

## Odvádžanie tepla z IGBT prvku slučkovým termosyfónom

P. Nemeč<sup>1</sup>, M. Malcho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra energetickej techniky, Fakulta strojnícka, ŽU v Žiline,  
Univerzitná 8215/1, Žilina, Slovensko

E-mail : patrik.nemec@fstroj.uniza.sk, milan.mlacho@fstroj.uniza.sk

### Anotace:

The paper deals with the cooling of power electronic component by means of this device. The main object of the paper is design and construction of the device to provide heat removal from the electronic component. Paper describes function principle of loop thermosyphon, testing of the function and measurement of cooling efficiency in dependence on input electric power of the electronic component. The findings from measurement of loop thermosyphon cooling efficiency are compared with natural convective alumina cooler on the end of paper. Príspevek sa zaoberá chlazením výkonových elektronických súčastiek smyčkovým termosyfónom. Hlavným cieľom tejto práce je návrh a konstrukcia zariadenia pro zajištění odvodu tepla z elektronických súčastiek. Článek popisuje princip funkce smyčkového termosyfónu, testování funkce a měření účinnosti chlazení v závislosti na vstupní elektrické energii elektronického prvku. V závěru jsou uvedené výsledky z měření účinnosti chlazení IGBT prvku smyčkovým termosyfónom ve srovnání s konvekčním chladičem a vizualizace odvodu tepla z IGBT prvku smyčkovým termosyfónom do okolí přirozenou konvekci.

### ÚVOD

Vzhľadom na zväčšujúci pokrok v elektronickom priemysle sa odvod tepla produkovaného elektronickými prvkami stáva dôležitým a závažným problémom pri ich kontrole teploty. Miniaturizácia zariadení a zvyšovanie ich výkonov vedie priamoúmerne aj k zvyšovaniu produkcie tepelného toku. Stále najčastejšie používaným spôsobom odvodu tepla z elektronických prvkov je prirodzené chladenie rebrovanými chladičmi ale pre odvod tepla väčších tepelných tokov už môže byť takéto chladenie nedostačujúce a preto sa pre zlepšenie odvádzania tepla na konštrukcie chladičov montujú ventilátory. Takýto spôsob chladenia elektronických prvkov síce zvýši odvod tepla ale už je potrebné dbať na údržbu týchto zariadení. Jednou z možností zachovania prirodzeného chladenia elektronických prvkov produkujúcich vysoké tepelné toky je na odvod tepla do okolia použitie tepelnej trubice s uzavretou slučkou.

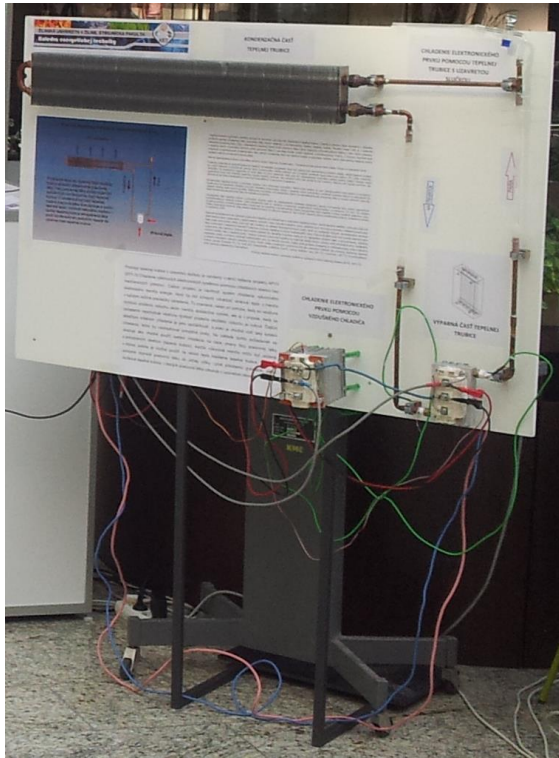
Tepelná trubica s uzavretou slučkou je zariadenie, ktoré prenáša teplo zo zdroja tepla do samostatného chladiča umiestneného v dostatočne veľkej vzdialenosti mimo zdroja tepla, a to bez použitia akýchkoľvek riadiacich prvkov alebo mechanicky pohyblivých častí, ako napr. ventilátorov alebo čerpadiel. Tieto zariadenia sú teda vhodné najmä pre chladenie elektronických súčiastok. Tepelnú trubicu s uzavretou slučkou si možno predstaviť ako zariadenie z dvoch výmenníkov tepla, ktoré sú spojené dlhým rúrkovým potrubím poohýbaným do tvaru uzavretej slučky v ktorom prúdi pracovná látka vo zvisle orientovanej rovine medzi výparnou časťou a kondenzačnou časťou tepelnej trubice. Prenos tepla

v uzavretej slučke vzniká vtedy ak je pracovnej látke na jednej strane slučky teplo dodávané a na druhej strane je teplo odovzdávané. V takomto prípade nastane medzi koncami slučky rozdiel tlakov pretože priemerná hustota pracovnej látky v ohrievanej časti je menšia ako v ochladzovanej časti a tak v dôsledku tepelne indukovaného teplotného gradientu v uzavretej slučke pracovná látka prúdi prirodzeným spôsobom medzi teplým a studeným koncom [ 1 ].

