

PARAMETRIC MODEL OF SYNCHRONOUS MACHINE WINDING COOLING BY HEAT PIPE

R. Vlach *

Summary: *The paper is concerned with computational simulation of stator winding heating of synchronous machine. A parametric model where is possible change design of machine. Software ANSYS 8.1 was used for computational modelling.*

1. Úvod

Příspěvek se zabývá problematikou chlazení statorového vinutí. Cílem je nalézt co nejefektivnější cestu odvodu tepla z drážky vinutí, zvláště pak ze středu svazku plechů. K tomuto účelu se jeví jako vhodná volba využít vlastností tepelné trubice, která má možnost téměř bezztrátově přenést teplo ze špatně chlazených míst na místa podstatně lépe chlazená.

2. Výpočtový model

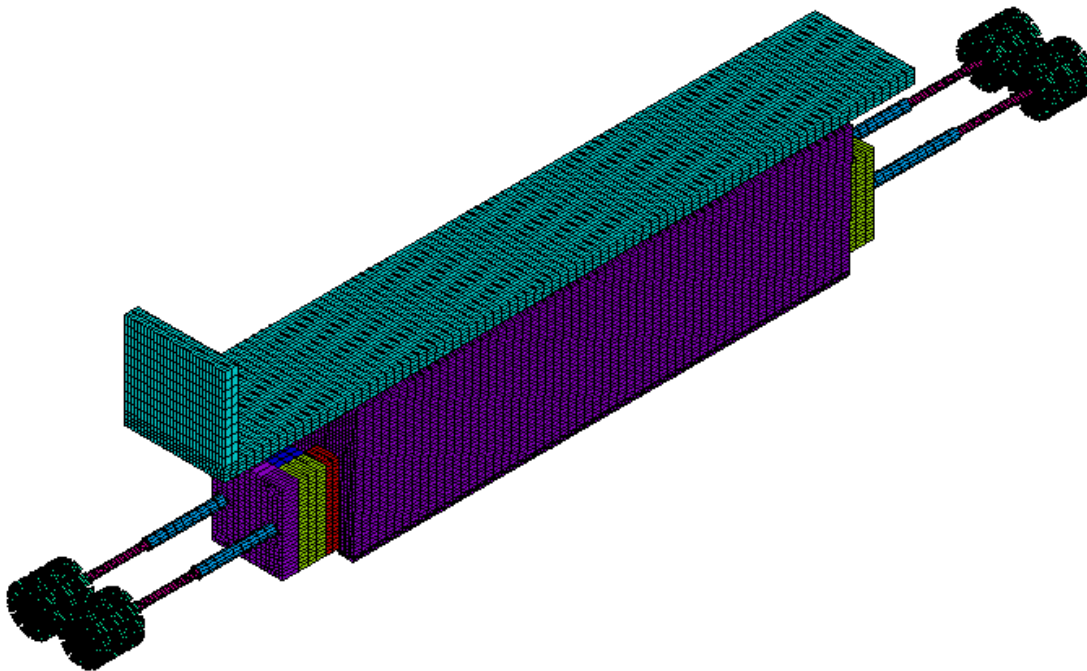
Geometrie výpočtového modelu (Obr.2) odpovídá reálnému synchronnímu motoru. Vzhledem k symetrii stroje je modelována pouze výseč zahrnující dvě drážky statorového vinutí. Model navíc odpovídá experimentálnímu přípravku (Obr. 1), na kterém budou provedeny ověřovací měření.



Obr.1 Experimentální přípravek

* Ing. Radek Vlach, 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.

Ve středu drážek vinutí je umístěna mosazná trubička, do které je možné zasouvat tepelnou trubicí. Vzduchová mezera mezi tepelnou trubicí a vnitřním průměrem mosazné trubice je vyplněna termo-pastou pro lepší vedení tepla. Prostup mezi drážkou vinutí a svazkem plechů je rovněž uvažován, tak jak je tomu u skutečného stroje. Vinutí má různou tepelnou vodivost v podélném a příčném směru, což je uvažováno i při ohybu vinutí na čelech. Rovněž svazek plechů má menší tepelnou vodivost v podélném směru než v ostatních směrech. Vodivost tepelné trubice v axiálním směru byla stanovena na základě experimentu $3000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a v ostatních směrech $0,05 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [3]. Na konci tepelné trubice jsou připevněny přidavné chladicí plochy.



