

DRIVE OF NONCONVECTIONAL STATOR WINDING SLOT COOLING BY WATER

R. Vlach , R. Grepl , P. Krejčí*

Summary: *The paper is concerned with computational simulations of stator winding heating of synchronous machine. The aim was to find algorithm for drive pump, so that the temperature of stator winding was below safe limit. Computational simulations describe direct stator winding cooling by water. Software MATLAB/SIMULINK was used for computational simulation of water cooling drive.*

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. Jednou možností je umístění mosazné trubičky do středu drážky, ve které bude proudit chladicí kapalina.

Tento způsob chlazení je aplikován na vysoko-momentový synchronní motoru, který pracuje v proměnném zatěžovacím režimu. Oteplení stroje je nejvíce závislé na velikosti zátěžného momentu. V okamžiku zatížení motoru dochází k nárůstu teploty a proto je nutné stroj chladit.

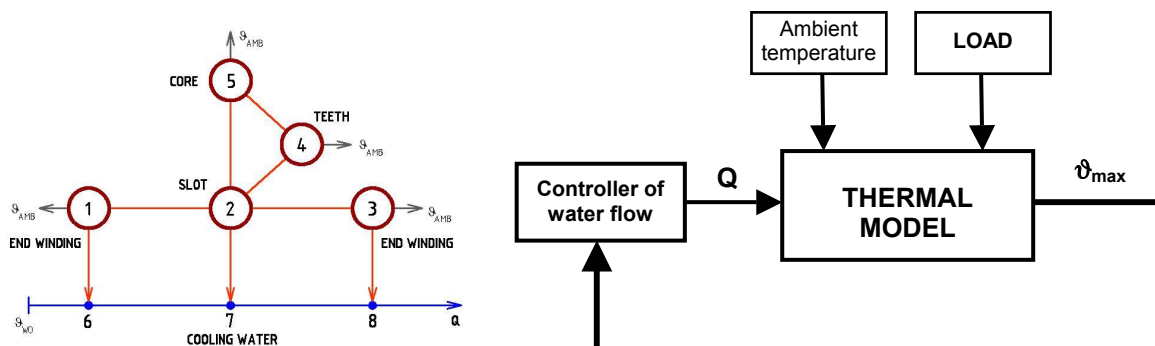
Vzhledem k proměnnosti režimu zatěžování se přímo nabízí možnost řízení chlazení stroje v závislosti na zatížení. Obvyklý způsob vodního chlazení je realizován pomocí labyrintu kanálů v plášti motoru, ve kterém proudí chladicí voda o konstantním množství. Jelikož veškeré tepelné ztráty jsou ve vinutí statoru bylo by podstatně efektivnější ztráty odvádět přímo ze zdroje, čímž by reakce na zvýšení chladicího účinku byl podstatně rychlejší. Navíc intenzita chlazení by byla závislá na zatížení stroje.

2. Výpočtový model

Geometrie výpočtového modelu odpovídá reálnému synchronnímu motoru. Vzhledem k symetrii stroje je uvažována pouze výseč zahrnující dvě drážky statorového vinutí. Model navíc odpovídá experimentálnímu přípravku, na kterém budou provedeny ověřovací měření. Výpočtový model je navrhnout jako parametrický a je možné měnit jak geometrii, tak okrajové podmínky.

* 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.

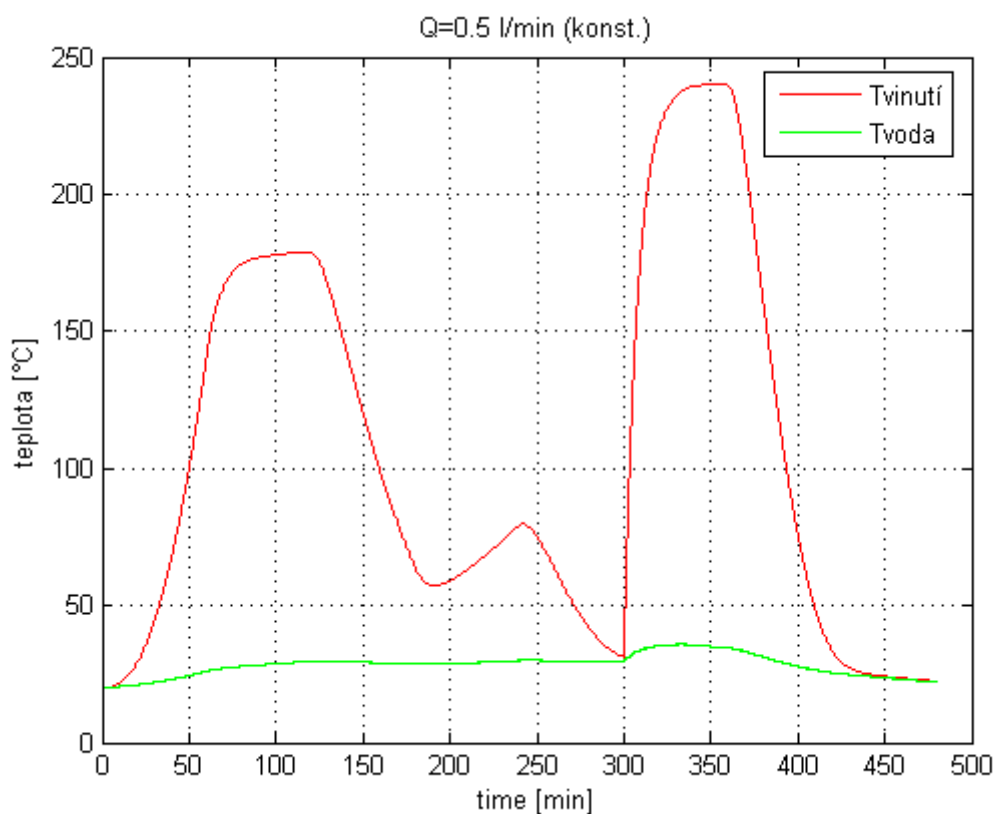
Pro popis oteplení synchronního modelu byla využita metoda tepelných sítí. Tepelná síť je tvořena pěti uzly. Další tři uzly popisují oteplení chladicí vody při průchodu drážkou vinutí. Tepelný model popisuje transienční stav, čímž je možné vystihnout vliv proměnnosti zatížení na oteplení stroje. Parametry modelu byly sladěny na základě tepelného modelu vytvořeného pomocí MKP [4].