### KONŠTRUKCIA SLUČKOVÉHO TERMOSYFÓNU

Za účelom zlepšovania odvádzania tepla z IGBT prvkov prirodzeným transportom tepla bol navrhnutý a vyrobený inovovaný model tepelnej trubice s uzavretou slučkou, ktorý je zobrazený na obrázku 1. Telo výparníka tepelnej trubice tvorí hliníková doska s rozmermi 116 x 80 x 30 mm. Na zabezpečenie cirkulácie pracovného média sú do dosky horizontálne v protismere vyvrtané dva otvory o priemere 12 mm a sú spojené 9. vertikálnymi spojovacími kanálkami o priemere 6 mm, ktoré zabezpečujú transport ohrievaného média zo spodnej do vrchnej časti výparníka [2]. Kondenzátor tepelnej trubice s uzavretou slučkou tvorí výmenník tepla konvektorového typu. Navrhnutím takého to typu kondenzátora bola snaha o vytvorenie konštrukcie kompaktného chladiča za účelom odvádzania tepla do okolitého prostredia prirodzenou konvekciou. Transportná časť tepelnej trubice s uzavretou slučkou je zložená z medených spájkovacích komponentov s priemerom 10 mm. Za účelom vizuálnej kontroly prúdenia pracovného média boli na výparnej a kondenzačnej strane transportnej časti tepelnej trubice vsadené sklenené rúrky [3]. Na vrchole

výparnej strany transportnej časti je umiestnený plniaci a uzatvárací ventil. Ako pracovné médium pre experimentálny pokus tepelnej trubice bol zvolený Fluorinert FC 72, kvôli jeho kompatibilita s väčšinou kovov, nízkou teplotou varu (56 °C) a tuhnutia (-90 °C) a predovšetkým kvôli výborným dielektrickým vlastnostiam [4].



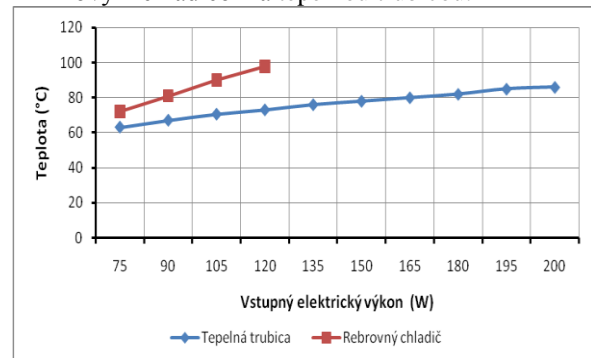
Obr. 1: Model slučkového termosyfónu

## CHLADIACI ÚČINOK SLUČKOVÉHO TERMOZYFÓNU

Meranie účinnosti odvádzania tepla z IGBT prvku bolo vykonané chladením prvku hliníkovým rebrovaným chladičom a tepelnou trubicou s uzavretou slučkou. Na výparník tepelnej trubice resp. rebrovaný chladič sa upevnil IGBT prvok, ktorý bol pripojený na regulovateľný laboratórny zdroj el. prúdu a napätia. Tok el. prúdu a napätia v IGBT prvku generoval teplo a tým sa zvyšovala aj jeho teplota. Snímaním teploty IGBT prvku snímačom teploty Pt 100 sa zisťovala účinnosť odvádzania tepla rebrovaným chladičom resp. tepelnou trubicou. Údaje o teplote prvku boli zaznamenávané cez meraciu ústredňu do PC počas celej doby trvania experimentu [5]. Meranie účinnosti odvádzania tepla z IGBT prvku oboch variantov bolo vykonané pri elektrickom príkone 75 W a po každom ustálení teploty IGBT prvku bol elektrický výkon zvyšovaný o 15 W dovtedy kým teplota prvku nepresiahla 100 °C alebo do max. elektrického príkonu 200 W.

