

COOLING OF ELECTRICAL MACHINES - CIRCULATION

Zbyněk Trnka

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xtrnka02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marcel Janda

E-mail: janda@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this thesis was to model the air-gap of three-phase induction machine and to calculate the flow in this gap by using ANSYS CFX. The introduction of this work is dedicated to basic terms and definitions from spheres of fluid flow, cooling of the electrical machines, especially to the cooling of the asynchronous machine. Finally, there is modeled a specified air gap of induction machine and its analyzed by Ansys CFX.

Keywords: Asynchronous machine, cooling, Ansys CFX

1. ÚVOD

Při navrhování elektrického stroje je zapotřebí znalostí z mnoha inženýrských disciplín, což v dnešní době platí čím dál tím víc. Uvažujeme-li počátky konstrukcí elektrických strojů, zjistíme, že byla zohledňována hlavně elektrotechnická a mechanická složka a na ventilační složku už poté nezbývalo mnoho kvalitních řešení.

S rostoucími výkony elektrických strojů, tak rostly i ztráty. Tím byla otázka ventilace věnována patřičná pozornost, aby taky ne, když praxe ukázala, že kvalitně navržený ventilační systém zvyšuje spolehlivost a životnost stroje.

V oblasti ventilace se nejvíce používá CFD programů, které umožňují řešit proudění a všechny jevy s tím spojené. Můžeme tedy snadno upravovat a řešit konstrukční uspořádání chladicího systému, dokud nedojdeme ke chtěným výsledkům.

V daném projektu se zabýváme všeobecně prouděním, a dále chlazením třífázového asynchronního stroje. Model tohoto stroje byl namodelován v programu Autodesk Inventor, a dále upraven tak, aby mohlo být vyhodnoceno proudění jeho vzduchovou mezerou pomocí programu Ansys CFX

2. ROZBOR PROUDĚNÍ A CHLAZENÍ

V následujících odstavcích budou zmíněny pojmy z nauk o proudění a chlazení, a dále bude uveden modelovaný problém.

2.1. PROUDĚNÍ

Tekutina je vlastně prostředí, o němž pojednává nauka o proudění, zahrnuje kapaliny a plyny. Proudová čára, či proudnice, je trajektorie pohybu jednotlivých částic při proudění kapalin. Rozznáváme tři základní typy proudění v kanále: laminární, přechodné a turbulentní. To, který typ proudění se bude v kanále vyskytovat, závisí na mnoha faktorech, jako je rychlost, viskozita (vnitřní tření), hustota tekutiny a typ kanálu. V elektrických strojích se vyskytuje převážně proudění turbulentní [1]. Obecné chování proudění tekutin popisuje Bernoulliho rovnice [1]

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho u(x) = konst. \quad (1)$$

Kde ρ je hustota kapaliny,
 v je rychlost proudění,
 $\rho u(x)$ je gravitační potenciál v daném místě a
 p tlak v tekutině.

2.2. CHLAZENÍ

Chlazení elektrického stroje znamená odvod tepla, které se ve stroji tvoří vlivem ztrát. Jako chladicího média je možné použít plynu (např. vzduch, vodík) nebo kapalin (nejčastěji voda).

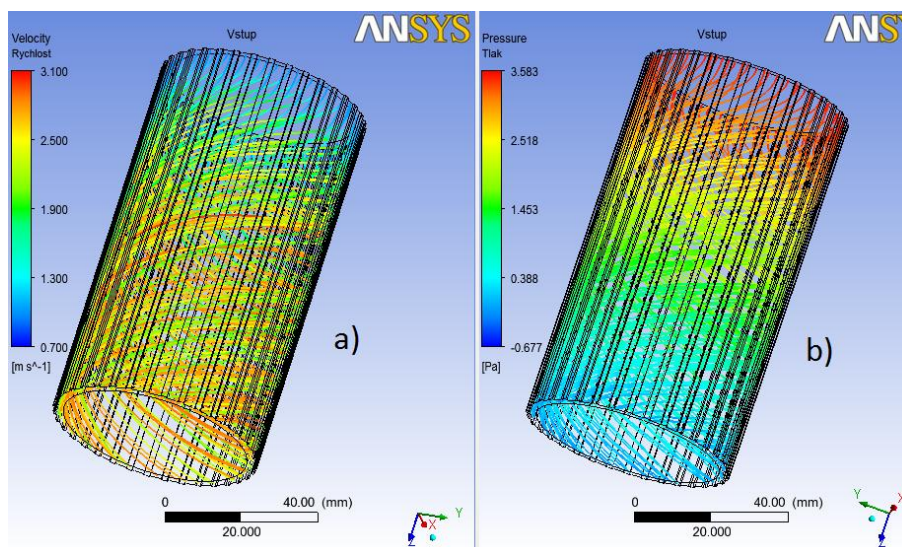
V elektrických strojích můžeme rozeznávat otevřený a uzavřený oběh chladiva. U otevřeného oběhu se médium neustále obnovuje z okolního prostředí, a poté se mu odevzdává. Uzavřený oběh je zprostředkováván stále stejným chladivem.

