
3. meranie výstupnej teploty chladiva z kompresora,
4. meranie vstupnej teploty chladiva do kompresora,
5. meranie vstupnej teploty v primárnom okruhu,
6. meranie výstupnej teploty v primárnom okruhu,
7. meranie teploty vody v sekundárnom okruhu,
8. meranie teploty okolia,
9. meranie spotreby elektriny.

Overovacie merania na TČ boli uskutočnené pri ohreve 35 l vody s počiatočnou teplotou $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri teplote okolitého prostredia $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (meranie č. 1) a $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (meranie č. 2). Výsledky sú porovnané s odporovým ohrevom rovnakého množstva kvapaliny (Obr. 3).

Z množstva meraní a nameraných výsledkov vyplýva, že vyrobené tepelné čerpadlo je pri ohreve médií niekoľkonásobne efektívnejšie oproti odporovému spôsobu ohrevu, pričom sa potvrdilo, že teplota zdroja tepla má výrazný vplyv na spotrebu energie pri ohreve. Výkonové číslo *COP* dosiahlo v závislosti od rozdielu teplôt hodnotu 2,9 až 6.



Obr. 3. Porovnanie spotreby elektriny na ohrev kvapaliny.

IV. ZÁVER

Význam tepelných čerpadiel podčiarkuje skutočnosť, že boli zaradené medzi obnoviteľné zdroje energie pri splnení podmienok stanovených v stratégii vyššieho využívania OZE schválenej Európskym parlamentom [5]. Na význame im pridáva aj udelenie environmentálnej značky spoločnosti pre tepelné čerpadlá podľa predpisov stanovených v Úradnom vestníku Európskej únie číslo L 301/14 [6]. V SR bol pre využívanie tepelných čerpadiel stanovený Ministerstvom hospodárstva cieľ získať použitím TČ do roku 2015 800 TJ tepla [7].

V prognózach sa počíta s nasadzovaním tepelných čerpadiel, aby sa zabránilo vysokým stratám vo forme nízkopotenciálneho (odpadového) tepla. Tepelné čerpadlo umožňuje znížiť tento negatívny vplyv a poskytnúť teplo na vyššom potenciáli [1]. Veľmi výhodná je aj spolupráca TČ so solárnymi a geotermálnymi zariadeniami, ktoré s ich pomocou dosahujú vyššiu účinnosť [8], [9].

Prieskum literatúry poukázal aj na potrebu prípravy odborníkov ovládajúcich konštrukciu a možnosti využitia týchto zariadení [6]. Experimentálne merania potvrdili funkčnosť skonštruovaného modelu TČ. Cieľom tejto práce nebolo skonštruovať tepelné čerpadlo s najlepšimi dosiahnuteľnými technickými parametrami, ale vyrobiť model vhodný pre mnohokrát opakované laboratórne merania s reálnymi tendenciami nameraných výsledkov, na ktorom by bolo možné získať praktické skúsenosti s ich činnosťou. Z tohto pohľadu sú dosiahnuté technické parametre a výkonové číslo porovnateľné aj so sériovo vyrábanými tepelnými čerpadlami. Z nameraných výsledkov

je možné konštatovať, že využívanie tepelných čerpadiel môže priniesť významné úspory primárnych zdrojov, a preto by bolo vhodné realizovať podporné programy, ktoré by zatriktívili ich používanie. Aj keď na našom trhu je dostatočný sortiment TČ, ich výraznejšiemu používaniu bránia zatiaľ pomerne vysoké investičné náklady.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] R. Karlík, *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, GRADA publishing, Praha, 2009, ISBN 978-80-247-2720-2.
- [2] M. Cenek et al., *Obnovitelné zdroje energie*, FCC PUBLIC, Praha, 2001, ISBN 80-901985-8-9.
- [3] A. Žeravík, *Stavíme tepelné čerpadlo*, 2003, ISBN 80-239-0275-X.
- [4] <http://www.danfoss.com/>
- [5] <http://eurlex.europa.eu/>
- [6] <http://www.szchkt.org/>
- [7] <http://www.economy.gov.sk/strategia-vyssiaho-vyuzitia-oze.../128005>
- [8] N. Jasminská et al., "Nízkoteplotné vykurovanie v kombinácii so solárnymi zariadeniami," *Vedecký seminár doktorandov 2009*, Herľany, TU Košice, 2009, p. 1-5, ISBN 978-80-553-0310-9.
- [9] P. Horbaj et al., "Využívanie geotermálnej energie v Nemecku vs. Slovensko," *PRO-ENERGY magazín*, vol. 3, No 3, 2009, p. 50-56, ISSN 1802-4599.

ADRESY AUTOROV

Marek Hvizdoš, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská republika, Marek.Hvizdos@tuke.sk
 Ján Tkáč, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská republika, Jan.Tkac@tuke.sk