Obr. 1 Tepelná síť a blokové schéma řízení chlazení synchronního motoru

3. Výpočtové simulace

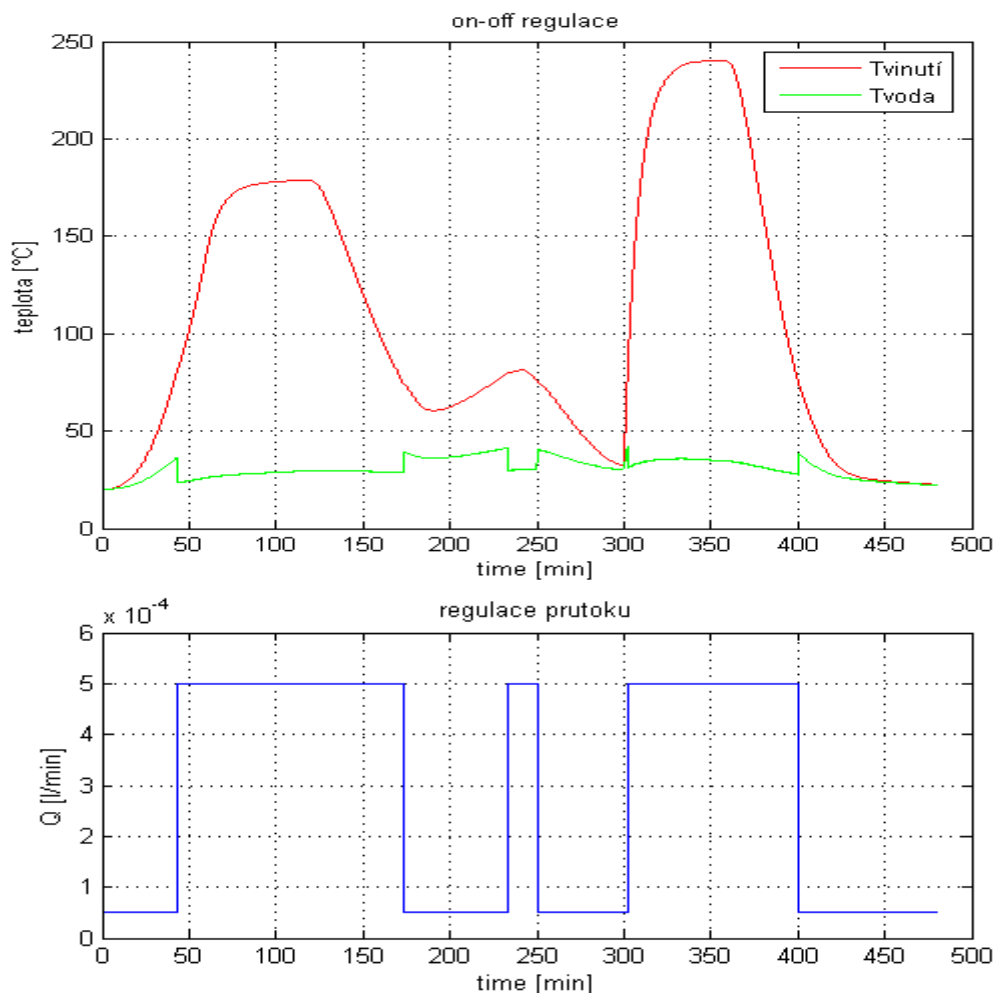
Výpočtovými simulacemi byl sledován vliv dvou typů regulátorů průtočného množství na teplotu vinutí. Pro pousazený použité regulace byl generová zátěžný cyklus, ve které se mění zátěž (proud vinutím) a teplota okolí.



