

Analýza rotorového ventilačního systému vzduchem chlazeného turbogenerátoru pomocí CFD

Jiří Franc

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
jfranc@kev.zcu.cz

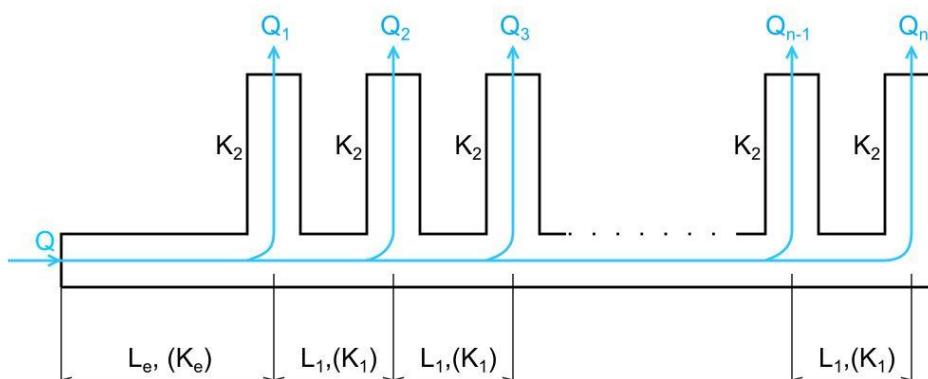
Analysis of the rotor ventilation system of the air cooled turbo generator using CFD

Abstract – This paper describes CFD analysis of the rotor ventilation system with rotor radial ducts punched through rotor winding. Analysis includes calculation of air flow and pressure drop for each duct. Default arrangement of the rotor ventilation is compared to improved arrangement which should lower the pressure drop and even the airflow in individual ducts.

Keywords – CFD; Fluent; Turbo generator; Turbulent model; Ventilation system.

I. ÚVOD

Stroj zvolený pro tuto analýzu byl vzduchem chlazený turbogenerátor o výkonu 45,6 MW. Konkrétně šlo o analýzu rotorového chladičského systému, který využívá poddrážkového kanálu k rozvedení vzduchu v axiálním směru do rotoru a následně skrz radiální rotorové kanály do vzduchové mezery, viz obr I.



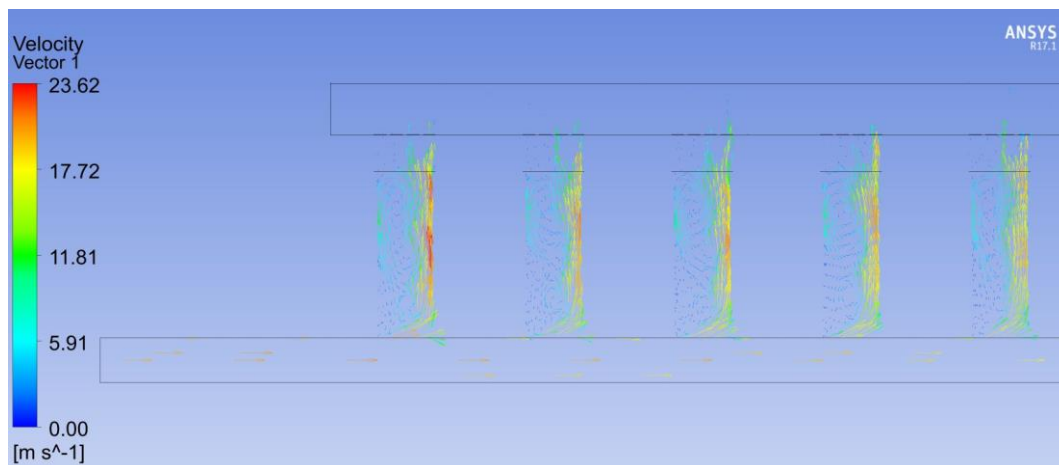
Obrázek I. Poddrážkový kanál který napájí řadu radiálních kanálů[2]

Toto základní uspořádání bylo porovnáno s vylepšenou variantou, která se oproti základnímu uspořádání liší ve sklonu radiálních kanálů. Reálně to znamená, že každý rotorový vodič má různé rozteče proražených děr a jakmile se vodiče seskládají do drážky, tak tyto otvory vytvoří sklon pod určitým úhlem. Dá se tedy očekávat, že tímto zásahem dojde ke zlepšení tlakových poměrů ve stroji a také ke zrovnomnění průtoku.

