

Teplotní analýza Direct-Drive motoru pro frézy ŠMT

Pracoviště:	RICE, KEV
Číslo dokumentu:	22190-053-2018
Typ zprávy:	zpráva o provedení analýzy
Řešitelé:	Roman Pechánek
Vedoucí projektu:	Tomáš Glasberger
Počet stran:	12
Datum vydání:	11. 12. 2018
Oborové zařazení:	JA – Elektronika a optoelektronika, elektrotechnika

Zadavatel / zákazník:

ŠKODA MACHINE TOOL A.S.
Tylova 57
301 00, Plzeň
Česká republika

Zpracovatel / dodavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Regionální inovační centrum
elektrotechniky
Univerzitní 8
306 14 Plzeň

Kontaktní osoba:

Roman Pechánek
tel. 377634465
rpechane@rice.zcu.cz

**Zpráva vznikla s finanční podporou TAČR v rámci projektu TE02000103
(CIDAM).**

Anotace

Tato výzkumná zpráva se zabývá teplotní analýzou synchronního stroje s permanentními magnety.

Klíčová slova

PMSM, teplotní analýza

Název zprávy v anglickém jazyce / Report title

Thermal analyses of Direct-Drive motor for a machine tool

Anotace v anglickém jazyce / Abstract

This research report deals with the thermal analyses of permanent magnet synchronous motor.

Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords

PMSM, thermal analyses

Obsah

1	ÚVOD	4
2	GEOMETRIE MODELOVANÉHO STROJE	5
3	ZATÍŽENÍ MODELU, ROZDĚLENÍ ZTRÁT	6
4	CHLAZENÍ STOJE	6
5	VÝSLEDKY TEPLITNÍ ANALÝZY.....	8
6	ZÁVĚR.....	10

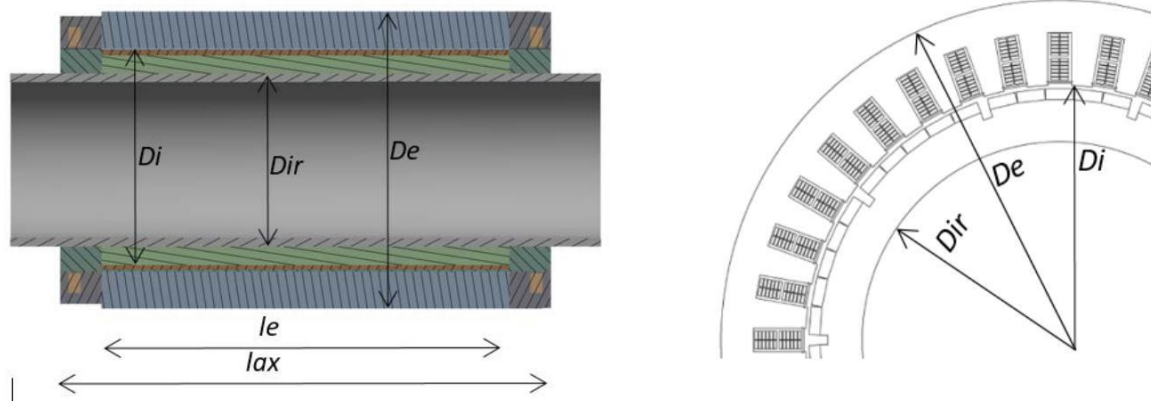
1 Úvod

Práce se zabývá teplotním výpočtem synchronního stroje s permanentními magnety. Výpočet je proveden pro dva provozní stavy stroje. Prvním je jmenovitý pracovní bod stroje. Druhým modelovaným stavem je stav v přetížení, respektive provozní stav v obuzeném stavu. V druhém provozním stavu se díky odbuzení stroj dostává do vyšších otáček. Odbuzování stroje je provedeno pomocí napájecího proudu, což má za následek navýšení Jouleových ztrát, proto stav přetížení. Teplotní výpočet je založen na výsledcích elektromagnetického návrhu.

2 Geometrie modelovaného stroje

Na základě elektromagnetického výpočtu byla sestavena geometrie stroje následujících parametrů.