Výsledky účinnosti odvádzania tepla z IGBT hliníkovým rebrovaným chladičom a tepelnou trubicou s uzavretou slučkou boli získané na

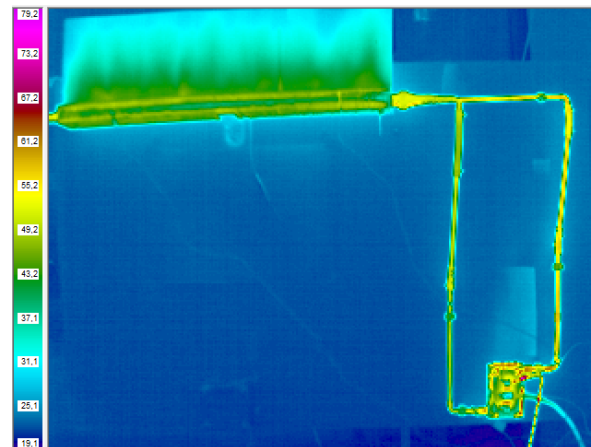
meracom stave v našom laboratóriu. Na obrázku 2 je porovnanie závislosti priebehu teplôt od vstupného elektrického výkonu IGBT prvku chladeného hliníkovým chladičom a tepelnou trubicou.



Obr. 2: Závislosť priebehu teploty IGBT prvku od jeho tepelnej záťaže elektrickým výkonom

Z grafického porovnania získaných výsledkov vyplýva, že pri vyššom zaťažení IGBT prvku elektrickým výkonom ako 120 W je odvod tepla zariadením s tepelnou trubicou omnoho efektívnejší ako odvod tepla s hliníkovým chladičom.

Zaujímavým výstupom experimentu je vizualizácia odvodu tepla z IGBT prvku slučkovým termosyfónom získaná zo záznamu termovíznou kamerou. Na obrázku 3 je možné pozorovať rozloženie teplôt v jednotlivých častiach slučkového termosyfónu počas jeho činnosti a šírenie tepla z kondenzačnej časti do okolitého prostredia prirodzenou konvekciou.



Obr. 3: Termovízny obraz odvodu tepla z IGBT prvku slučkovým termosyfónom.

## ZÁVER

Cieľom experimentu bolo navrhnuť zariadenie pracujúce ako tepelná trubica s uzavretou slučkou a porovnať jeho chladiaci účinok pri odvode tepla z IGBT prvku do okolitého prostredia s hliníkovým chladičom. Experimentálne meranie odvodu tepla z IGBT prvku tepelnou trubicou do okolitého prostredia ukázalo veľmi dobrú účinnosť vzhľadom na to že teplota prvku aj pri zaťažení výkonom 200 W nepresiahla 90 °C, pričom najvyššia prípustná

pracovná teplota prvku je 100 °C. Tento experiment dokazuje kvalitu chladenia tepelnou trubicou s uzavretou slučkou a opodstatnenosť jej použitia pre chladenie vysokovýkonných elektronických prvkov a systémov v ktorých sa generujú veľké tepelné toky stratového tepla.

#### **PodĎakovanie**

Tato práca bola podporovaná grantom projektu APVV 0577-10 „Chladenie výkonových elektronických systémov pomocou chladiacích obehov bez mechanických pohonov“.

#### **LITERATURA**

- [1] P. Nemeč, M. Malcho, M. Smitka, J. Matušov, "Performance parameters of closed loop thermosyphon" Communications, vol. 14, no. 4a, pp. 53–57, 2012.
- [2] A. Čaja, Z. Kolková, "Vplyv konštrukcie chladiča na schopnosť odvádzania tepla z kondenzačnej časti tepelnej trubice," zborník príspevkov 32. stretnutie katedier mechaniky tekutín a termomechaniky, (Žilina), s. 9–11, EDIS, 2013.
- [3] Š. Papučík a kol., "Optimizing the amount of working fluid heat pipe to transfer heat from the flue gas into the heat transfer medium," in proceedings of ICET, pp. 285-290, 2013
- [4] 3M Fluorinert™ Electronic Liquid FC-72 product information. Dostupné z WWW: [http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=66666UF6EVsSyXTtnxTE5XF6EVtQEVs6EVs6EVs6E666666--&fn=prodinfo\\_FC72.pdf](http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=66666UF6EVsSyXTtnxTE5XF6EVtQEVs6EVs6EVs6E666666--&fn=prodinfo_FC72.pdf)
- [5] R. Nosek, M. Holubčík, J. Jandačka, "Porovnanie gravimetrickej a optickej metódy merania koncentrácie tuhých znečisťujúcich látok v spalinách pri spaľovaní tuhých palív, " Acta Facultatis Ecologiae, vol. 26, s. 37- 45, 2012.