

ЦИВКІН А. П., ШИЛКОВА Л. В., МІЛИХ В. І., д-р техн. наук

ЧИСЕЛЬНО-ПОЛЬВИЙ АНАЛІЗ РЕАКТИВНОГО МОМЕНТУ, ЩО ДІЄ НА РОТОР ПОТУЖНОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА, І ВІДПОВІДНИХ КУТОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Чисельний розрахунок магнітного поля є ефективною основою для визначення й аналізу широкого спектру електромагнітних параметрів електричних машин, у тому числі – силових взаємодій [1].

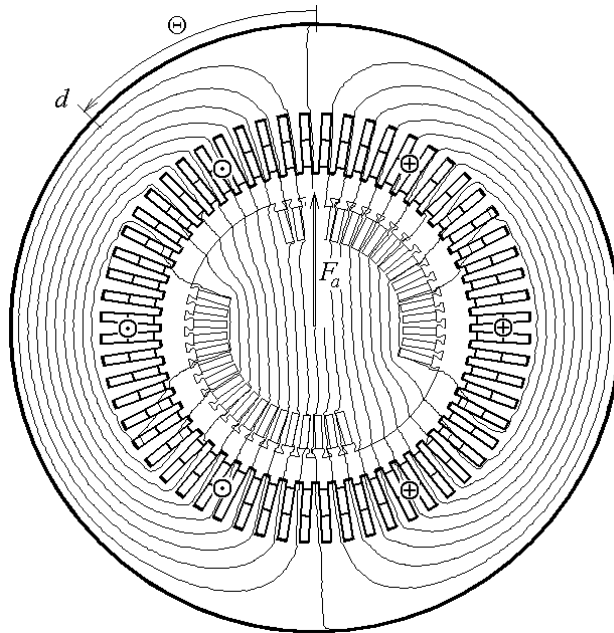


Рис. 1 – Електромагнітна система ТГ

Метою даної роботи є розрахунок реактивного обертального моменту M_{em} , що діє на неявнополюсний ротор турбогенератора (ТГ) при збудженні статора і відсутності збудження ротора, а також аналіз відповідної кутової реактивної характеристики $M_{em}(\Theta)$, де Θ – кут між напрямком дії МРС обмотки статора F_a та поздовжньою віссю ротора d . Момент M_{em} існує з огляду на те, що ротор таки має магнітну анізотропію по поздовжній і поперечній осях через наявність «великого зуба» його осердя.

Для дослідження взято ТГ потужністю $P_N=235$ МВт (рис.1), а розрахунки виконано на основі методу скінчених елементів з використанням програми FEMM [2]. Для зняття кутової реактивної характеристики $M_{em}(\Theta)$ покроково повертали ротор, зберігаючи збудження статора і задаючи кут Θ з кроком $0,5^\circ$ в діапазоні від 0 до 90° – на половині полюсного кроку τ_p . Після розрахунку магнітного поля використовується розподіл радіальної B_r та кутової B_α складових магнітної індукції. На основі методу магнітних натягів [2] реактивний момент:

$$M_{em} = \frac{l_a}{\mu_0(r_s - r_r)} \int_0^{2\pi} \int_{r_r}^{r_s} r \cdot B_r \cdot B_\alpha \cdot r \cdot dr \cdot d\alpha$$

де r_r и r_s – радіуси кіл, що обмежують кільцеву площу у проміжку з боків ротора і статора; $\mu_0=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнітна стала; l_a – активна довжина ТГ; r, α – координати полярної системи.

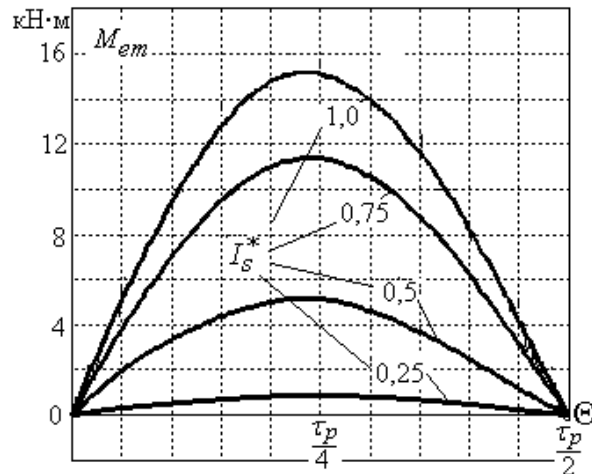


Рис. 2 – Сім'я реактивних кутових характеристик ТГ (I_s^* – відносне значення фазного струму)

Розрахунки виконали при чотирьох різних значеннях фазного струму статора і їхні результати проілюстровані на рис.2 сім'єю кутових характеристик. Рівень струму статора 1,0 відповідав дуже сильному насиченню магнітопроводу, рівень 0,5 – близький до номінального насичення, коли в обмотці статора забезпечувалась номінальна напруга.

При номінальному струмі статора максимальне значення реактивного моменту склало 15,2 кН·м при $\Theta = 45^\circ$, що відповідає 2% від номінального моменту ТГ. Саме для цього стану ТГ дана картина магнітного поля на рис.1. Реактивний момент можна використати для обертання ротора в різних експериментах або при введенні його в синхронізм в разі знеструмленої обмотки ротора.

Висновки: Незважаючи на те, що ТГ неявнополюсний, в ньому існує реактивний момент, завдяки тому, що ротор має анізотропію магнітних властивостей по поздовжній і поперечній осях через наявність «великого зуба». Кутова реактивна характеристика близька до синусоїди, а максимальний момент залежить не тільки від струму статора, але і від насичення магнітопроводу.

Список джерел інформації: 1. Мильх В.И., Полякова Н.В. Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // Электротехника і електромеханіка.– 2006.– №2.– С.40-46. 2. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. Version 4.2. User's Manual, September 26, 2006 // <http://femm.berlios.de>.