Velice důležitý je také zdroj energie pro ventilátor, či jiný přístroj zajišťující tok chladiva. Zdroj může být závislý, nebo nezávislý. Nezávislý zdroj získává energii pro oběh chladiva ze zdroje nezávislého na daném elektrickém přístroji. Jedná se třeba o ventilátor, který je postaven k motoru z boku a je napájen z jiného zdroje než motor. Závislý zdroj je poháněn energií z chlazeného stroje.

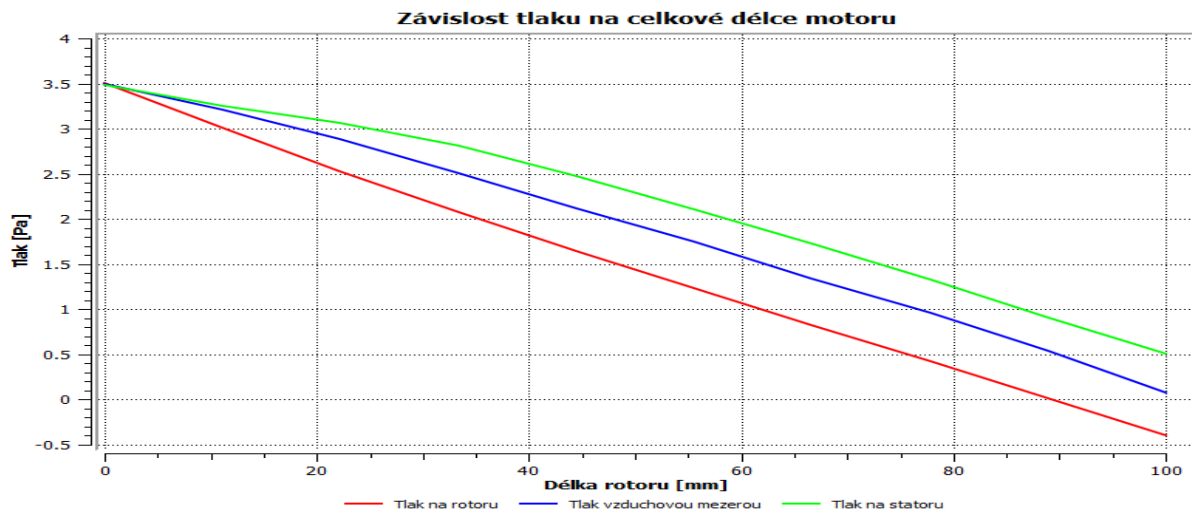
2.3. PROUDĚNÍ VE VZDUCHOVÉ MEZEŘE MOTORU

V programu Autodesk Inventor byla namodelována jedna zjednodušená vzduchová mezera třífázového asynchronního motoru. Ta byla vyhodnocena v programu Ansys CFX pro dvě vstupní rychlosti chladicího média. Tento program řeší danou problematiku pomocí metody konečných objemů.