Obr. 3 Průběh teploty bez regulace s konstantním průtokem

3.1. Polohový regulátor

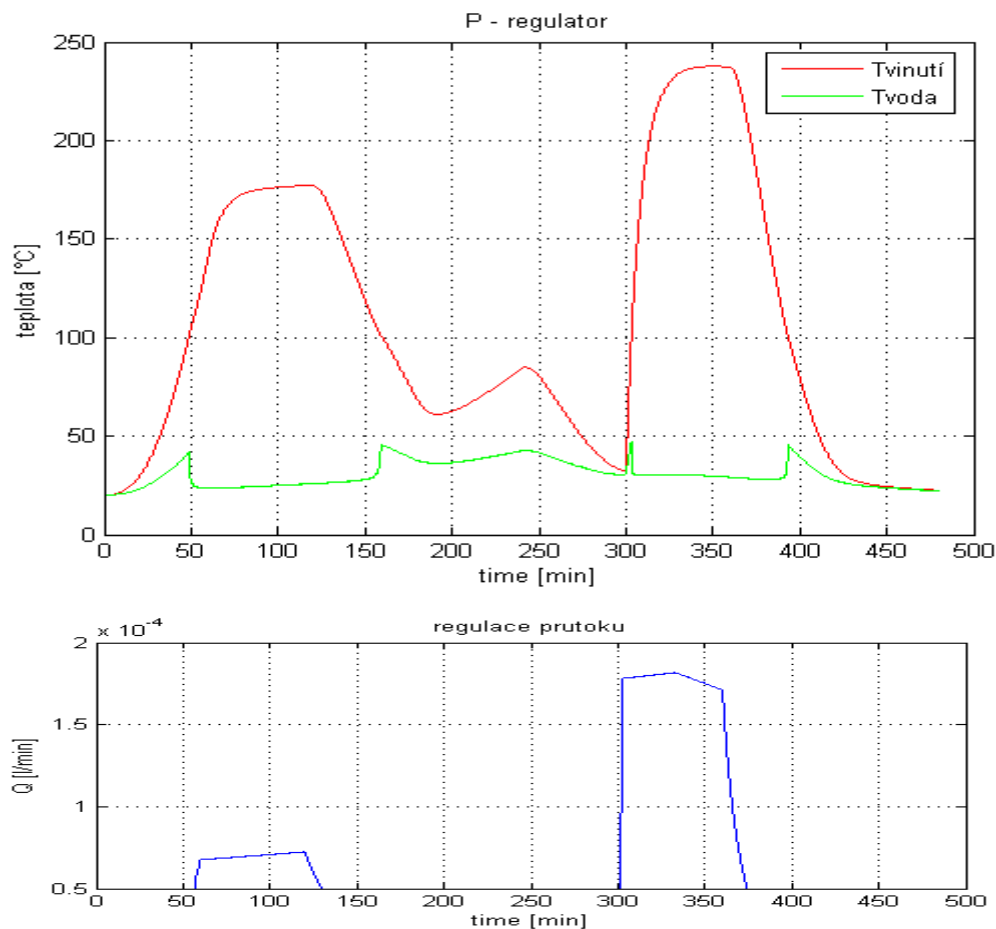
Výpočtovými simulacemi byl sledován vliv dvou typu regulátorů. První typ je dvoupolohový regulátor (on-off). Regulátor byl nastaven tak, aby sepnul čerpadlo při teplotě 80°C a vypnul při teplotě 75°C. Byla tedy nastavena hystereze 5°C. výsledky výpočtů jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



Obr. 3 Průběh teploty a „on-off“ regulace při zátěžném cyklu.

3.2. P-regulátor

V druhém případě byl použit klasický P-regulátor teploty. Parametry regulátoru byly stanoveny pomocí běžných postupů návrhu. Regulátor nastavuje množství chladicí vody tak, aby nebyla překročena teplota vinutí 100°C. Výsledky uvedené na obrázku 3 ukazují vliv této regulace na teplotu vinutí. I zde byl použit stejný zátěžný cyklus jako v předešlém případě.



Obr. 4 Průběh teploty a PID regulace při zátěžném cyklu.

4. Závěr

Výsledky simulací ukazují podstatně lepší chladicí účinek na oteplení stroje než obvykle používané systémy chlazení. Výsledky výpočtových simulací je nutné potvrdit měřením na skutečném stroji. Experimentální přípravek je již vyroben a připraven pro ověření řízení chlazení vinutí přímo v drážce.

5. Poděkování

Příspěvek byl vypracován za podpory GAČR v rámci projektu č. 101/05/P081 „Výzkum netradičních metod chlazení elektrických strojů“ a projektu MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických systémů“.

6. Literatura

- [1] Hak, J. , Ošlejšek, O. : Výpočet chlazení elektrických strojů , 1.díl. VUES Brno 1973
- [2] Ondruška, E. , Maloušek, A. : Ventilace a chlazení elektrických strojů točivých. SNTL Praha 1985
- [3] Thayer, J. : Analysis of a Heat Pipe Assisted Heat Sink. Thermacore International, www.thermacore.com
- [4] Vlach, R. : “Computational and Experimental Modelling of Non-convectional Winding Slot Cooling”, International conference Mechatronics, Robotics and Biomechanics 2005, Třešť, 26.-29. 9. 2005, Czech Republic