

Influence of ribbing of condenser part of loop thermosyphon on cooling effect

P. Hrabovský¹, P. Nemeč¹, M. Malcho¹

¹ Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta, ŽU v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovensko

E-mail : peter.hrabovsky@fstroj.uniza.sk, patrik.nemec@fstroj.uniza.sk, milan.malcho@fstroj.uniza.sk

Anotace:

This work examines influence of construction, position of convector as condenser part of loop thermosyphon on cooling effect. Convector was measured in horizontal and vertical position at flowing working fluid in 1-tube condenser circuits. In terms of construction of convector ribs spacing was differentiated. Two type of ribbing was available with rib spacing 3 and 5 mm. The heat was removable from electric equipment, which was connected to DC power source. This electric equipment was attached to vaporizer and it was given off the generated heat, which it was given off by the help of condenser part of loop thermosyphon in surrounding environment.

Tato práce zkoumá vliv konstrukce a polohy konvektoru jako kondenzační části thermosyphon na chladicí účinek. Konvektor byl měřen v horizontální a vertikální poloze při jednotrubkovém proudění. Konstrukce konvektoru z hlediska rozteče žebor byla rozličná. Byly použity dva typy konvektorů s roztečí žebor 3 mm a 5 mm. Thermosyphon byl použit pro odvádění tepla, které bylo generováno pomocí elektrické součástky napojené na stejnosměrný proud. Tato elektrická součástka byla namontována na výparník, který odebíral generované teplo, které pomocí kondenzátoru odváděl do okolního prostředí.

ÚVOD

Časopis Tepelná trubica je technológia slúžiaca na prenos tepla (tepelného výkonu) pri zachovaní malého rozdielu teplôt. Prenos tepla je zabezpečený odparovaním a následnou kondenzáciou. Touto technológiou je možné preniesť veľký objem tepla pri malých rozmeroch zariadenia. Zariadenie nemá pohyblivé diely, je bez údržbové, s veľmi dlhou životnosťou [1].

Konvektor je výmenník tepla, ktorý prenáša teplo z jednej látky do druhej. V tomto prípade išlo o prenos tepla z pracovnej látky zariadenia, kde konvektor slúžil ako kondenzačná časť, do okolitého vzduchu vplyvom prirodzeného prúdenia vzduchu a zmeny skupenstva kondenzáciou pracovnej látky v konvektore [2].

Použitie zariadenie pre prenos tepla pri chladení elektrickej súčiastky sa definuje ako tepelná trubica s uzavretou slučkou. Skladá sa z výparníka a kondenzátora, ktoré sú spojené prenosovým potrubím [3]. Pracovná látka sa vyparuje vo výparníku vplyvom pôsobenia teploty elektrickej súčiastky, ktorá je primontovaná k výparníku. Plyná fáza pracovnej látky prúdi pomocou potrubia do kondenzátora (konvektora), kde skondenzuje, čím odovzdá teplo okolitému vzduchu prostredníctvom materiálu, z ktorého je konvektor vyrobený. Skondenzovaná pracovná látka tvorí kvapalnú fázu, ktorá preteká z kondenzátora do výparníka prostredníctvom potrubia [4].

TYPY KONVEKTOROV JAKO KONDENZAČNEJ ČASTI

Kondenzačná časť tepelnej trubice s uzavretou slučkou je tvorená konvektorom, ktorý slúži ako výmenník tepla medzi pracovnou látkou a okolitým vzduchom. Skladá sa z dvojice nalisované oceľové rebrá. V tomto experimente boli použité nasledovné konvektory:

Konvektor s dĺžkou 740 mm, šírkou 14 mm, výškou 30 mm a s rozstupom rebier 5 mm Obr. 1.

Konvektor s dĺžkou 740 mm, šírkou 14 mm, výškou 30 mm a s rozstupom rebier 3 mm Obr. 1.



Obr. 1: Rozstupy rebier konvektorov

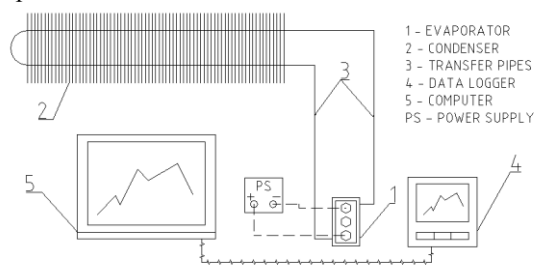
Pre experiment bola použitá pracovná látka florinert FC-72. Jej výber bol na základe vysokých dielektrických vlastností (Tab. 1), čo zaručuje predchádzanie skratom a poškodeniam elektrických častí zariadenia [5].

