

ЧИСЕЛЬНО-ПОЛЬОВИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА СИЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В КРУПНОМУ ТУРБОГЕНЕРАТОРІ ПРИ АВТОНОМНІЙ РОБОТІ НА НЕСИМЕТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

С.А. РЕВУЖЕНКО^{1*}, Р.В. БРЕДУН², В.І. МІЛИХ³

¹ магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

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

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

* email: sveta.revuzhenko@gmail.com

Вступ. Під час експлуатації турбогенераторів (ТГ) можливе виникнення режимів роботи на несиметричне навантаження. При цьому виникають проблеми електромагнітного, силового та теплового проявів, які створюють загрозу надійності та довговічності ТГ. Оскільки робота ТГ безпосередньо впливає на стан енергосистеми в цілому, дана робота є актуальною.

Мета роботи – це представлення результатів чисельно-польового аналізу роботи при несиметричному навантаженні ТГ потужністю 200 МВт в рамках вказаних обмежень стандарту ГОСТ 533-2000.

Об'єктом дослідження був ТГ із номінальними: потужність $P_N = 200$ МВт, фазна напруга $U_{sN} = 9093$ В, струм $I_{sN} = 8625$ А, коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{sN} = 0,85$, частота $f_s = 50$ Гц. Його кількість фаз $m_s = 3$ і пар полюсів $p = 1$; активна довжина $l_a = 5$ м; немагнітний проміжок $\delta = 0,1$ м; діаметр ротора $d_r = 1,075$ м; відносне скорочення обмотки статора – 0,8; кількість послідовних витків фазної обмотки статора $N_s = 10$, обмотки ротора $N_f = 180$. Модель електромагнітної системи досліджуваного ТГ представлено на рис.1.

Матеріали дослідження. Дослідження проводиться шляхом виявлення часових функцій електромагнітних і силових величин багатопозиційними розрахунками магнітного поля (МП) ТГ за допомогою програми FEMM.

Основою аналізу електромагнітних і енергетичних величин ТГ є магнітне потокозчеплення (МПЗ) фазних обмоток статора і його часові функції, на їх основі визначаються фазні ЕРС обмоток, їх гармонійний склад і інші параметри. Часові функції МПЗ $\psi_s(t)$ для всіх фазних обмоток представлені на повному періоді їх зміни на рис. 2. Функції МПЗ $\psi_f(t)$ обмотки ротора дані на рис. 3. Безумовний інтерес представляють також МПЗ, ЕРС і струми пазових клинів ротора. Для конкретного аналізу були взяті п'ять клинів, які пронумеровані на рис. 4. Багатопозиційними розрахунками МП були сформовані часові функції ЕРС e_k клинів. Ці функції, відповідно до номерів клинів, представлені на рис. 5. Для ТГ проявляється змінна складова магнітної індукції (ЗСМІ) на поверхні обертового ротора. Графіки функції ЗСМІ для точки т2 на відстані 4 мм від його поверхні дані для двох варіантів навантаження ТГ на рис. 6, де: 1, 2 – при несиметрії і симетрії навантаження.

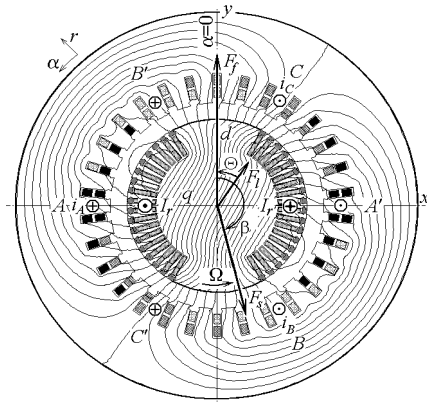


Рис. 1 – Електромагнітна система ТГ

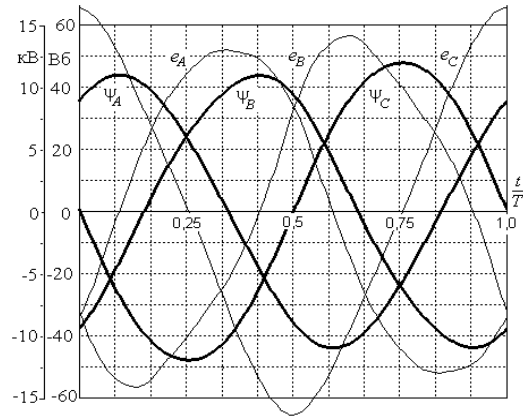


Рис. 2 – Часові функції фазних МПЗ ψ_s і ЕРС e_s при несиметричному навантаженні ТГ

