

УДК 621.313

ОРГАНІЗАЦІЯ ЧИСЕЛЬНО-ПОЛЬОВИХ РОЗРАХУНКІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В ТУРБОГЕНЕРАТОРІ ПРИ ЙОГО НЕСИМЕТРИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Б.В. РЕВЯКІН^{1*}, І.І. МАНУКАЛОВ², В.І. МІЛИХ³

^{1*} магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

² бакалавр кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

³ зав. кафедри електричних машин, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

* email: kirsan32@list.ru

Вступ. Робота при несиметричному навантаженні призводить до цілого ряду додаткових проблем в експлуатації турбогенераторів (ТГ), які мають електромагнітну природу і виливаються в їх підвищену термічну і силову напруженість, в проблеми вібрації і неякісної трифазної системи електропостачання. Але така робота в експлуатації, в принципі, допускається та регламентується Міждержавним стандартом ГОСТ 533-2000. Встановлено, що фазні струми обмотки статора не повинні перевищувати їх номінального значення і в них струми зворотної послідовності обмежені 8 %.

Адекватне дослідження несиметричних режимів ТГ раніш виконувалося експериментально, тому що аналітичні методи пов'язані з дуже серйозними спрощеннями розрахункових моделей і стосуються лише локальних частин ТГ.

З розвитком чисельних методів розрахунку електромагнітних полів та рівня комп'ютерів можливості математичного моделювання істотно зросли. Тому поперед усього постало питання організації таких розрахунків у повній електромагнітній структурі ТГ на усій його активній частині в цілому.

Мета роботи – представлення принципу організації чисельно-польових розрахунків магнітних полів ТГ при несиметрії їх навантаження в межах обмежень зазначеного стандарту. Це відкриває широкі можливості дослідження електромагнітних та силових процесів в ТГ при обумовленому навантаженні.

Об'єктом дослідження для прикладу обрано трифазний двохполюсний ТГ потужністю 35 МВт, його номінальні фазна напруга 6,3 кВ і струм 2315 А. Поперечний переріз електромагнітної системи ТГ дано на рис. 1, а позначення відповідають [1].

Процес дослідження. Несиметричні режими в трифазних ТГ обумовлюються різницею фазних струмів через різне навантаження фазних обмоток статора. Ці режими досліджуються за допомогою

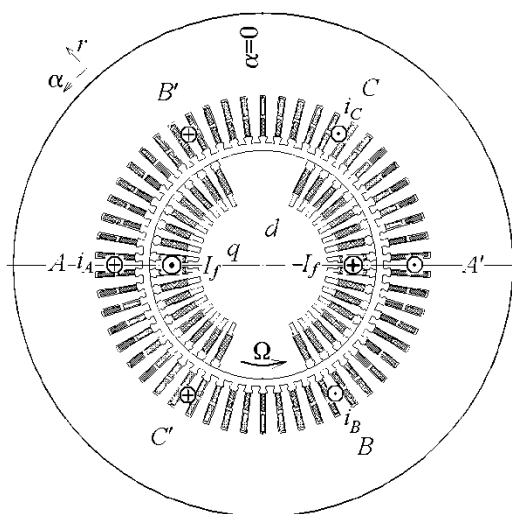


Рис. 1 – Розрахункова модель турбогенератора

методу симетричних складових [1]. Якщо фазні струми прямої послідовності мають діюче значення I_{s1} , то аналогічне значення струмів зворотної послідовності $I_{s2} = 0,08I_{s1}$ відповідно до стандарту. Сформовану вихідну

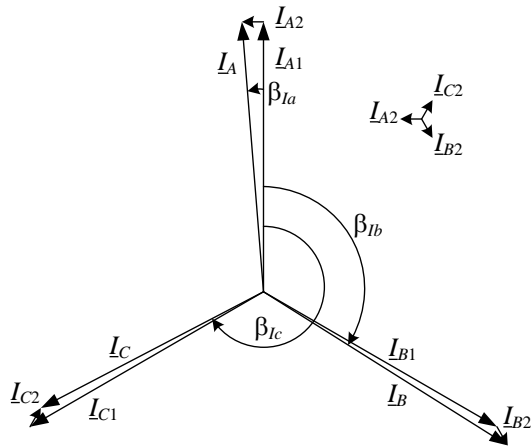


Рис. 2 – Векторна діаграма фазних струмів ТГ

несиметричну систему векторів фазних струмів \underline{I}_A , \underline{I}_B і \underline{I}_C подано на рис. 2 і вони складаються зі струмів прямої та зворотної послідовностей (індекси 1 і 2), не перевищують номіналу і склали $I_A=2170,2$ А; $I_B=2314,7$ А; $I_C=2015,3$ А. В м розрахунках обертових магнітних полів

$$\begin{aligned} i_A &= I_{ma} \cdot \cos(\omega \cdot t + \beta_{Ia} + \beta); \\ i_B &= I_{mb} \cdot \cos(\omega \cdot t + \beta_{Ib} + \beta); \\ i_C &= I_{mc} \cdot \cos(\omega \cdot t + \beta_{Ic} + \beta), \end{aligned} \quad (1)$$

задається їх часовими функціями: де ω – кутова частота.

Початкові фази струмів (1) β_{Ia} , β_{Ib} , β_{Ic} визначились підсумуванням векторів на рис. 2, тому жорстко пов'язані між собою і склали $\beta_{Ia} = 9,15^\circ$; $\beta_{Ib} = -117,56^\circ$; $\beta_{Ic} = -237,88^\circ$. Потім до них додано загальну початкову фазу β таким чином, щоб результуючу МРС обмотки статора F_s було зсунуто на такий саме кут відносно МРС обмотки збудження за умови – при заданих струмах статора (1) та номінальному струмі збудження $I_f = 632$ А забезпечити номінальну вихідну активну потужність ТГ. Чисельними експериментами було виявлено, що $\beta = -167,2^\circ$. Саме при такому формуванні системи усіх струмів обмоток ТГ виконувалися розрахунки магнітних полів та електромагнітних і силових процесів в ТГ при несиметричному навантаженні. В активній частині ТГ магнітне поле при заданих струмах його обмоток розраховувалося в двомірній постановці в його поперечному перерізі (рис. 1) на основі методу скінчених елементів з урахуванням насичення магнітопроводу за відомою програмою FEMM [2].

Висновки. Проблеми експлуатації ТГ при несиметричному навантаженні в досить повній мірі виявити можна, розглядаючи ТГ в цілому і розраховуючи його магнітне поле при сформованій системі струмів. При цьому для аналізу широкого спектра проблем електромагнітного та силового характеру ефективною основою є багатопозиційні числові розрахунки магнітних полів [1], що дозволяють сформулювати часові функції різноманітних величин .

Список літератури:

1. Милых В. И. Организация численно-полевых расчетов электромагнитных процессов в турбогенераторе при его несимметричной нагрузке / В. И. Милых // Вісник НТУ «ХП». – 2016. – № 11 (1183). – С. 3-10.
2. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 32 bit Executable (10 Oct 2010) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.femm.info/wiki/Download>. – 2014.