Tab. 1: Vlastnosti pracovnej látky Fluorinert FC-12

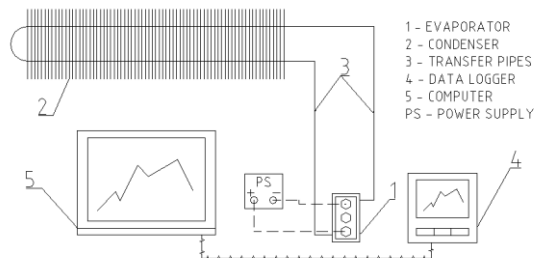
Vlastnosti	Popis vlastnosti
Špecifická fyzická forma	Kvapalina
Odorizácia, farba	Bez zápachu, bezfarebná
Hlavná fyzická forma	Kvapalina
Limit horľavosti LEL	nehorľavé
Limit horľavosti UEL	nehorľavé
Bod varu	50 – 60 °C
Vlastnosti	Popis vlastnosti
Hustota	1,7 g/ml
Hustota pár	11,7
Tlak pár	232 mmHg
Špecifická gravitácia	1,7
Rozpustnosť vo vode	Nerozpustné
Rýchlosť vyparovania	>1
Prchavosť %	100 %
Viskozita	0,42 centistoke

Experiment prebiehal pri ustálenom stave nasýtenia vnútorného prostredia tepelnej trubice s uzavretou slučkou. Údaje boli snímané pomocou meracej ústredne a zapisované monitorovacím softvérom v počítači.

Na

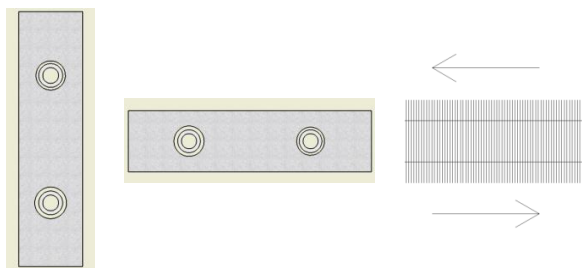


Obr. 2 je schéma zapojenia zariadenia.



Obr. 2: Schéma zapojenia zariadenia

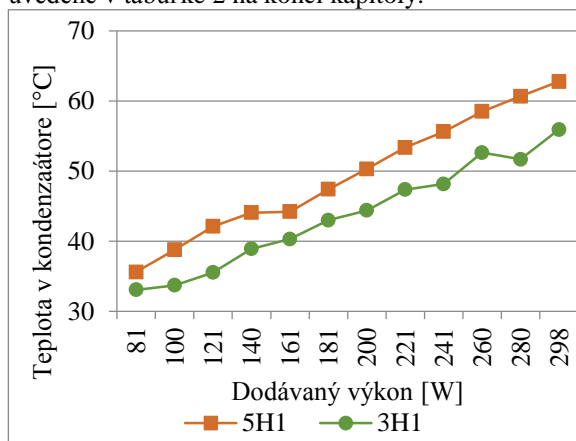
Konvektor bol v experimente porovnávaný polohou a charakterom prúdenia pracovnej látky. Z hľadiska polohy sa rozlišovala vertikálna a horizontálna poloha. V prípade charakteru prúdenia je to 1-rúrkové. Na obr. 3 sú zobrazené polohy kondenzátora a charakter prúdenia pracovnej látky cez potrubia.



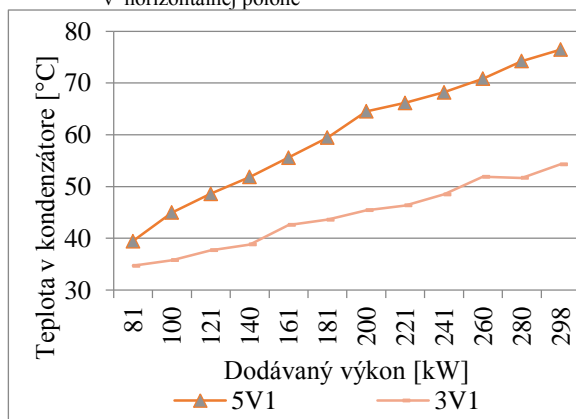
Obr. 3: Poloha kondenzátora a smer prúdenia pracovnej látky

POROVNANIE KONVEKTOROV

Na dole uvedených obrázkoch Obr. 4 a Obr. 5 môžeme vidieť grafy v závislosti teploty kondenzátora (°C) na dodávanom výkon (kW). Porovnaním výsledkov z grafov jasne vyplýva, že kondenzátor s rozstupom rebier 3 mm dosahuje lepší chladiaci účinok. Vysvetlivky legendy v grafoch sú uvedené v tabuľke 2 na konci kapitoly.