Vnější průměr	$D_e = 0.36 \text{ m}$
Průměr vrtání	$D_i = 0.27 \text{ m}$
Vnitřní průměr	$D_{ir} = 0.21 \text{ m}$
Délka paketu	$l_e = 0.497 \text{ m}$
Délka přes čela	$l_{ax} = 0.66 \text{ m}$



Obr. 2. 1 3D a 2D model analyzovaného stroje s rozměry

Jmenovité parametry stroje

Výkon	= 70 kW
Moment	= 2999 Nm
Otáčky	= 222 ot/min
Napětí	= 168 V
Proud	= 371 A
Frekvence	= 18.57 Hz
Účinník	= 0.83
Účinnost	= 78 %

3 Zatížení modelu, rozdělení ztrát

V této kapitole jsou uvedeny ztráty jednotlivých konstrukčních částí stroje. Tyto ztráty jsou dále aplikovány jako teplotní zdroje v analyzovaném modelu. Ztráty vychází z elektromagnetických výpočtů spojených s vz.: 22190 – 060 – 2017. V pravé části jsou znázorněny jednotlivé konstrukční části motoru, do kterých bylo aplikováno zatížení.

Celkové ztráty pro jmenovitý bod $dP = 25 \text{ kW}$

Celkové ztráty v odbuzeném stavu $dP = 110 \text{ kW}$

Vinutí:

Ztráty ve vinutí ve jmenovitém stavu $dP_j = 23 \text{ kW}$

Ztráty ve vinutí v odbuzeném stavu $dP_j = 110 \text{ kW}$

Statorový paket:

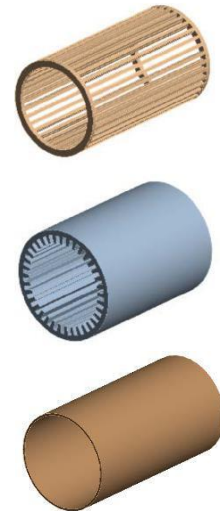
Ztráty ve jhu statoru ve jmenovitém stavu $dP_s = 0.15 \text{ kW}$

Ztráty ve jhu v odbuzeném stavu $dP_s = 0.15 \text{ kW}$

Permanентní magnety

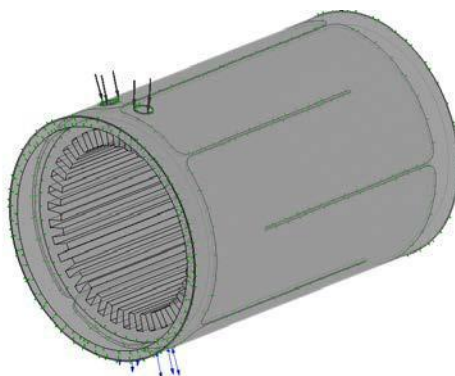
Ztráty v PM ve jmenovitém stavu $dP_m = 0.5 \text{ kW}$

Ztráty v PM v odbuzeném stavu $dP_m = 0.5 \text{ kW}$

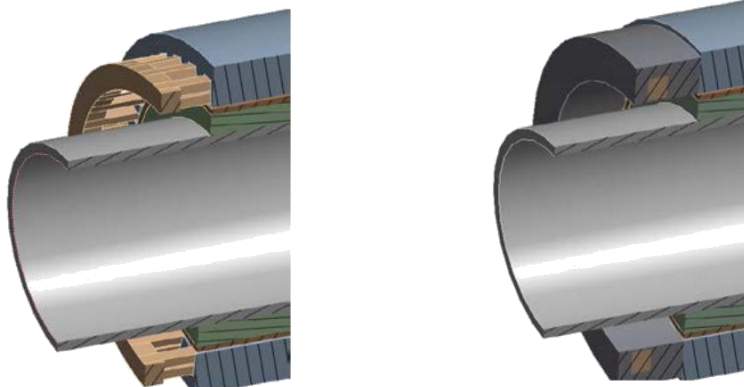


4 Chlazení stroje

Stroj je chlazen kapalinovým chlazením v kostře stroje. Statorový svazek je tedy nalisován do kostry přímo protékající chladicí kapalinou. Kapalinové chlazení o průtoku 0.1 l/s a vstupní teplotou chladiva $T_0 = 40 \text{ °C}$. V návrhu stroje je počítáno se speciální impregnační čel statorového vinutí ke zvýšení odvodu ztrátového tepla ze stroje. Zvýšením tepelné vodivosti materiálu v okolí čel statorového vinutí lze dosáhnout zlepšení odvodu ztrátového tepla ze stroje. Standardní okolní prostředí statorových čel je vzduch s uvažovanou tepelnou vodivostí 0.026 W/mK . Zvýšení tepelné vodivosti v oblasti čel statorového vinutí lze dosáhnout za impregnováním čel materiálem s tepelnou vodivostí 0.2 W/mK .

