

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ В.Ф.Шинкаренко

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

на тему: «Аналіз нагріву ротора турбогенератора за наявності
ушкодження обмотки збудження»

Виконав:
студент VI курсу, групи ЕМ-61м
Ліс Вадим Олександрович _____

Керівник:
Доцент, к.т.н.
Гераскін О.А. _____

Рецензент:
Доцент, к.т.н.
Король С.В. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра електромеханіки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою магістра

Спеціальність (спеціалізація) 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» («Електричні машини і апарати»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.Ф.Шинкаренко

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Лісу Вадиму Олександровичу

1. Тема дисертації Аналіз нагріву ротора турбогенератора за наявності ушкодження обмотки збудження

науковий керівник дисертації Гераскін Олександр Анатолійович, доц., ктн,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «21» березня 2018 р. № 981-С
2. Термін подання студентом дисертації 15 травня 2018 р.
3. Об'єкт дослідження Турбогенератор з безпосереднім водневим охолодженням потужністю 200 МВт
4. Предмет дослідження Температурне поле і градієнт температури ротора без ушкодження та при ушкодженні обмотки збудження
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Огляд проблеми дослідження температурного поля турбогенератора; опис двовимірної та математичної моделі турбогенератора; дослідження температурного поля ротора без ушкодження і при ушкодженні обмотки збудження; розробка стартап-проекту; висновки до роботи

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Презентація з 14 слайдів формату А4 з дослідженням температурного поля в програмі COMSOL, з формулами та графіками, що описують теплові процеси

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 10 жовтня 2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Проблеми дослідження температурного поля турбогенератора	17.10.17 – 20.11.17	
2	Опис математичної моделі та двовимірної моделі	25.11.17 – 10.01.18	
3	Дослідження температурного поля в роторі турбогенератора без ушкодження і з ушкодженням обмотки збудження	17.01.18 – 12.03.18	
4	Розробка стартап-проекту	15.03.18 – 17.04.18	
5	Оформлення висновків по роботі і переліку використаної літератури	25.04.18 – 11.05.18	

Студент _____

В.О. Ліс
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

О.А.Гераскін
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить: 82 сторінки, 9 таблиць, 34 рисунка, список використаної літератури з 17 найменувань.

Актуальність теми. Дослідження розподілу температурного поля та градієнту температури ротора турбогенератора дає можливість оцінити технічний стан електричної машини та дати практичні рекомендації, щодо подовження терміну експлуатації та підвищення надійності роботи за результатами польового аналізу.

Мета. Дослідження температурного поля ротора турбогенератора без ушкодження і при ушкодженні обмотки збудження.

Об'єкт дослідження. Турбогенератор з безпосереднім водневим охолодження потужністю 200 МВт.

Предмет дослідження. Температурне поле і градієнт температури ротора без ушкодження і при ушкодженні обмотки збудження.

Методи дослідження. Польові методи, в основу яких покладені розрахунки диференціальних рівнянь методом скінченних елементів.

Ключові слова та словосполучення. Температурне поле, градієнт температури, метод скінченних елементів, датчики температури, система контролю температури.

ABSTRACT

The master's dissertation contains: pages, 9 tables, 34 figures, list of used literature from 17 titles.

Actuality of theme. The study of the temperature field distribution and the gradient of the temperature of the turbine generator rotor gives an opportunity to evaluate the technical condition of the electric machine and give practical recommendations for extending the life of the operation and improving the reliability of the work based on the results of field analysis.

Goal. Investigation of the temperature field of a turbine generator rotor without damaging and damaging the winding of excitation.

Object of study. Turbogenerator with direct hydrogen cooling with the power of 200 MW.

Subject of study. The temperature field and gradient of the rotor temperature without damage and damage to the energizing winding.

Research methods. Field methods, based on calculations of finite elemental differential equations.

Keywords and phrases. Temperature field, temperature gradient, finite element method, temperature sensors, temperature control system.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ.....	10
1.1 Види ушкоджень роторів турбогенераторів.....	10
1.2 Системи контролю температурного стану турбогенераторів.....	17
1.2.1 Датчики температури, що використовуються в турбогенераторах.....	21
1.2.2 Приклади систем контролю температурного стану турбогенераторів.....	23
1.2.3 Приклади приладів контролю температурного стану турбогенераторів.....	26
1.3 Огляд літератури стосовно проблематики дослідження температурного поля в роторах турбогенераторів.....	30
1.4 Висновки до розділу 1.....	31
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТУРБОГЕНЕРАТОРА.....	33
2.1 Побудова двовимірної математичної моделі.....	33
2.1.1 Параметри досліджуваного ротора.....	33
2.1.2 Алгоритм побудови двовимірної математичної моделі.....	34
2.2 Математична модель та рівняння теплового поля.....	36
2.2.1 Математична модель досліджуваного турбогенератора.....	38
2.3 Моделювання ушкоджень обмотки збудження.....	40
2.4 Рівні допустимих температурних нагрівів елементів турбогенератора.....	43
2.5 Висновки до розділу 2.....	49

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ РОТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА.....	50
3.1 Розподіл температурного та градієнта температури в роторі неушкодженого турбогенератора.....	50
3.2 Аналіз температурного поля в роторі турбогенератора при ушкодженні обмотки збудження.....	55
3.3 Аналіз градієнта температури в роторі турбогенератора при ушкодженні обмотки збудження.....	62
3.4 Практичні рекомендації щодо покращення системи контролю температурного стану турбогенератора.....	68
3.5 Висновки до розділу 3.....	70
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	72
4.1 Модернізація системи контролю технічного стану турбогенератора ТГВ- 200М за результатами моделювання.....	72
4.1.1 Опис ідеї проекту.....	72
4.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	73
4.1.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	74
4.1.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	77
4.2 Висновки до розділу 4.....	78
Висновки по роботі.....	79
Список літератури.....	81

Перелік умовни скорочень

АСУ ТП – Автоматизована система управління технологічним процесом;

ВСКТГ – Вимірювальна система температурного контролю генератора;

УСО – Управління спеціальними процесами;

МСЕ – Метод скінченних елементів;

МСП – Метод скінченних різниць;

SWOT-аналіз – Метод стратегічного планування;

ВСТУП

Одним з найважливіших факторів, що визначає надійність роботи турбогенераторів є допустимий нагрів елементів його конструкцій. Надійність роботи турбогенератора в цілому визначає надійність роботи електростанцій та інших підприємств, де вони експлуатуються.

Добре відомо, що на даний момент турбогенератори, які експлуатуються на Українських підприємствах, майже повністю вичерпали свій термін експлуатації. Заміна та ремонт даних електричних машин є дуже складною та коштовною процедурою.

Ушкодження елементів ротора турбогенератора призводять до виходу зі строю турбогенератора в цілому. Перегрів елементів ротора може бути викликаний коротким замиканням обмотки збудження, ушкодженням ізоляції обмотки ротора, порушенням системи охолодження, тривалим форсуванням збудження. З огляду на це, виникає гостра необхідність в контролю технічного стану турбогенератора. Системи контролю технічного стану дозволяють виявити причини ушкодження турбогенератора на стадії виникнення і не допустити їхнього подальшого розвитку. На сьогоднішній день температурний контроль елементів ротора турбогенератора виконується за допомогою температурних датчиків, які встановлюються у відповідних місцях конструкції.

В теперішній час для оцінки технічного стану турбогенераторів використовують сучасні методи польового аналізу.

Потрібно сказати, що аналіз температурного стану турбогенератора є актуальним, так як по його результатам даються певні практичні рекомендації, щодо підвищення надійності роботи та подовження терміну експлуатації.