

Měření topného faktoru tepelného čerpadla

Teorie

Tepelné čerpadlo je chladicí zařízení, jež využívá nízkopotenciální energii z našeho okolí (země, voda, vzduch) a přečerpává ji na vyšší teplotní hladinu. Uvolněné teplo využívá k ohřevu tepelné vody, například k vytápění našeho obydlí. Tepelné čerpadlo tedy energii nevyrábí ani ji nezískává spalováním nějaké látky. Cílem tohoto měření je vypočítat topný faktor pro školní tepelné čerpadlo 389 521, který je popsán níže.

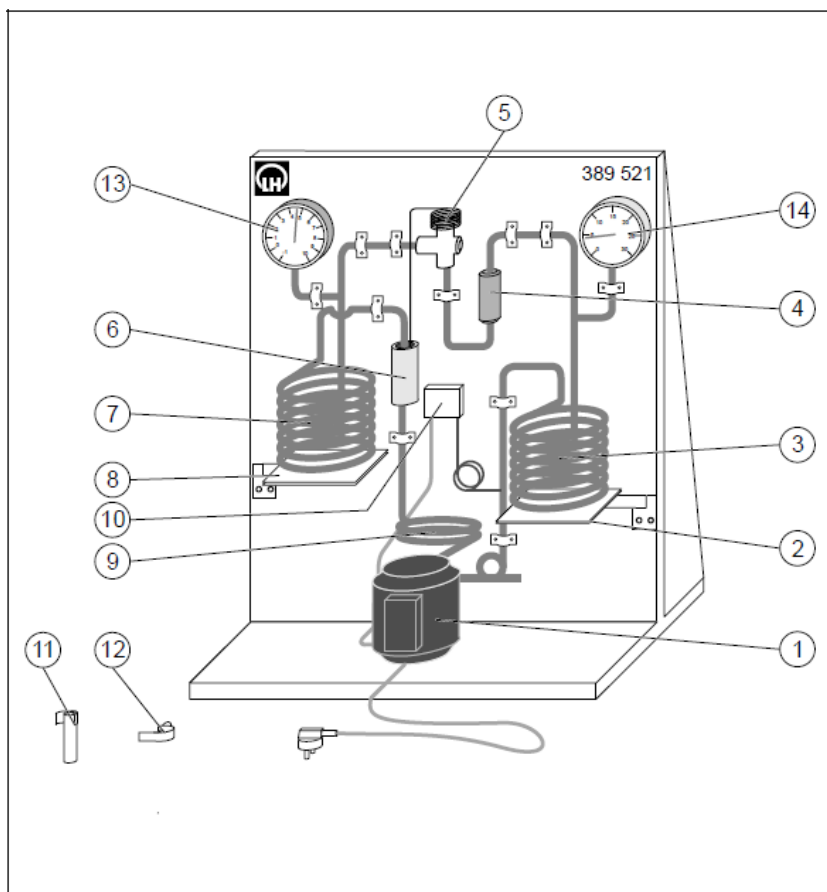
Tepelné čerpadlo 389 521

Rozměry: 70 cm x 50 cm x 82 cm

Váha: 30 kg

Chladivo: R134a

Části aparátu



Obr. 1 Schéma TČ 389 521

- 1) Kompresor
- 2) Sklápěcí držák na červenou nádobu s vodou
- 3) Kondenzátor, vnitřní průměr přibližně 13 cm
- 4) Sběrač, filtr
- 5) Termostatický expanzivní ventil
- 6) Tykavka, teplotní čidlo
- 7) Výparník, vnitřní průměr přibližně 13 cm
- 8) Sklápěcí držák na modrou nádobu s vodou
- 9) Spirálově stočené trubky jako pružné spojení mezi kompresorem a tepelným výměníkem
- 10) Spínač tlaku
- 11) Plastový držák (2x) na teplotní čidla k upevnění na měděné trubky
- 12) Držák (2x) na upevnění teplotních senzorů k měděným trubkám
- 13) Nízkotlakový manometr, vnitřní měřítko k měření tlaků v rozsahu od $-1 \dots +10 \text{ bar}$, vnější měřítko k příslušnému teplotnímu bodu kondenzace chladiva R134a od -60 °C do $+40 \text{ °C}$
- 14) Vysokotlakový manometr, vnitřní měřítko k měření tlaku od $-1 \dots +30 \text{ bar}$, vnější měřítko k odpovídajícímu bodu kondenzace chladiva R134a od -60 °C do $+85 \text{ °C}$

Funkce

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z jedné nádrže s teplotou T_1 a odevzdává ho do druhé nádrže s teplotou T_2 .

Jako výsledek se zvyšuje teplotní rozdíl ($T_2 - T_1$) mezi nádržemi. Teplo se transportuje chladivem R134a, které přijímá teplo vypařováním a odevzdává kondenzováním.

Nádržemi jsou dva kbelíky naplněné vodou, v nichž jsou ponořené výměníky tepla.

Plynné chladivo se stlačuje v kompresoru, kde se výrazně zvyšuje jeho teplota, a tím má plyn vyšší teplotu než topné médium.

V kondenzátoru se plyn zkapalňuje snižováním jeho teploty při odevzdávání tepla vodě v druhé nádrži.