A. Analytický výpočet podrážkového kanálu

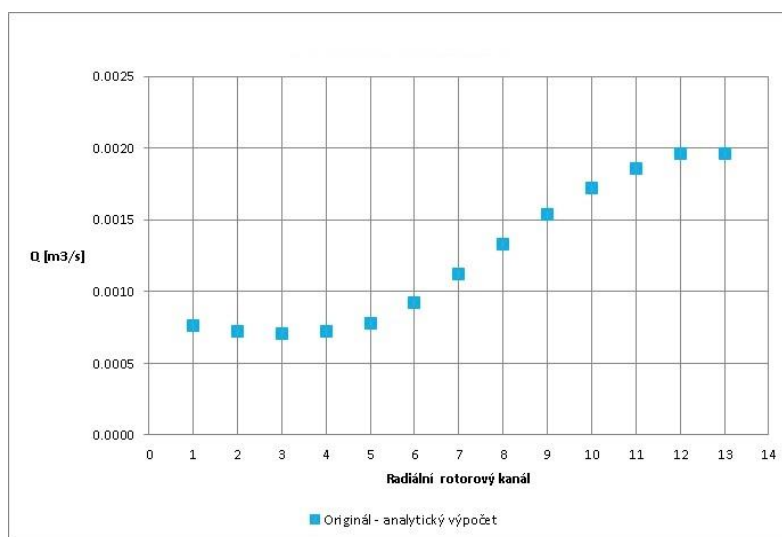
Pro analytický výpočet byl použit softwarový nástroj napsaný v programu Matlab, který řeší právě rozložení průtoku v rotoru. Na základě experimentů byl sestaven vzorec, který řeší tzv. odbočkový jev, který se v chladicím systému rotoru projevuje. Odbočkový jev se projevuje právě nerovnoměrným rozdělením průtoku v jednotlivých radiálních kanálech [1].

Prakticky dojde k tomu, že vzduch, kvůli velké rychlosti nedokáže z podrážkového kanálu kolmo zatočit do radiálních kanálů. U několika prvních kanálů to znamená, že vzduchu bude procházet sotva třetinou průřezu a zbytek průřezu bude blokováno vírem, viz obr. II.



Obrázek II. Vzduchové víry v prvních několika radiálních kanálech

Analytický výpočet nám poskytne rozložení průtoku v těchto radiálních kanálech právě s ohledem na odbočkový jev. V tomto konkrétním případě je řešen podrážkový kanál, který napájí 13 radiálních kanálů. Toto rozložení je na obrázku III.

