

NEW APPROACH OF ELECTRIC MACHINE WINDING WATER COOLING

R. Vlach, P. Krejčí, R. Grepl*

Summary: *The paper is concerned with new conception of direct winding slot water cooling. The heat flow from winding slot to frame is very complicated. The new approach solves transfer heat losses direct from winding slots. The special structure of brass tubes will be placed in the winding slot. Computational simulation of new cooling system concept is realized by using CFD analyze. Software FLUENT was used for computational simulation of water cooling drive.*

1. Úvod

Příspěvek se zabývá novou koncepcí vodního chlazení vinutí synchronního motoru s permanentními magnety. Na vysoko momentové motory jsou kladeny požadavky velkého poměru hmotnost-výkon. Ve většině případů jsou tyto motory umístěny tak, že není možné efektivně odvádět tepelné ztráty. Proto se používá vodní chlazení na plášti motoru. Cesty tepelného toku s vinutí do pláště jsou však značně komplikované. Projekt se zabývá odvodem tepelných ztrát přímo z drážky vinutí.

První koncepce [1] přímého chlazení vinutí v drážce uvažuje mosaznou trubičku ve středu drážky, kterou proudí chladicí voda. Nevýhodou je, že voda na jednom konci vstupuje a na druhém vystupuje, což vede na komplikované vodní hospodářství, zajišťující chlazení. Výše zmíněné motory jsou navíc zabudovány do konstrukce která umožňuje připojení vodního systému na jedné straně stroje. Tyto skutečnosti vedly k vývoji nové koncepce vodního chlazení přímo v drážce vinutí, která nevyžaduje odvod chladicí vody z druhého konce stroje.

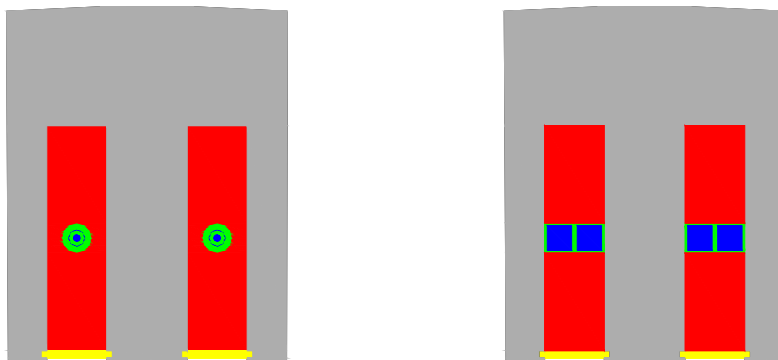
2. Systém vodního chlazení

Nová koncepce vodního chlazení přímo v drážce vinutí má tu výhodu, že voda vstupuje a vystupuje na jedné straně stroje. Tím se podstatně zjednoduší vodní hospodářství. Jsou uvažovány dvě konstrukční uspořádání (obr.1), jelikož vodiče v drážce mají buď kruhový nebo obdélníkový průřez. V případě kruhového uspořádání voda vstupuje vnitřní trubičkou a na konci dochází k ohybu do mezidruhového kanálu tvořeného vnitřní a vnější trubičkou. Pro obdélníkové vodiče jsou použity dva čtvercové jekly uložené v drážce vedle sebe, kde jedním voda vstupuje a druhým vystupuje. Na druhé straně je ohyb toku z jednoho jeklu do druhého.

* Ing. Radek Vlach, Ph.D., Ing. Robert Grepl, Ph.D., Ing. Petr Krejčí, Ph.D. : Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky FSI VUT Brno a Ústav termomechaniky AV ČR; Technická 2896/2, 619 69 Brno; tel. +420.5.41142888; E-mail: vlach.r@fme.vutbr.cz; www.sweb.cz/vlach.r/www_cz.