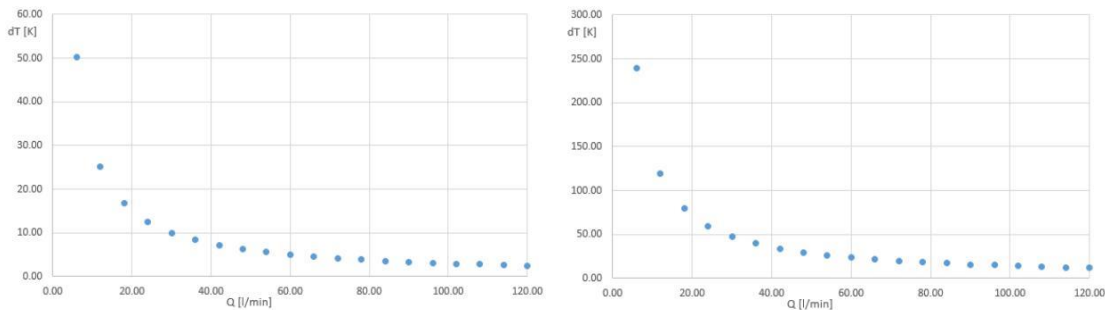


Obr. 4. 1 3D model kapalinového chlazení analyzovaného stroje



Obr. 4. 2 a) Standartní provedení čel statorového vinutí b) za impregnování statorových čel z důvodů zlepšení odvodu ztrátového tepla

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky oteplení chladicí kapaliny v závislosti na velikosti průtoku – stanovení okrajové podmínky nezbytné k teplotní analýze.



Obr. 4. 3 a) jmenovité zatížení stoje dP = 25 kW b) stav odbuzení dP= 110 kW

Z grafů jasně plyne okrajová podmínka pro daný průtok $0.1 \text{ l/s} = 6 \text{ l/min}$, v případě jmenovitého stavu $dT = 50\text{K}$ a okrajová podmínka tedy s uvažováním okolní teploty $T_0 = 40^\circ\text{C}$ je $T_{amb} = 90^\circ\text{C}$. Pro přetížení stroje je třeba zvětšit průtok chladicí kapaliny a to na 40 l/min , tak aby bylo dosaženo shodné okrajové podmínky v teplotním výpočtu jako v předešlém případě. Při dodržení průtoku chladicí kapaliny dostáváme oteplení vody $dT = 240\text{K}$ což by za stejné předpokladu vedlo na okrajovou podmínku $T_{amb} = 280^\circ\text{C}$. Ten to stav je z pohledu provozu stoje nereálný.

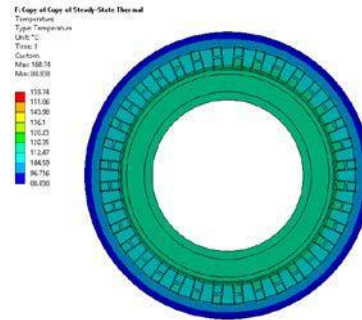
5 Výsledky teplotních analýz

V následující kapitole jsou shrnuty výsledky teplotních analýz synchronního motoru jak ve jmenovitém stavu tak v odbuzeném stavu (přetížení).

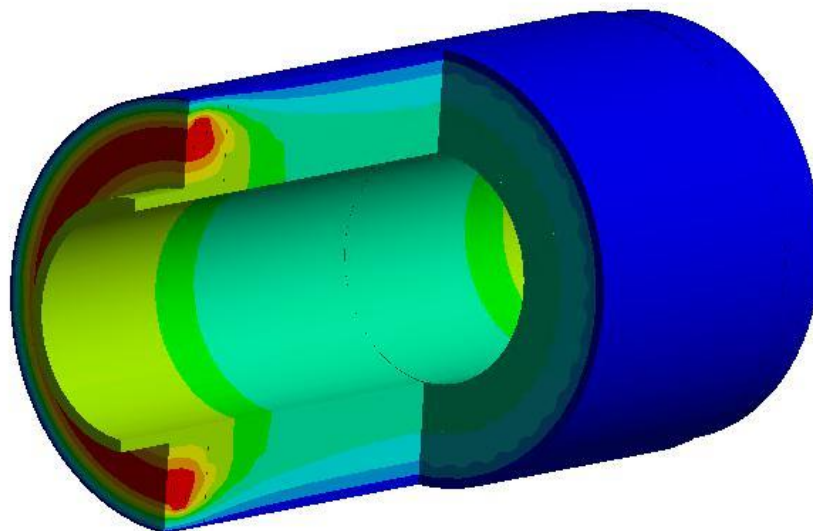
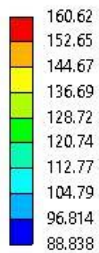
Teploty částí stroje ve jmenovitém bodě

Část stroje - hot spoty

Vinutí drážka	= 120 °C
Vinutí čela	= 160 °C
Statorový paket	= 105 °C
Magnety	= 125 °C
Jho rotoru	= 125 °C
Hřídel	= 130 °C



