



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Department of Mechatronics

Chair of Mechanosystem Components

MHE70LT

Ott Olari Ruus

**CFD SIMULATION OF SUBSTATION VENTILATION
GRILLE**

**ALAJAAMA VENTILATSIOONIRESTI CFD
SIMULATISOON**

MSc thesis

The author applies for
the academic degree
Master of Science in Engineering

Tallinn 2016

CONCLUSION

The difference between the reference grille's measured values of pressure drop and the simulation is 48 %. The differences between the measured values of the inlet and outlet chambers and the simulation values are both less than 48 % but because the errors are in opposite directions (simulation of inlet chamber is less than test rig results and simulation of outlet chamber is more than test rig results) the pressure drop difference is amplified.

In Figure 5.2 the pressure drop is nearly identical for the measured and simulated values. The chamber values however have an almost equal offset from the test rig measurement values. Because of that offset the results cannot be considered suitable for intended purposes.

When not accounting for the test rig uncertainty the validation grille simulation results could be considered suitable for acquiring data for assessing the pressure loss coefficients of the grilles. But because Figure 5.1 does not fully support the claim, as the pressure drop of the reference grille has a considerable difference for the simulated and measured values and because the test rig measurement results have high levels of uncertainty which in turn result in high levels of uncertainty in the simulations, further research is required to assess systematic tendencies between the values obtained from the simulation and test rig.

SUMMARY

The task of this thesis was to create a CFD simulation of a test rig for studying substation ventilation grilles. The test rig was modeled, manufactured and constructed prior to the start of this thesis.

For creating the simulation, the construction of the test rig was analyzed and a CAD modeled of the fluid domain was created. The geometry of the test rig model and the grilles used were simplified to reduce the computational resource requirements.

Tests with the test rig were planned and carried out to identify boundary parameters for the simulation in order to create comparable results. Also suggestions are made how to improve the testing process in order to obtain results which are more precise.

The parameters for the simulations were analyzed and identified. Using these parameters and the boundary conditions obtained from the experiments made on the test rig, simulations were carried out. All together two separate grilles were tested, simulated and compared. Also suggestions were made to improve the parameters as the license available during the course of the thesis did not allow the full functionality of the ANSYS CFX software.

In the course of this theses two different grilles were analyzed. Because the outcomes varied no final conclusions could be made and further research is required in order to identify any systematic tendencies between the grilles and the simulations of said grilles. But the expectations on the simulation results were not to obtain a high level of precision but to achieve simulation results in similar ranges with the test rig measurements. Based on chapter 5 and the conclusion that goal was met.

Also procedures and instructions for conducting measurements on the test rig and setting up the simulation were created and documented.

Not all of the simulation settings could be applied due to the limitation of nodes set by the licensing. That limitation is believed to be one of the main sources of differences in the outcome of the work. The other main source is believed to be high uncertainty of measurements.

The author believes that the goals set for this thesis were met and the outcome contains valuable results and input for further research.

Future work

The restrictions set by the licensing did not allow the application of some of the meshing principles discussed in chapter 4. A proper inflation layer should be applied. That means the height of the inflation layer should be determined, applied to the mesh and simulated. The simulation results should be analyzed from the aspect of inflation layer compliance with the boundary layer. Furthermore to ensure mesh independence a proper mesh independence analysis should be conducted.

Because of the high measurement uncertainty of the mass-flow rate the pressure values at the points of interest of the simulation have a high uncertainty. The main contributor to the high uncertainty of the mass-flow rate is the uncertainty of the pressure drop at the damper. That means a future prospect is to conduct experiments with a manometer that has a lower uncertainty. That way the bounding values of the inlet boundary condition of the simulation can be reduced and a solution with a smaller uncertainty can be achieved. Also the absolute pressure should be documented for any new measurements made.

In reality many of the grilles being used in substations have a wire-mesh screen to help ensure the IP class. Meshing that would require a large amount of nodes or the use of porous domains. Because of the mesh size restrictions the first option was excluded. Using porous domains would require the use of multiple domains which in turn would increase the complexity. Because of that the effect of wire-mesh screens was excluded from the scope of this thesis and grilles with wire-mesh screens were neither considered nor used as test objects. This is a topic that needs to be further studied to implement the outcomes of this thesis in thorough research of substation ventilation grilles.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärk oli luua CFD analüüs alajaamade ventilatsioonirestide katsestendist. Töös kasutatud katsestend disainiti, toodeti ja koostati enne antud lõputöö algust.

Simulatsiooni loomiseks analüüsiti katsestendi ja loodi CAD mudel katsestendi vedeliku domeenist. Nii katsestendi kui ka uuritavate ventilatsioonirestide 3D mudeleid lihtsustati, et vähendada nõudeid arvutuslikule võimekusele.