3. Výpočtový model

Pro dosažení požadovaného průtoku je nutné zajistit vhodný tlakový zdroj (čerpadlo). Závislost mezi tlakem a průtočným množstvím není lineární, ale závisí na charakteru proudění (laminární, turbulentní). Závislost mezi tlakem a průtokem byla stanovena na základě CFD analýzy parametrického modelu vytvořeného v programu FLUENT. Parametry je možné měnit rozměry mosazných trubiček nebo jeklů, ale také velikost tepelného zatížení. Na základě celé řady výpočtů byla stanovena závislost mezi tlakem a průtokem pro jednotlivá uspořádání, zejména vliv rozměrů. Rovněž bylo stanoveno množství tepla, které lze tímto systémem odvést z drážky vinutí.



Obr. 1 Koncepční uspořádání přímého chlazení vodou

4. Výpočtové simulace

Před provedením výpočtové simulace je třeba nastavit okrajové podmínky. V prvním případě (mosazné trubičky) byla využita rotační symetrie a je modelována pouze kruhová výseč 90°. U varianty s jekly byla uvažována pouze polovina výšky jeklu. Proto je nutné zadat podmínky symetrie. Na vstupu byla zadávána hodnota průtočného množství, které je možné měnit. Na výstupu byla zadána podmínka nulového tlaku.

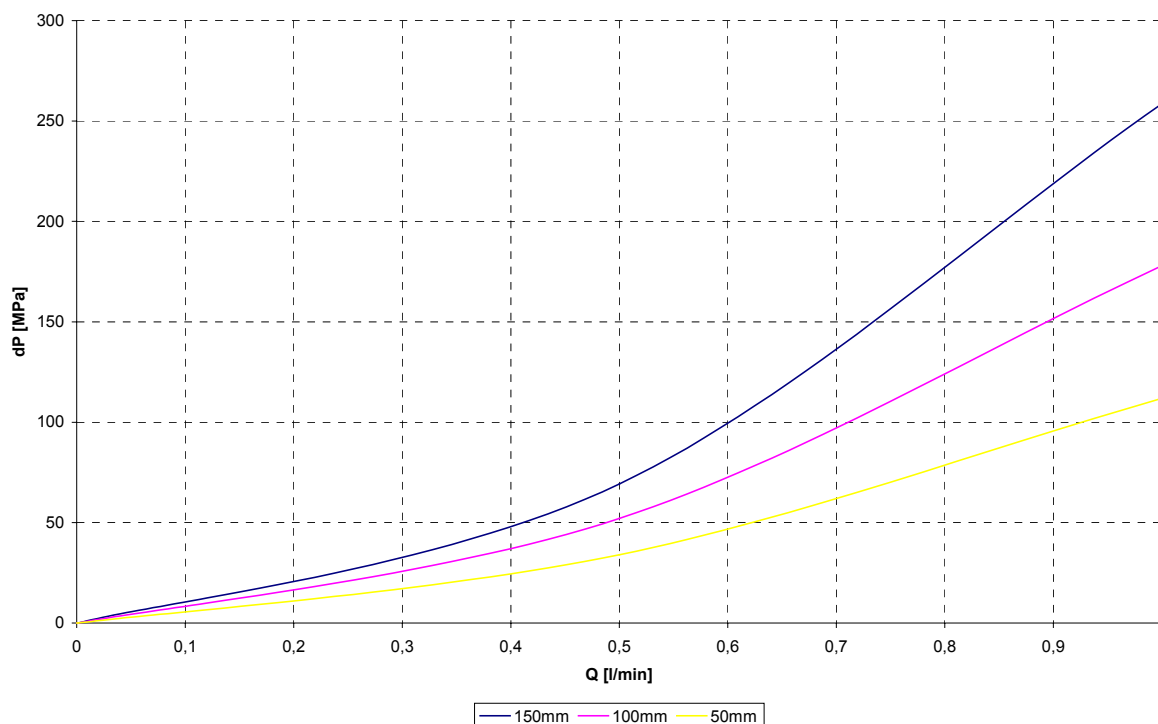
4.1. Uspořádání z trubiček

Na základě provedených výpočtů byla stanovena závislost mezi průtokem a tlakovým úbytkem, takzvaný hydraulický odpor. Na obr.2 jsou znázorněny závislosti pro tři délky, z čehož je patrné, že délka trubiček zásadně neovlivňuje tlakový úbytek. Vliv otočení toku na konci má rozhodující vliv na celkový tlakový úbytek.