Obr. 2 Výpočtový model

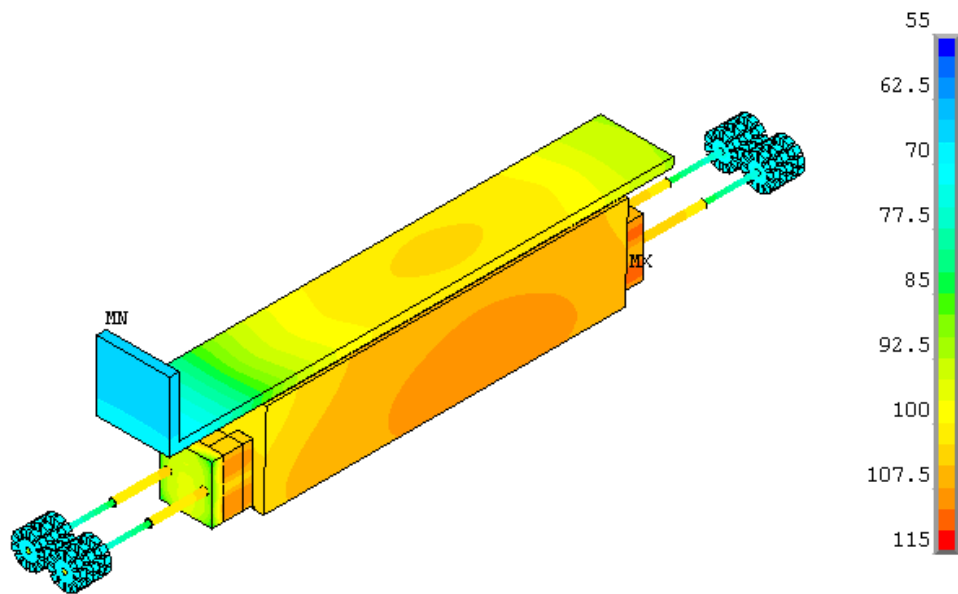
Výpočtový model je navrhnut jako parametrický a je možné měnit jak geometrii, tak okrajové podmínky. Pomocí parametru je možné změnit zasunutí tepelné trubice v drážce vinutí a také velikost přidavných chladicích ploch umístěných na konci tepelné trubice. Model umožňuje řešit ustálený i přechodový stav oteplení.

3. Výpočtové simulace

Pro výpočet je nutné zadat tepelné ztráty a odvody tepla z chlazených ploch. Jediným zdrojem ztrát jsou ztráty ve vinutí statoru, jejichž hodnota odpovídá ztrátám ve skutečném stroji. Ztráty v železe zde nejsou uvažovány. Na všechny vnější plochy, kromě ploch symetrie, byl zadán stejný součinitel odvodu tepla. Hodnoty nastavených okrajových podmínek jsou:

- ztráty ve vinutí statoru – 33,474 W
- odvod tepla z chlazených ploch - 12 W/mK
- teplota okolí – 0 °C

