

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТВВ-320

Березін Б.В., студент, Цивінський С.С., к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Турбогенератори є важливими елементами енергосистеми, так як виробляють більшу частину електричної енергії в країні. Дослідження фізичних процесів в турбогенераторах, з подальшим використанням результатів цих досліджень для удосконалення конструкції є важливим науковим напрямком в сфері електромеханіки і сучасного електромашинобудування. Висока надійність роботи турбогенератора забезпечується достатніми електричною, термічною і механічною міцностями. Нагрівання елементів конструкції більше допустимих норм призводить до скорочення терміну роботи або до втрати працездатності. Порушення теплового стану особливо небезпечно для ізоляції [1, 2].

З огляду на складність конструкції турбогенераторів, вивчення фізичних процесів, що протікають в них тільки експериментальними методами є складною задачею. Таке дослідження необхідно проводити методами математичного моделювання на основі адекватних математичних моделей. Методами, що забезпечують високу достовірність розрахунків, є інваріантними до характеру електромагнітних і теплових зв'язків електричної машини, враховують її реальну геометрію та властивості матеріалів є польові методи аналізу [3].

Мета роботи. Метою роботи є розробка математичних моделей та дослідження температурного поля в обмотці статора турбогенератора потужністю 320 МВт з безпосереднім водяним охолодженням обмотки статора.

Матеріали і результати досліджень. Математична модель. Аналіз температурного поля здійснено в двовимірному вигляді. Розрахункову область обмежимо однією зубцевою поділкою рис. 1, так як на суміжних поділках теплове поле буде аналогічне.

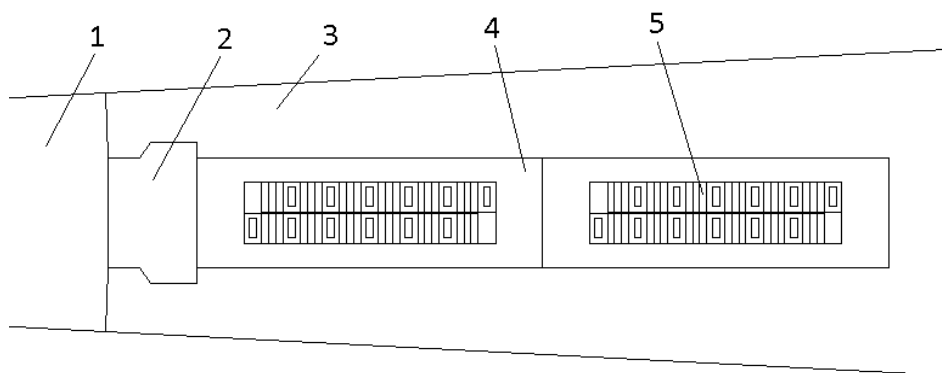


Рисунок 1 – Розрахункова область

На рис. 1 зображено: 1 – водневий зазор між статором і ротором; 2 – клин; 3 – осердя статора; 4 – ізоляція обмотки якоря; 5 – провідники обмотки якоря.

Визначальне рівняння електромагнітного поля має вигляд

$$(j\omega\sigma - \omega^2\varepsilon)A_z + \nabla \times (\mu^{-1}\nabla \times A_z) = J_z$$

де σ – електрична провідність; μ – магнітна проникність; ε – діелектрична проникність; ω – кутова частота; j – уявна одиниця; J_z – густина сторонніх струмів (густина струмів обмотки якоря).

Граничні умови для електромагнітної задачі задаються наступним чином. На границях 1 і 4 (рис. 2), задавалися граничні умови першого роду

$$A_z = 0$$

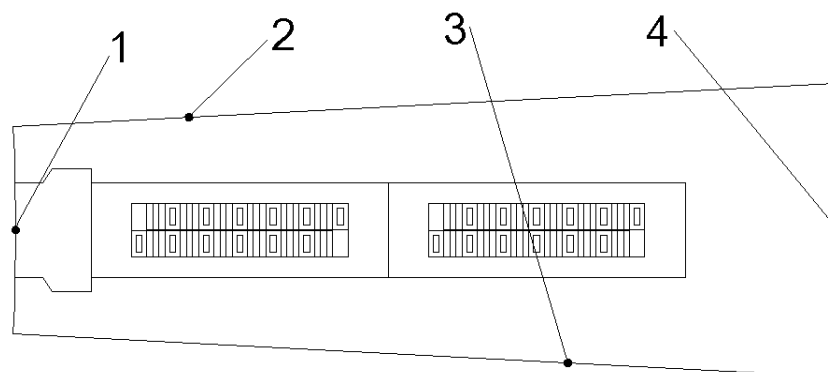


Рисунок 2 – Граничні умови для електромагнітної задачі

На границях 2 і 3, задавалися граничні умови періодичності

$$A_z|_2 = A_z|_3$$

За результатами розрахунку електромагнітної задачі отримано величину теплових втрат в обмотці статора.

$$Q = \frac{|J|^2}{\sigma}$$

Далі розглядаються сталі теплові процеси. Стационарне теплове поле описується наступним рівнянням

$$\nabla \cdot (-k \nabla T) = Q$$

де k – теплопровідність; T – температура; Q – густина теплових втрат.

Граничні умови для теплової задачі задаються наступним чином. Прийнято, що втрати в сталі статора повністю відводяться воднем, який проходить по радіальним вентиляційним каналам осердя і в зазорі між статором і ротором. Таким чином на границі 1, що виділена товстою лінією рис. 3, задається гранична умова першого роду (значення температури водню).