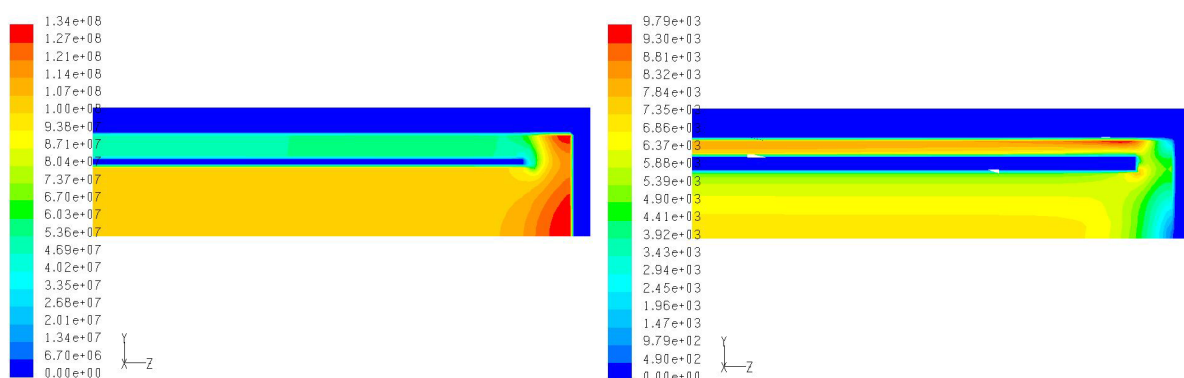
Obrázek 3 popisuje rozložení rychlosti proudění a tlaku v místě ohybu. Z výsledků je zřejmé, že v mezidruhovém kanálu je rychlost větší než ve vnitřním kanále, což je dobré vzhledem k velikosti součinitele přestupu tepla.

4.2. Uspořádání z jeklů

Postup výpočtů byl stejný jako v předešlém případě. Na obr.4 jsou znázorněny závislosti pro tři délky. Z výsledků je zřejmý podstatně menší tlakový úbytek než při variantě s trubičkami. Vliv otočení toku na konci má i zde velký vliv na celkový tlakový úbytek.



