

Р.В. ДУБЯГА, С.В. ДУБЯГА, В.І. МІЛИХ, докт. техн. наук

Розрахунок та гармонійний аналіз магнітного поля в проміжку турбогенератора в режимі навантаження

Вступ. Принцип дії електричних машин (ЕМ) оснований на існуванні і взаємодії магнітних полів. У класичній теорії ЕМ обґрунтування найважливіших явищ базується, як правило, на розподілі магнітної індукції (МІ) в проміжку між статором і ротором, де вона визначається методом магнітного кола з низкою грубих припущень, причому звичайно розрахунки магнітного поля обмежуються випадками дії однієї з обмоток – індуктора – це загальноприйнятий режим неробочого ходу.

Відмовитися від ряду припущень при розрахунку магнітних полів у ЕМ дозволяють чисельні методи в поєднанні з сучасним комп'ютерним програмним забезпеченням [1]. Однак, на практиці в більшості випадків обмежуються розглядом координатного розподілу МІ в проміжку ЕМ і подальшого гармонійного аналізу цього розподілу і пов'язаних з ним інших величин. Чисельні методи дозволяють розглянути й інші функції електромагнітних величин [2], які є більш корисними і правомірними для аналізу різних процесів в ЕМ.

Мета роботи. В даній роботі ставиться мета – представлення принципів і результатів чисельно-польового розрахунку і відповідного гармонійного аналізу координатних і часових функцій магнітного поля в режимі навантаження (РН) в активній зоні одного з найвідповідальніших типів ЕМ – потужному ТГ (рис.1).

У розширений склад, окрім традиційного розгляду координатної (кутової) функції МІ в проміжку на окружностях радіусів r_1 , r_2 і r_3 , входять ще часові функції МІ в нерухомих точках t_6 , t_7 і t_8 , в точках t_1 – t_5 , пов'язаних з поверхнею обертового ротора, а також магнітного потокозчеплення (МПЗ) обмотки статора.

Об'єкт дослідження – ТГ потужністю 225 МВт представлений на рис.1

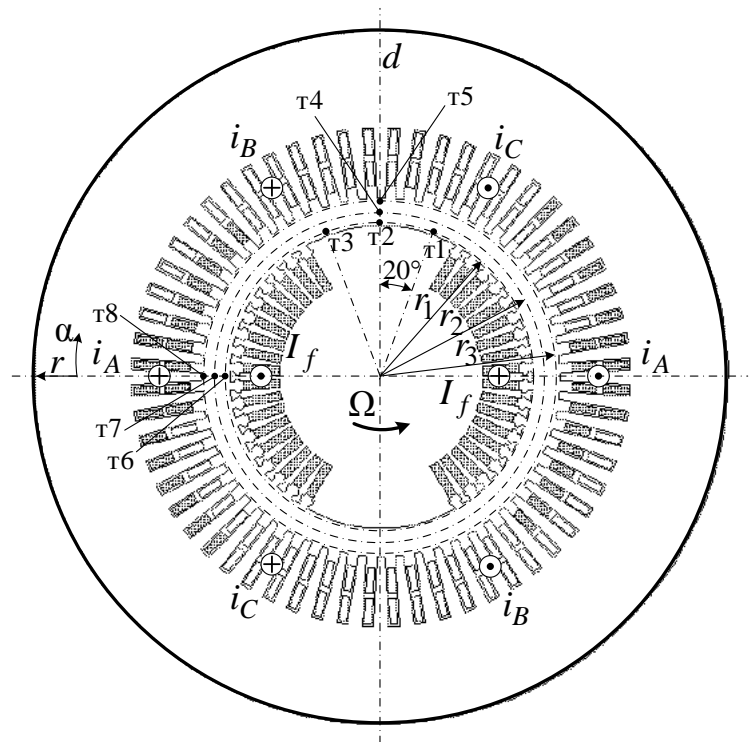


Рис. 1 – Розрахункова модель турбогенератора

моделлю його електромагнітної системи. Одна з трьох фазних зон обмотки статора виділена затемненням стрижнів в пазах. Також позначені: Ω – кутова швидкість обертання ротора і магнітних полів; прийнята полярна (r, α) система координат; d – поздовжня вісь ротора. Напрями струму обмотки збудження I_f і миттєвих фазних струмів обмотки статора i_A, i_B, i_C , відповідні режиму номінального навантаження (НН).

Для отримання координатних функцій МІ досить задати ці струми, провести однопозиційний розрахунок магнітного поля за програмою FEMM [2] і проаналізувати результати.

Для отримання часових функцій електромагнітних величин проводяться багатопозиційні розрахунки магнітних полів для заданого з кроком Δt часового ряду $t_k = \Delta t \cdot (k-1)$ та відповідного ряду кутових позицій ротора $\alpha_k = \Delta \alpha \cdot (k-1)$ з кроком $\Delta \alpha = \Omega \cdot \Delta t$, де $k=1, 2, \dots, K$, а K – мінімальна кількість позицій, що дозволяє сформулювати конкретні часові функції на їх періоді зміни. Повороти ротора і обчислення трифазної симетричної системи струмів статора в моменти часу t_k і збір необхідних результатів розрахунку проводилися при роботі програми FEMM автоматично з використанням спеціально написаної підпрограми на мові Lua, вбудованій в FEMM. При розрахунках кут повороту ротора $\Delta \alpha$ між фіксованими позиціями взятий досить малим – $0,5^\circ$ і у підсумку часова функція МІ $B_r(t)$ отримана у вигляді дискретного числового ряду $B_r(t_k)$, $k=1, 2, \dots, K$, як і інші часові функції.

Для точок, пов'язаних з обертовим ротором, період зміни часових функцій МІ $B_r(t)$, як показано в [3], становить одну шосту періоду струмів статора. З повних значень B_r виділяється змінна складова магнітної індукції за формулою $B_{rt}(t_k) = B_r(t_k) - B_{rav}$, де B_{rav} – середнє повне значення МІ для конкретної точки.

Окрім функцій МІ розглянута також часова функція МПЗ фазної обмотки статора.

Усі координатні та часові функції зазначених величин пройшли гармонійний аналіз у вигляді рядів Фур'є, результати якого порівняні з аналогічним аналізом на основі класичних методів, прийнятих для ЕМ.

Результати розрахунків подані у графічній та числовій формі, а також на їхній основі зроблена низка висновків, які підтверджують ефективність і новизну виконаного чисельно-польового аналізу координатних і часових функцій електромагнітних величин в активній зоні ТГ.

Список літератури:

1. Милых, 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. FEMM 4.2 32 bit Executable (11 apr 2012) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.femm.info/wiki/Download>. – 2013.
3. Милых, В.И., Полякова, Н.В. Анализ переменной составляющей магнитного поля на поверхности вращающегося ротора турбогенератора // Электротехника і електромеханіка.– 2013.– №5.– С.40-45.