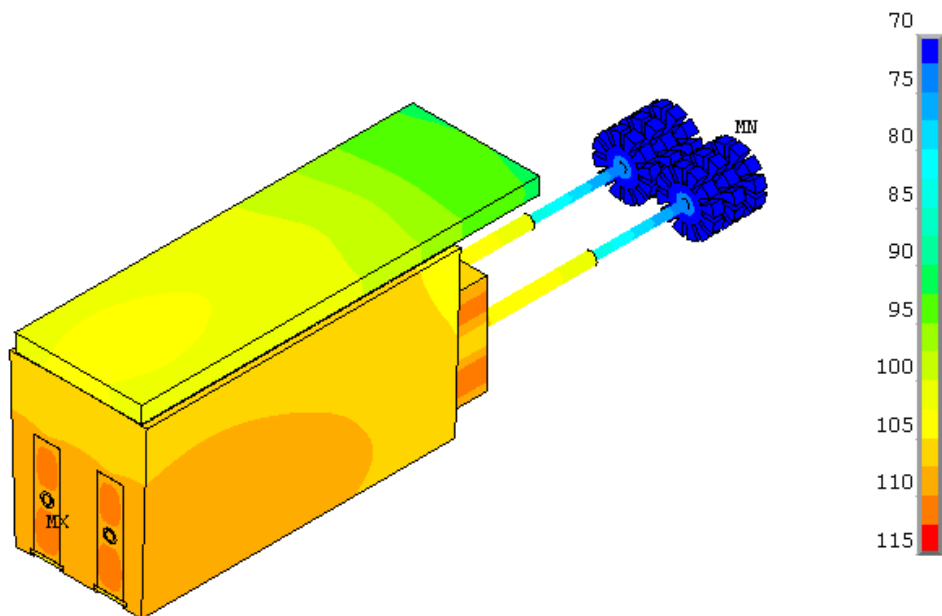
V prvních výpočtech byl sledován vliv tepelné trubice na ustálený stav teplot. Rozložení teplot v modelu znázorňuje obrázek 3.



Obr.3 Rozložení teplot v ustáleném stavu

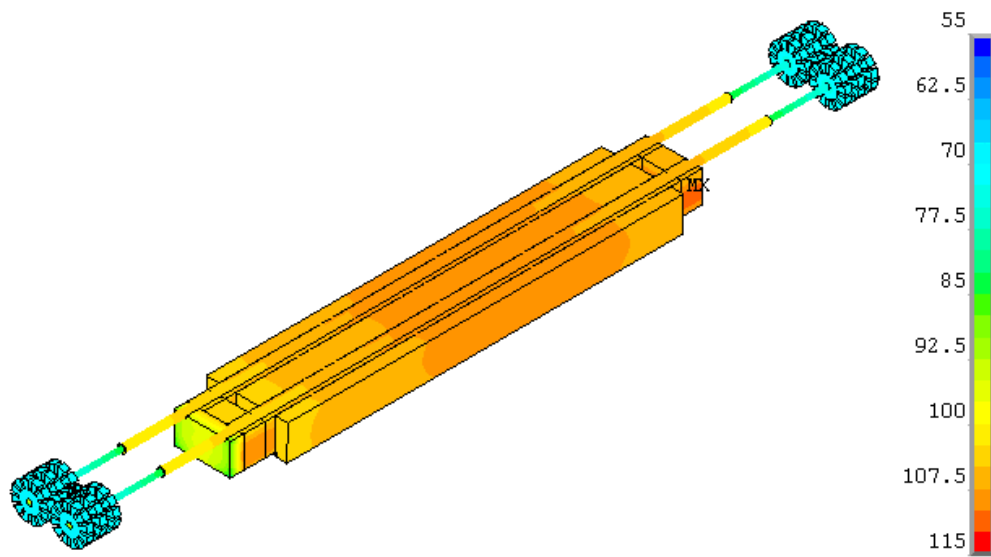
Z výsledků je zřejmý vliv poměrně velkého přechodového odporu mezi vrchní částí svazku a pláště. Důvodem je pouze bodové navaření pláště na svazek, čímž vzniká přechodová vzduchová vrstvička.

Na dalších obrázcích je zobrazeno rozložení teplot v příčném a podélném řezu, kde je možné vidět vliv tepelné trubice.