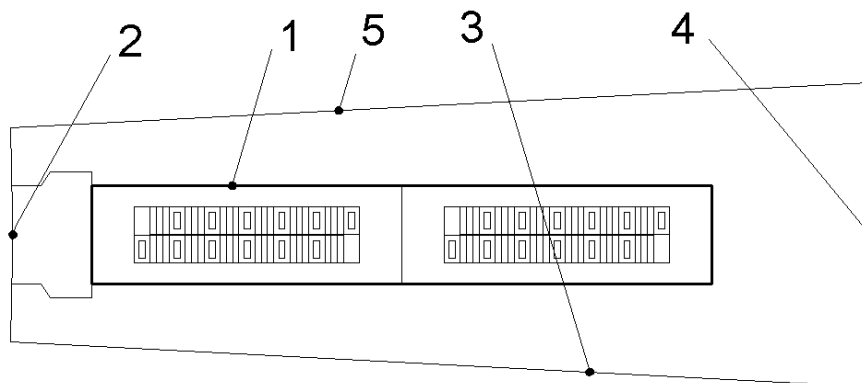


Рисунок 3 – Граничні умови для теплової задачі

Виходячи з припущення, що теплообмін між сусідніми зубцевими поділками не виникає, на границях 2, 3, 4 і 5 (рис. 3) задаються умови теплоізоляції

$$-n \cdot (-k \nabla T) = 0$$

За результатами розрахунку теплової задачі отримано розподіл температурного поля в обмотці і в ізоляції статора рис. 4.

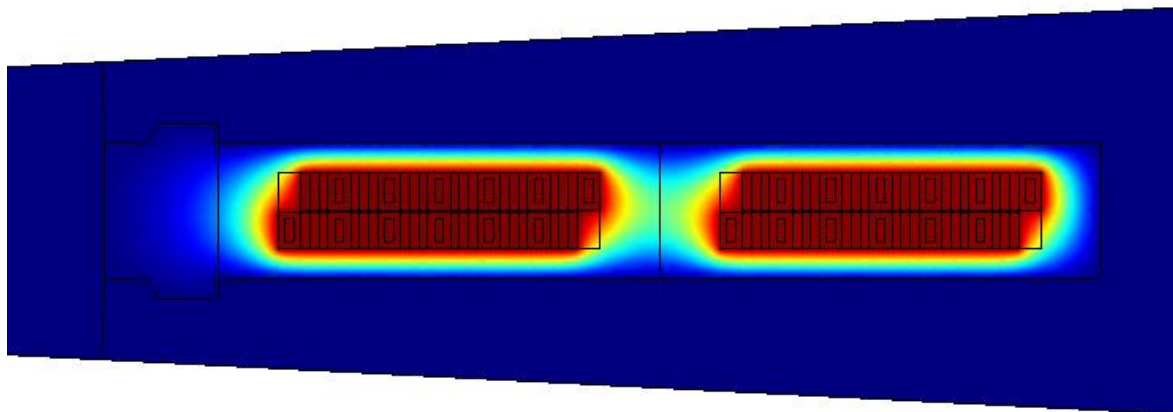


Рисунок 4 – Картина розподілу температури

Для розв'язання електромагнітної і теплової задач використовується чисельний метод скінчених елементів. На рис. 5 зображена сітка скінчених елементів, що отримана у результаті дискретизації розрахункової області на скінчені елементи.

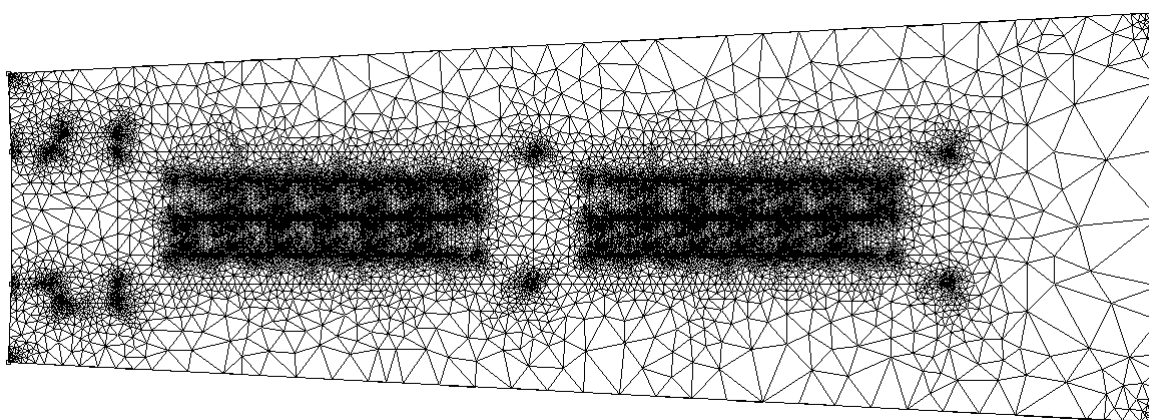


Рисунок 5 – Сітка скінчених елементів

Висновки. Розроблено математичну модель та досліджено температурне поле в обмотці статора турбогенератора з водяним охолодженням. Створена модель буде використана для виявлення впливу дефектів в системі охолодження обмотки статора на тепловий стан турбогенератора.

Перелік посилань

1. Извеков В.И. Проектирование турбогенераторов / В.И. Извеков, Н.А. Серихин, А.И. Абрамов. – М.: МЭИ, 2005. – 440 с.
2. Хуторецкий Г.М. Проектирование турбогенераторов / Г.М. Хуторецкий, М.И. Токков, Е.В. Толвинская. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.
3. Васьковський Ю.М. Польовий аналіз електричних машин / Ю.М. Васьковський. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 191 с.