Töö käigus kavandati ja viidi läbi testmõõtmised katsestendil. Nende tulemusena määrati simulatsiooni piirtingimused. Seeläbi oli võimalik tagada, et katsetuste ja simulatsioonide lähteparameetrid ning tulemused on võrreldavad. Ühtlasi esitatakse lõputöös ettepanekud, kuidas läbi viia testmõõtmised edaspidi, et parandada tulemuste kordus-täpsust.

Töö käigus analüüsiti ja määrati simulatsiooni lähteparameetrid. Nende parameetrite ja katsestendil kindlaks määratud piirtingimuste abil viidi läbi CFD simulatsioonid. Töö käigus analüüsiti kahte erinevat ventilatsiooniresti. Töös kasutatud tarkvara litsentsi piirangute tõttu polnud võimalik kasutada tarkvara täit funktsionaalsust. Seetõttu esitati töös ettepanekud, kuidas oleks võimalik simulatsiooni ja mudeli 3D võrgustikku parandada, kui võimalik on kasutada piiranguteta tarkvara.

Töö käigus uuritud kahe ventilatsiooniresti tulemused erinesid teineteist. Seetõttu ei olnud võimalik teha lõplikke järeldusi. Vajalik on edasine uurimus, et teha kindlaks katsestendi mõõtmiste ja simulatsioonide vahelised korrelatsioonid ja erisused. Kuid kuna töös kasutatav tarkvara seadis tööle piirid, polnud töö eesmärgiks mitte katsestendi mõõtmiste ja simulatsiooni tulemuste identne kokkulangevus, vaid sarnases suurusjärgus tulemuste saavutamine. Töös saavutatud tulemuste ja tehtud järelduste põhjal võib väita, et seatud eesmärk saavutati.

Ühtlasi loodi töö käigus protseduurid ja juhised katsestendi testmõõtmiste läbiviimiseks ja simulatsiooni seadistamiseks.

Töös kasutatud tarkvara piirangute tõttu ei olnud võimalik simulatsioonis rakendada kõiki seadeid. See võib olla ka üks suurimaid põhjuseid, miks simulatsiooni ja testmõõtmiste tulemused sedavõrd erinesid. Teine peamine erinevuste põhjus on usutavasti suured mõõtemääramatused.

Töö autor usub, et töös seatud eesmärgid on täidetud ning töö tulem omab rakenduslikku väärtust ning sisendit edasiseks uurimuseks.

Edasine töö

Kasutatava litsentsi poolt seatud piirangud ei võimaldanud rakendada mõningaid 3D võrgustiku disaini põhimõtteid, mis on kirjeldatud peatükis 4. Mudelile tuleb lisada korrektse piirikihid (*inflation layer*.) See tähendab, et kindlaks tuleb määrata korrektne kihi paksus, see mudelil rakendada ja simuleerida. Simulatsiooni tuleb analüüsida piirikihi rakendamisel saadud tulemuste aspektist ning nende kokkulangevusest voolu tangentsiaalpingete jaotusega. Lisaks tuleb läbi viia analüüs, mis kinnitaks saadud tulemuse sõltumatust 3D võrgustiku dimensioneerimisest.

Massivooluhulga kõrge määramatuse tõttu on simulatsiooni rõhkude väärtustel vaadeldavates punktides samuti kõrged määramatused. Massivooluhulga kõrge määramatus tuleneb põhiliselt rõhu vahe suurest määramatusest mõõtediafragmas. Sellest tulenevalt tuleb läbi viia uued katsemõõtmised madalama mõõtemääramatusega manomeetriga. Seeläbi on võimalik simulatsioonides kasutada väiksemaid piirväärtusi ja seeläbi saavutada täpsemad tulemused. Ühtlasi tuleb uutel katsemõõtmistel dokumenteerida absoluutne rõhk.

Alajaamade ventilatsioonirestide juures kasutatakse tihti traatvõrgust vaheseina, mis aitab tagada IP klassi. Selle vaheseina simuleerimine vajaks kas väga peenet 3D võrgustikku või poorse domeeni kasutamist. Litsentsi piirangute tõttu oli antud lõputöö raames esimene nimetatud variant välistatud. Kuna poorse domeeni rakendamine oleks oluliselt tõstnud simulatsiooni keerukust ei jäetud seda töö lihtsustamise eesmärgil antud lõputöös käsitletavate teemade hulka. See teemaatika vajab täiendavat uurimist, et antud lõputöö tulemit oleks võimalik rakendada põhjalikumas alajaamade ventilatsioonirestide uurimises.