F: Copy of Copy of Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
Custom
Max: 160.74
Min: 88.838

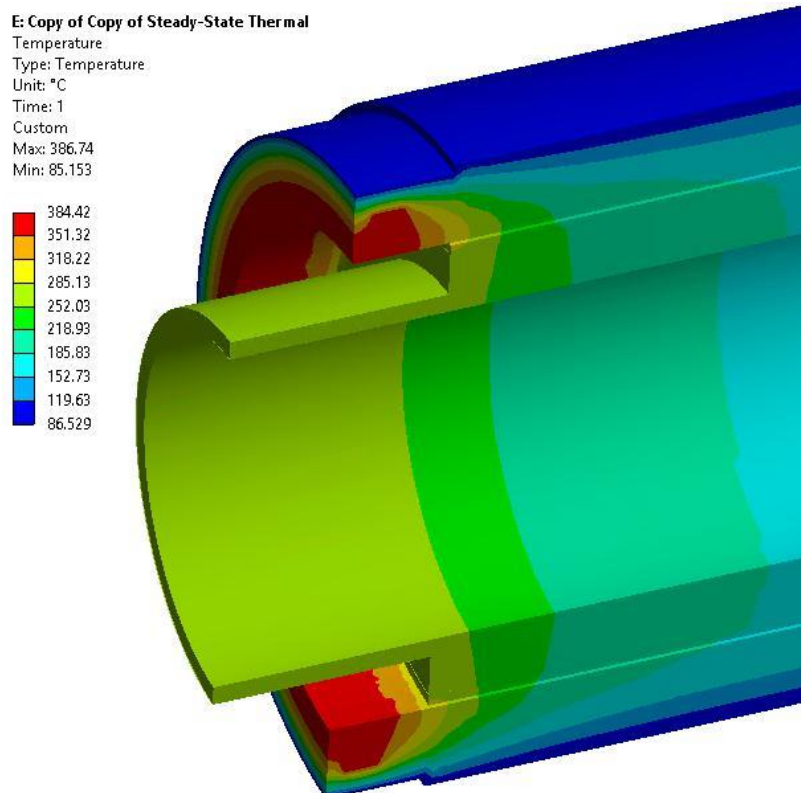


Obr. 5. 1 Rozložení teplotního pole v ustáleném stavu pro jmenovité zatížení

Teploty částí stroje v odbuzení (přetížení)

Část stroje - hot spot

Vinutí drážka	= 210 °C
Vinutí čela	= 390 °C
Statorový paket	= 200 °C
Magnety	= 220 °C
Jho rotoru	= 220 °C



Obr. 5.2 Detailní pohled na rozložení teplotního pole v ustáleném stavu pro odbuzený stav stroje (přetížení).

6 Závěr

V práci jsou provedeny teplotní výpočty synchronního stroje s permanentními magnety. Výpočet je proveden jak pro jmenovitý stav, tak pro stav v odbuzení, v práci též zmiňovaný jako stav v přetížení. Z výsledků je patrné, že stroj je schopný provozu ve jmenovitém stavu kdy teploty jednotlivých částí stroje dosahují hodnot; vinutí v drážce = 120 °C, vinutí v čelech = 160 °C, statorový paket = 105 °C, magnety = 125 °C, jho rotoru = 125 °C, hřídel = 130 °C.

V odbuzeném stavu neboli v přetížení vychází teploty částí stroje při uvažování ideálního průtoku chladicí kapaliny. To znamená, schopnosti zajisti okrajovou podmínku $T_{amb} = 90$ °C; vinutí v drážce = 210 °C, vinutí v čelech = 390 °C, statorový paket = 200 °C, magnety = 220 °C, jho rotoru = 220 °C a hřídel = 250 °C. Z výsledků plyne, že stroj nelze provozovat v obuzeném stavu, neboť by hrozilo teplotní poškození konstrukčních částí stroje.

Seznam obrázků

Obr. 2. 1 3D a 2D model analyzovaného stroje s rozměry	5
Obr. 4. 1 3D model kapalinového chlazení analyzovaného stroje	6
Obr. 4.2 a) Standartní provedení čel statorového vinutí	
b) za impregnování statorových čel z důvodů lepšího odvodu ztrátového tepla	7
Obr. 4. 3 a) jmenovité zatížení stroje $dP = 25 \text{ kW}$ b) stav odbuzení $dP= 110 \text{ kW}$	7
Obr. 5. 1 Rozložení teplotního pole v ustáleném stavu pro jmenovité zatížení	8
Obr. 5.2 Detailní pohled na rozložení teplotního pole v ustáleném stavu pro odbuzený stav stroje (přetížení)	9

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Všechny	Publikování dokumentu	11.12.2018	Pechánek