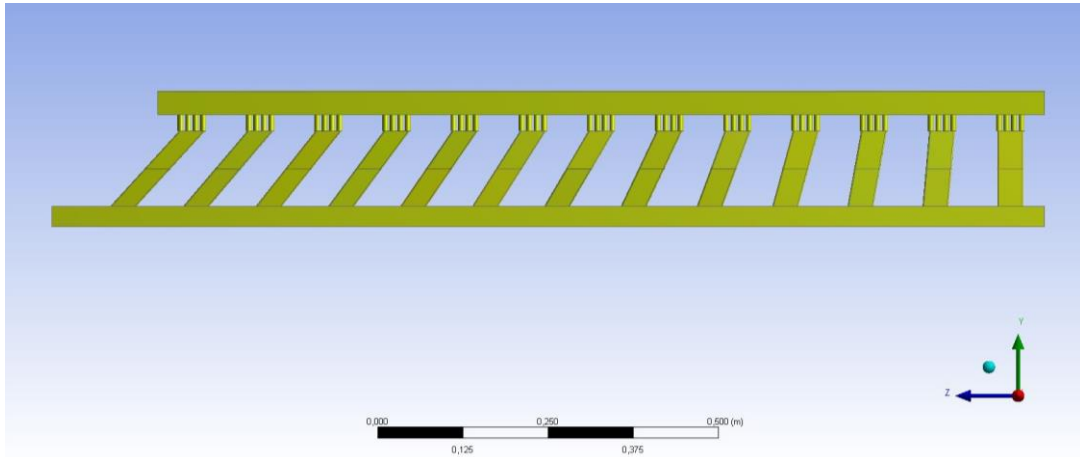


Obrázek III. Rozložení průtoku v radiálních kanálech

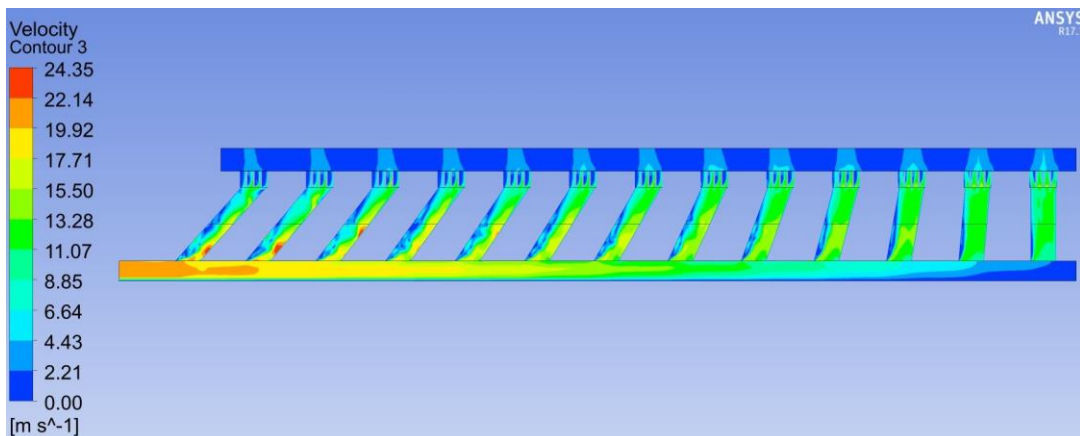
Výsledek analytického výpočtu potvrzuje předpoklad o rozložení průtoku, tj. směrem ke středu stroje dochází k nárůstu průtoku. Na druhou stranu v prvních kanálech je průtok značně redukován.

B. CFD analýza

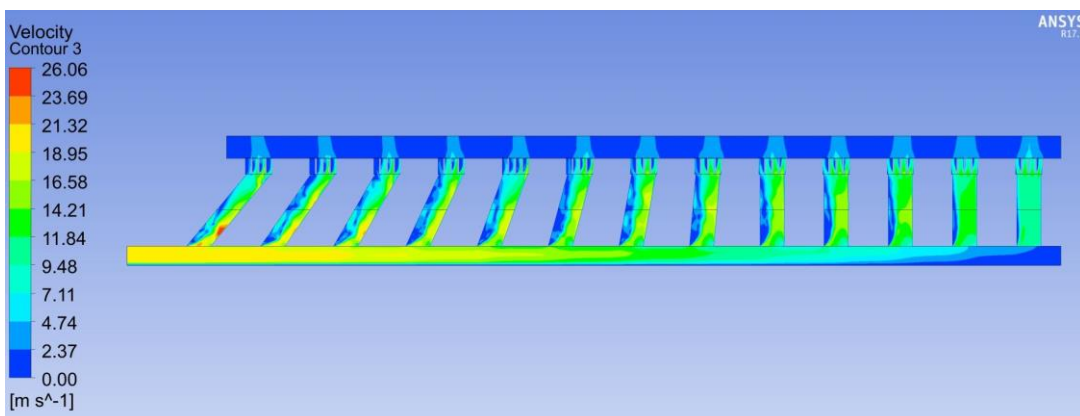
Analýza proudění byla provedena pomocí softwaru Ansys Fluent R17.1. CFD výpočet byl spouštěn s dvěma různými turbulentními modely, tj. k- ϵ Realizable a k- ω SST. Vstupní okrajová podmínka byla definována jako rychlost (20 m/s) a výstupní jako tlak (0 Pa). Pro výpočet byl použit řešič Coupled, který se vyznačuje větší přesností a rychlejší konvergencí. Na následujícím obrázku (IV) je uveden příklad jedné z testovaných variant. Výsledky všech testovaných variant jsou vidět na následujících obrázcích (V-VII).