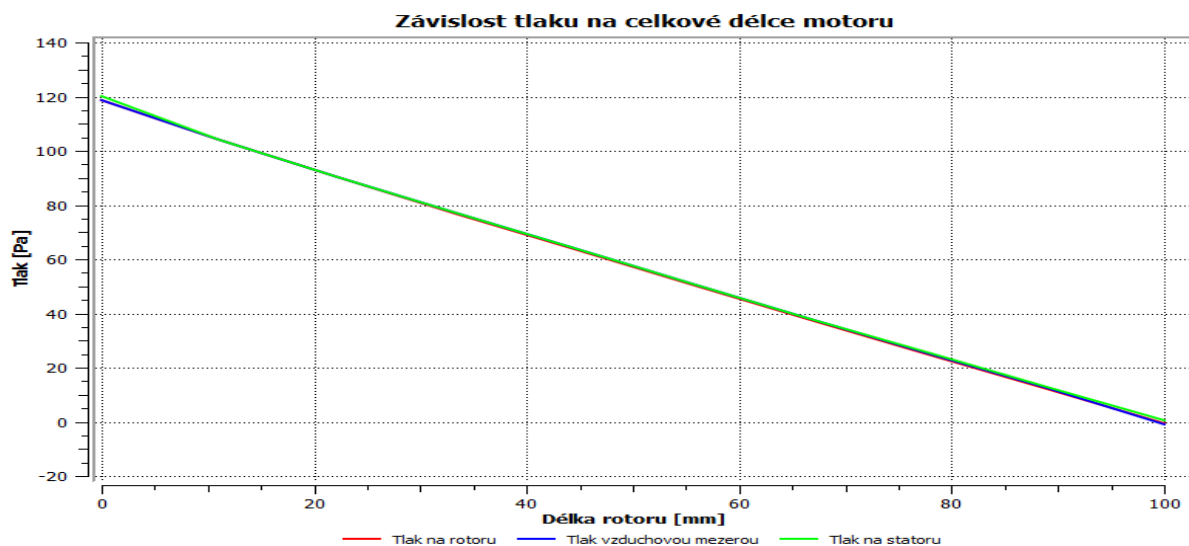
V tomto programu byla nastavena rychlost otáčení rotoru na $3000 \text{ ot. min}^{-1}$ a dvě vstupní rychlosti chladicího média 1 m. s^{-1} a 10 m. s^{-1} . Jako chladicí médium byl zvolen vzduch o teplotě 25°C . Typ proudění byl turbulentní. Vstupní rychlost vzduchu 1 m. s^{-1} znázorňuje vlastní závislé chlazení motoru v podobě ventilátoru na hřídeli a vstupní rychlost 10 m. s^{-1} uvažuje ještě další, přidaný externí ventilátor. Pro lepší představu o průběhu proudění skrz vzduchovou mezeru motoru je zde uveden obrázek 1, na kterém jsou vyobrazeny proudnice zobrazující rychlost a tlak proudění pro vstupní rychlost vzduchu 1 m. s^{-1} . Dále jsou zde vyobrazeny grafy, které zobrazují jakých tlaků je dosaženo na statoru, rotoru a ve vzduchové mezeře v závislosti na délce daného motoru pro obě vstupní rychlosti proudícího média.



Obrázek 1: a) Rychlost proudění b) Tlak proudění vzduchovou mezerou



Obrázek 2: Závislost tlaků na celkové délce motoru pro $v_{vzd} = 1 \text{ m.s}^{-1}; n_{rot} = 3000 \text{ m.s}^{-1}$



Obrázek 3: Závislost tlaků na celkové délce motoru pro $v_{vzd} = 10 \text{ m.s}^{-1}; n_{rot} = 3000 \text{ m.s}^{-1}$

3. ZÁVĚR

Z obrázku č. 1 je patrné, že proudění vzduchu je strháváno ve směru otáčení rotoru a zároveň je rotorem urychlováno, tlak ovšem klesá (1) s postupnou délkou motoru jak je vidět z obrázku 2. Takéž je zde vidět, že tlaky na rotoru, statoru a ve vzduchové mezeře jsou rozdílné, patrně díky otáčkám rotoru. To by nám zajisté zhoršilo odvod tepla z motoru. Tento problém je vyřešen, jak je vidět z obrázku 3, při uvažování přídavné ventilace. S uvažováním další ventilace dochází k vyrovnání tlaků na rotoru, statoru a ve vzduchové mezeře a je tak zajištěn plynulejší přenos proudění. Správně navržený chladičový systém je velice důležitý, neboť jak již bylo v této práci zmíněno, zvyšuje spolehlivost a životnost stroje, taktéž snižuje hmotnost a tedy i náklady na jeho výrobu.

REFERENCE

- [1] Hak, Josef, Ošlejšek, Oldřich: Vypočet chlazení elektrických strojů – 1.Díl: Fyzikální podklady výpočtu chlazení a ventilační výpočet. Vydání VUES Brno, 1973, 628s.