Obr. 2 Závislost hydraulického odporu na délce trubiček

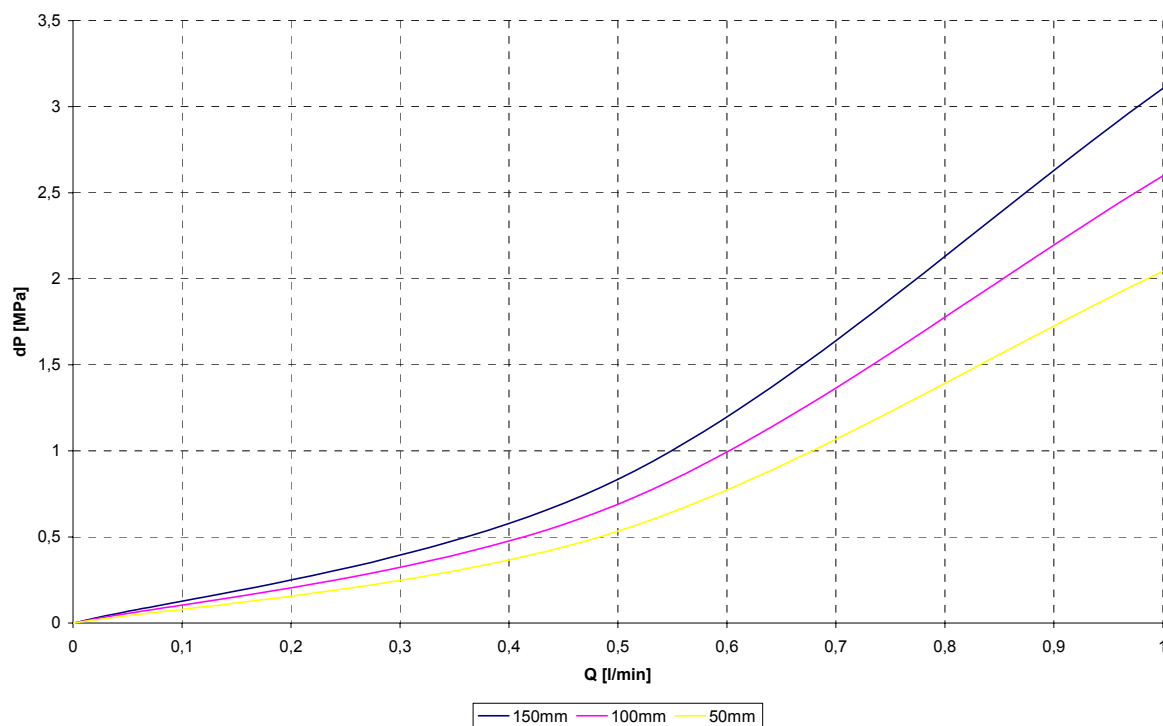


Obr. 3 Rozložení tlaku a rychlosti v ohybu

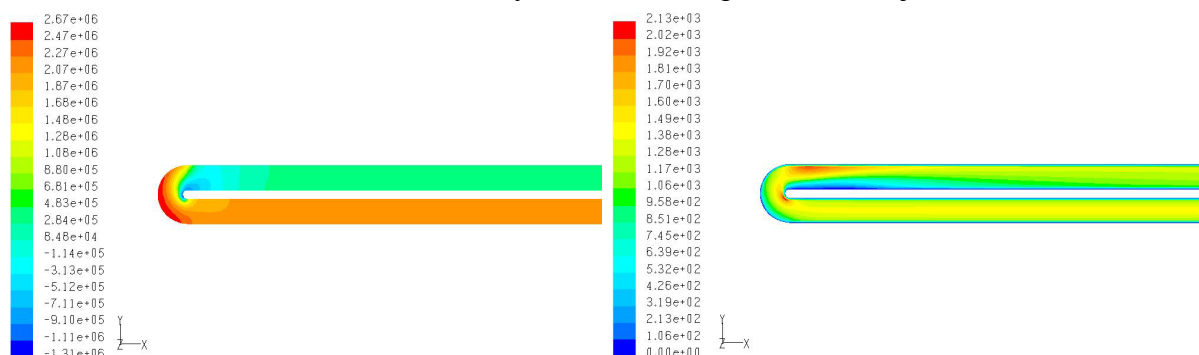
Obrázek 5 popisuje rozložení rychlosti proudění a tlaku v místě ohybu. Výsledky ukazují poměrně hladký průběh rychlosti, který ovlivňuje celkový tlakový úbytek.

5. Závěr

Výsledky ukazují na značný vliv tohoto systému chlazení na teplotu vinutí a zejména rychlost odezvy je podstatně vyšší než u běžného chlazení vodou. V dalších krocích je nezbytné provést experimentální ověření výpočtových simulací a provést realizaci na konkrétní elektrickém stroji.



Obr. 4 Závislost hydraulického odporu na délce jeklů



Obr. 5 Rozložení tlaku a rychlosti v ohybu

6. Poděkování

Príspevek byl vypracován za podpory pilotního projektu č.92033 „Nová koncepce řízení vodního chlazení vinutí vysoko momentových elektrických strojů“ v rámci výzkumného záměru AV0Z20760514.

7. Literatura

[1] Vlach, R. : “Computational and Experimental Modelling of Non-convective Winding Slot Cooling”, International conference Mechatronics, Robotics and Biomechanics 2005, Třešť, 26.-29. 9. 2005, Czech Republic