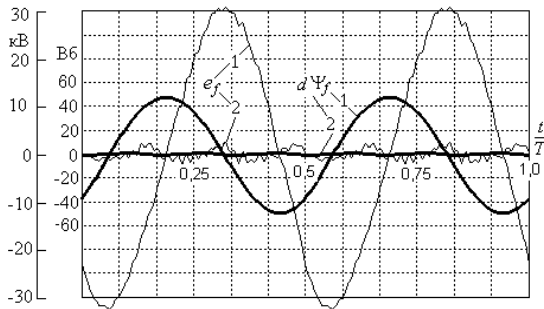


Рис. 3 – Часові функції МПЗ і ЕРС обмотки ротора: 1 – несиметрія; 2 – симетрія

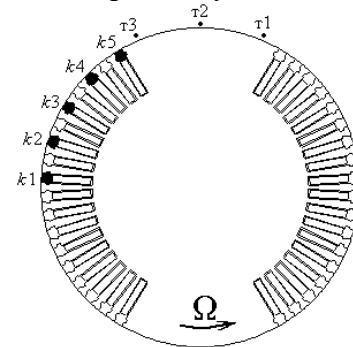


Рис. 4 – Фрагмент ротора з нумерованими клинами і точками на поверхні великого зуба

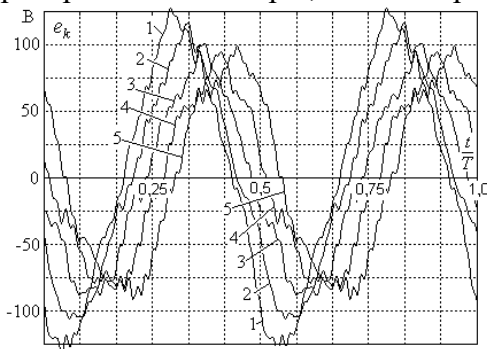


Рис. 5 – Часові функції ЕРС клинів ротора

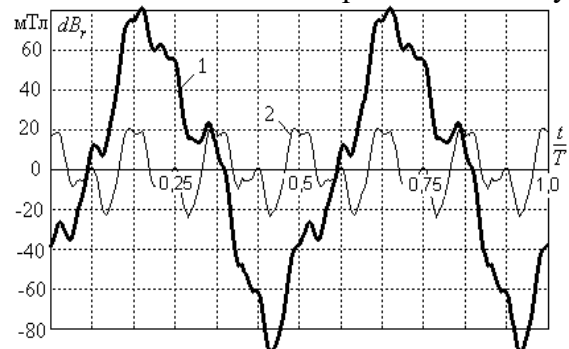


Рис. 6 – Часові функції ЗСМІ на поверхні обертового ротора

Висновки. Часові функції МПЗ, і ЕРС фазних обмоток статора при несиметрії за формою відрізняються від синусоїд і один від одної, містять ряд вагомих вищих гармонік. У клинах ротора ЕРС різні, мають широкий гармонійний склад, досягають 135 В по максимальному і 82 В по діючим значенням. ЗСМІ на поверхні ротора при несиметрії навантаження посилилася приблизно в 4 рази, в основному через дискретність фазної структури статора.

Список літератури:

1. Милых В.И. Определение электромагнитных параметров и фазовых соотношений в турбогенераторах автоматизированным расчетом магнитного поля в программной среде FEMM / В.И. Милых, Н.В. Полякова // Електротехніка і електромеханіка. – 2016. – №1. – С.20–26.
2. Милых, В. И. Исследование электромагнитных и силовых параметров и процессов в турбогенераторе при несимметричной нагрузке / В. И. Милых, С.А. Ревуженко // Гідроенергетика України. – 2017. – № 3-4. – С. 33 – 41.