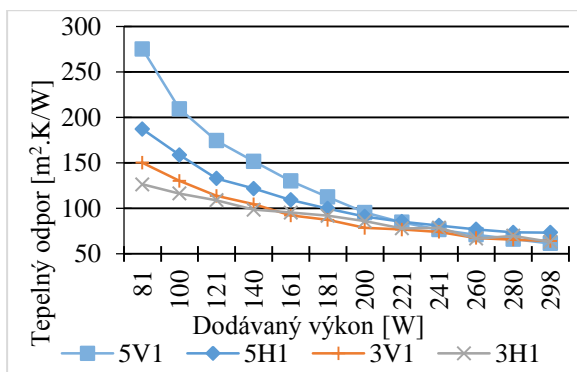


Obr. 4: Výsledky kondenzátora pri jednorúrkovom prúdení v horizontálnej polohe

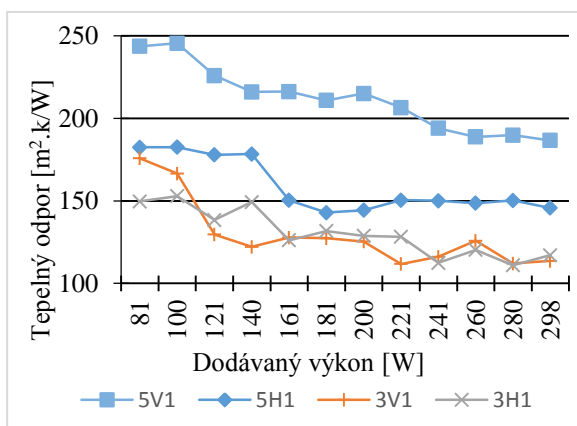


Obr. 5: Výsledky kondenzátora pri jednorúrkovom prúdení vo vertikálnej polohe

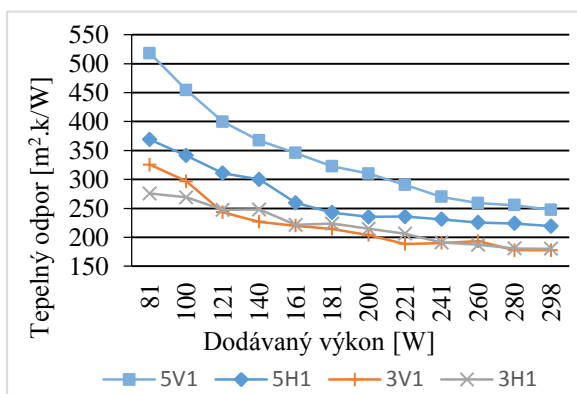
Na obrázkoch Obr. 6, Obr. 7 a Obr. 8 sú zobrazené tepelné odpory jednotlivých častí tepelnej trubice ako napríklad: tepelný odpor výparníka, kondenzátora a celkový tepelný odpor tepelnej trubice thermosyphon. Tepelný odpor nám vyjadruje mieru prestupu tepla cez materiál pri určitej teplote. Z obrázkov môžeme vidieť, že so zvyšujúcim sa tepelným výkonom tepelný odpor klesá, čo znamená lepší prestup respektíve odvod tepla z elektrickej súčiastky do pracovnej látky a následne lepší odvod tepla do okolia prostredníctvom kondenzátora.



Obr. 6: Tepelné odpory výparníka



Obr. 7: Tepelné odpory kondenzátora



Obr. 8: Celkový tepelný odpor tepelnej trubice thermosyphon

Tab. 2: Vysvetlivky legendy v grafoch

Značka	Poloha	Prúdenie	Rozstup rebier
5H1	horizontálna	1-rúrkové	5 mm
5V1	vertikálna	1-rúrkové	5 mm
3H1	horizontálna	1-rúrkové	3 mm
3V1	vertikálna	1-rúrkové	3 mm

ZÁVER

Z porovnania jednotlivých konvektorov, ich polohy a charakteru prúdenia vyplýva najlepšia voľba konvektora s rozstupom rebier 3 mm. Jedným z dôvodov efektívneho prenosu tepla z pracovnej

látky do okolitého vzduchu je väčšia odovzdávacia plocha konvektora s rozstupom rebier 3 mm oproti konvektoru s rozstupom rebier 5 mm. Tento konvektor s rozstupom rebier 3 mm dosiahol najlepšie výsledky vo vertikálnej polohe s 1-rúrkovým charakterom prúdenia. Z hľadiska tepelných odporov najlepšie výsledky dosiahol konvektor s rozstupom rebier 3 mm a to ako v horizontálnej tak aj vo vertikálnej polohe.

POĎAKOVANIE

Tento článok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu APVV 0577-10.

LITERATURA

- [1] K. KADUCHOVÁ, R.LENHARD, Š. PAPUČÍK, J. JANDAČKA, Ohrev vody v zásobníku teplej vody pomocou tepelnej trubice, 32. stretnutie katedier mechaniky tekutín a termomechaniky, (Vysoké Tatry – Tatranská Lomnica), pp. 103-106, Žilinská univerzita, 2014.
- [2] Š. PAPUČÍK ET AL., Optimizing the amount of working fluid heat pipe to transfer heat from the flue gas into the heat transfer medium, International congress on engineering and technology, (Dubrovnik, Croatia), pp. 285-290, 2013.
- [3] K. H. CHEUNG ET AL., Thermal performance and operational characteristics of loop heat pipe (NRL LHP), No. 981813. , SAE Technical Paper, 1998.
- [4] T. KAYA ET AL., Investigation of the Temperature Hysteresis Phenomenon of a Loop Heat Pipe, Proceedings of the 33rd national heat transfer conference NHTC'99, (Albuquerque), 1999.
- [5] J.KU ET AL., Temperature oscillations in loop heat pipe operation. , Space Technology and Applications International Forum-2001, Vol. 552. , AIP Publishing, 2001.