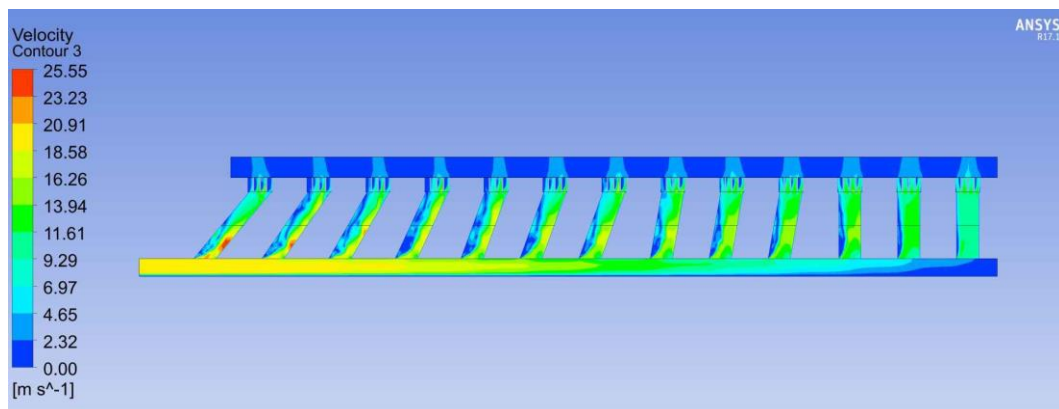
Obrázek IV. Testovaná varianta A



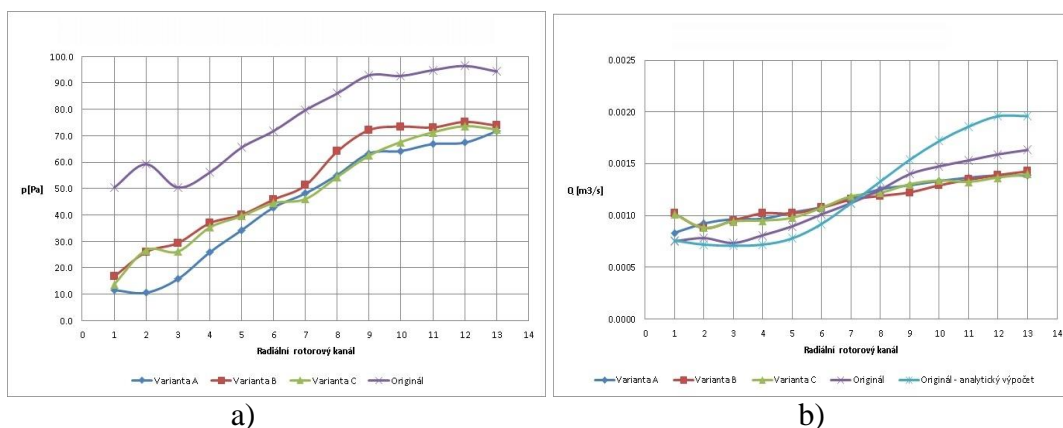
Obrázek V. Rozložení rychlosti – varianta A



Obrázek VI. Rozložení rychlosti – varianta B



Obrázek VII. Rozložení rychlosti – varianta C



Obrázek VIII. a) tlakový úbytek v kanálech; b) průtok v kanálech

II. ZÁVĚR

Z obrázků V – VIII je patrné, že náklon radiálních kanálů skutečně redukuje víry, které vznikají v prvních kanálech. Tuto redukci podporuje i fakt, že došlo k poklesu tlakového úbytku (obr. VII a). Dále z tohoto plyne, že se částečně změnilo i rozložení průtoku jednotlivými kanály a došlo tak k zrovnoměnění. Tato změna je sice malá, ale i tak je viditelná na obrázku VIII b. Dá se tedy říct, že tyto změny jsou přínosem z hlediska optimalizace rotorového ventilačního systému a jistě budou mít i pozitivní vliv na celkové a místní oteplení rotorového vinutí.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] OŠLEJŠEK, Oldřich. Výpočet chlazení elektrických strojů. 1. Brno: Výzkumný a vývojový ústav elektrických strojů točivých, 1973.
- [2] FRANC, Jiří. Softwarový nástroj pro ventilační výpočty turbogenerátorů. Elektrotechnika a informatika 2015. 2015, 4.
- [3] M. Mohammadi, H. Ansari, P. Bahemmat and A. A. Kharamani, "Thermal analysis of the rotor of large air-cooled turbo generators," Thermal Power Plants (CTPP), 2011 Proceedings of the 3rd Conference on, Tehran, 2011, pp. 1-6.