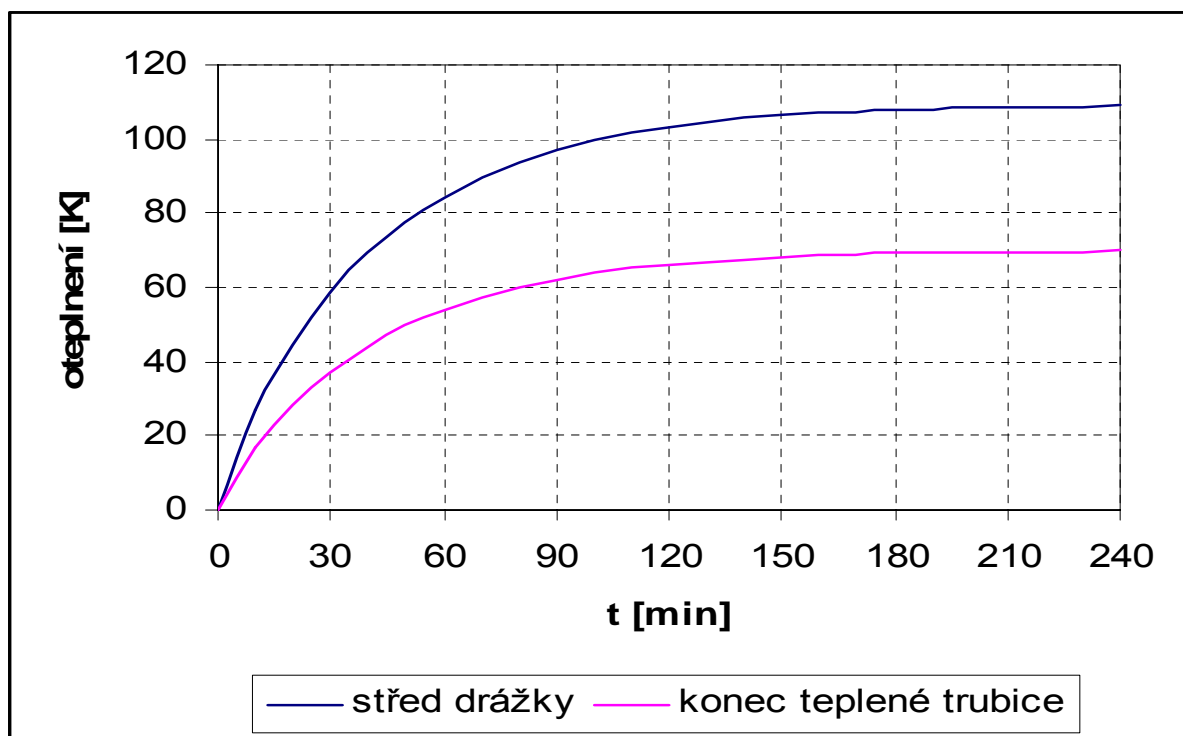
Obr.4 Rozložení teplot v příčném řezu

Jak ukazuje obrázek 4 teplota v drážce není maximální ve středu, ale vlivem tepelné trubice je maximum posunuto do vrchní a spodní části drážky.



Obr.4 Rozložení teplot v podélném řezu

V další části výpočtových simulací byl proveden výpočet přechodového stavu respektive vývoj teplot s časem.



Obr. 5 Přechodový stav

Z výsledků výpočtů přechodového stavu je zřejmé, že k ustálení teplot dojde zhruba do čtyř hodin.

4. Závěr

Hlavním přínosem je možnost využít parametrický model pro srovnání s experimentálním měření na připravovaném měřicím přípravku. Dalším krokem ve výpočtových simulacích bude vytvoření výpočtového modelu s přímým chlazení drážek vinutí vodou.

5. Poděkování

Příspěvek byl vypracován za podpory GAČR v rámci projektu č. 101/05/P081 „Výzkum netradičních metod chlazení elektrických strojů“.

6. Literatura

Hak, J. , Ošlejšek, O. : Výpočet chlazení elektrických strojů , 1.díl. VUES Brno 1973
Ondruška, E. , Maloušek, A. : Ventilace a chlazení elektrických strojů točivých. SNTL Praha 1985
Thayer, J. : Analysis of a Heat Pipe Assisted Heat Sink. Thermacore International, www.thermacore.com