Zkapalnělé chladivo stále obsahuje bublinky plynu, a proto je filtrováno ve sběrači. Ten zároveň funguje jako čistič. Zaručuje, že se k termostatickému expanzivnímu ventilu dostane vždy chladivo bez bublinek.

Termostatický expanzivní ventil reguluje množství chladiva. To se tam rozpíná a vypařuje. Během procesu se rapidně snižuje jeho teplota, proto odebírá teplo z modré nádrže se studenou vodou, jelikož ta má vyšší teplotu než chladivo. Tím se stává znovu plynem a přichází do kompresoru. Celý proces se opakuje stále dokola. Expanzivní ventil chrání kompresor před tzv. kapalným šokem, nasáváním kapalného chladiva, které by jinak mohlo poškodit kompresor. Množství chladiva ustupující do výparníku je regulováno pomocí teplotního čidla.

Rozdíl mezi teplotami v trubkách vstupujících a vystupujících z výparníku slouží jako kontrolní proměnná. V případě, že by rozdíl teplot neodpovídal určené nastavené hodnotě, termostatický ventil by snížil množství přicházejícího chladiva.

Spínač tlaku zastavuje kompresor, když tlak na straně, kde dochází ke zkapalnění, klesne pod *16 barů* (ukazatel na levém měřítku). To může nastat tehdy, když se kondenzátor přehřívá ($T_2 > 60^\circ\text{C}$), například není-li nádrž na ohřev naplněna vodou. Kompresor se nezapne zpět, dokud tlak neklesne pod nastavenou hodnotu na pravém měřítku (*9 bar*).

Spirálově stočené trubky vstupující a vystupující z kompresoru zabraňují šíření jeho vibrací do celého aparátu.

Pracovní úkol

1. Určit průměrný měrný tepelný faktor tepelného čerpadla 389 521, každých třicet sekund zaznamenat hodnoty teplot v obou nádržích s vodou a hodnotu výkonu kompresoru.
2. Spočítat topný faktor a vytvořit tabulku se všemi získanými hodnotami. Sestavit dva grafy. První zaznamenávající změny teplot vod v obou nádržích na čase a druhý ukazující změny topného faktoru tepelného čerpadla v průběhu času.

Seznam pomůcek:

Tepelné čerpadlo 389 521, Joule a Watt metr, Digitální měřák teploty, Stopky, Vodiče

Postup měření

1. Zapojte tepelné čerpadlo dle obrázku 2.
2. Do nádrží nalijte vodu a umístěte je na sklopené držáky tak, že výparník a kondenzátor je ponořený ve vodě. Dolijte vodu na objem *4 litrů* podle rysek uvnitř nádrží.
3. Na měděné trubky upevněte teplotní čidla tím způsobem, že každé bude ponořeno do jiné nádrže s vodou a připojte je do měřáku teploty.
4. Kompresor zapojte do Watt metru. Nastavte na něm po zapnutí tlačítkem U, I, P vhodnou veličinu, dále tlačítkem RANGE zvolte vhodný rozsah. Tlačítkem OUTPUT zapněte kompresor a nechte zařízení deset minut samovolně pracovat.
5. Následně kompresor stopněte, vyměňte vody v nádržích, zapněte měřák teploty.
6. Každých třicet sekund zaznamenávejte hodnoty T_1 a T_2 vody v nádržích i výkon kompresoru uváděného na Watt metru do tabulky.



Obr. 2 Zapojené tepelné čerpadlo 389 521

7. Vypočítejte topný faktor tepelného čerpadla 389 521 podle vztahu (4).

Topný faktor ε tepelného čerpadla je definovaný vztahem:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q_2}{\Delta W'}$$

kde

$$\Delta Q_2 = \Delta Q_1 + \Delta W - \Delta Q_v \quad (1)$$

ΔQ_2 teplo odevzdané vodě s teplotou T_2 v červené nádobě [C]

ΔW dodaná elektrická energie pro pohon kompresoru

ΔQ_1teplo přijaté od vody s teplotou T_1 v modré nádobě [C]

ΔQ_vteplo, které se ztrácí kompresorem a trubkami TČ

$$\Delta Q_2 = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

mhmotnost (vody s objemem 4 l), 4 kg

cměrná tepelná kapacita, pro vodu $c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$\Delta W = P \cdot t \text{ [J]} \quad (3)$$

tčas [s]

$$\varepsilon = \frac{\Delta T}{P \cdot t} \cdot c \cdot m \quad (4)$$

8. Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data, výpočty topného faktoru, graf závislosti obou teplot v nádržích na čase a graf topného faktoru na rozdílu teplot v nádržích. Do závěru napište, k čemu jste dospěli a diskutujte možné chyby měření.

t/s	$T_2/^\circ\text{C}$	$T_1/^\circ\text{C}$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	P/W	ε
0					
30					
60					
90					
120					
150					
180					
210					
240					
270					
300					
330					
360					
390					
420					

450					
480					
510					
540					
570					
600					
630					
660					
t/s					
690					
720					
750					
780					
810					
840					
870					
900					
930					
960					
990					
1020					
1050					
1080					
1110					
1140					
1170					

Tab. 1 Závislost teploty T_1 a T_2 na čase a měrný topný faktor ε v závislosti na

$\Delta T = (T_1 - T_2)$ s měnícím se výkonem P a konstantní hmotností vody 4kg