

Визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором

Володимир Грицюк¹, Олександра Цуркіна¹, Максим Малишев¹

1.Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, пр. Науки, 14, УКРАЇНА, e-mail: volodymyr.hrytsiuk@nure.ua

Анотація: В роботі представлено результати експериментального визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором. Зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора важливо враховувати при проектуванні асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

Ключові слова: асинхронний двигун, нагрів, порожнистий ротор, вихрові струми.

I. ВСТУП

Асинхронні двигуни (АД) з порожнистим ротором широко використовуються в різних пристроях автоматики та управління (траєкторне управління, стежучі системи передачі кута, покажчики швидкості повороту тощо). Разом з тим, сьогоднішнє зростання інтересу до електричних машин з феромагнітною вторинною частиною обумовлене можливістю їх нового застосування [1]. Серед недавніх зарубіжних публікацій зустрічаються роботи, присвячені розробці обертально-лінійних електромеханічних перетворювачів, здатних одночасно здійснювати обертання та рух уздовж своєї осі. При цьому, як правило, порожнистий феромагнітний елемент циліндричної форми функціонує як ротор з декількома ступенями свободи. Такі перетворювачі становлять невелику групу електроприводів, що дозволяють забезпечити ширші можливості руху, ніж традиційні приводи, а підвищення вимог до мехатронних пристроїв тільки сприяє їхньому неухильному розвитку. Вони використовуються в пристроях, призначених для перемішування та свердління [2]. Фактично, їхнє потенційне застосування варіюється від верстатів до робототехніки та різних пристроїв, що використовуються

для складання, захоплення, переміщення, упаковки, струшування тощо [3, 4, 5].

Електромагнітні процеси в АД з гладким неферомагнітним та феромагнітним ротором мають багато спільного [6]. Підхід до розв'язання задач поля щодо обох типів роторів ряд авторів вважають аналогічним. Водночас, необхідно враховувати характерні якісні особливості електромагнітних процесів у феромагнітному роторі, що пов'язані з проявом поверхневого ефекту, насиченням та гістерезисом масиву. Наявність феромагнітного масиву визначає основні особливості розподілу напруженостей електричного та магнітного полів у вторинному ланцюзі. Дану ознаку покладено в основу класифікації конструкцій АД з масивним феромагнітним ротором (рис. 1).

Особливістю застосування деяких АД з порожнистим ротором є характерні часті пуски, реверси, зупинки, тобто, нестаціонарні режими роботи. Характер розподілу вихрових струмів визначає товщину струмонесучого шару, а значить і величину активного опору порожнистого ротора. Одночасно, теплові втрати від вихрових струмів підвищують температуру нагріву ротора, збільшуючи його опір. Все це відіграє першорядну роль у формуванні вихідних показників і властивостей АД, в першу чергу, таких як електромагнітний момент.

Метою роботи є експериментальне визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

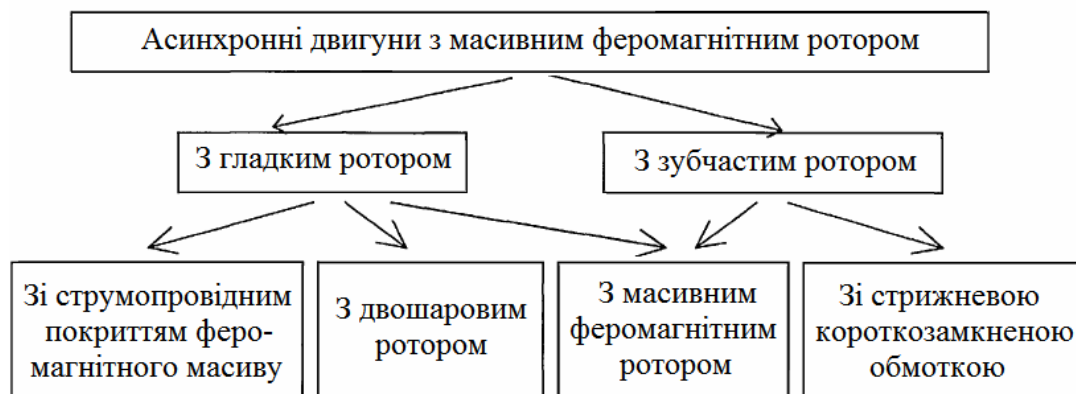


Рис.1. Класифікація АД з масивним феромагнітним ротором [6]

II. ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

Ефекти, пов'язані з нагріванням масивного ротора спричиняють істотний вплив на механічну характеристику АД [7]. Дійсно, за умови рівномірності нагріву всього ротора, ковзання машини, що відповідає заданим значенням напруги, частоти та електромагнітного моменту, пропорційне питомому опору матеріалу ротора, яке, як відомо, змінюється з температурою у відповідності з виразом:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0)), \quad (1)$$

де ρ_0 – значення питомого опору при температурі T_0 ; $\alpha = 0,005$ – температурний коефіцієнт опору сталі; T – температура ротора.

Згідно з цим виразом, підвищення температури ротора на кожні 10°C призводить до збільшення ковзання на 5% .

В роботі було використано двигун з порожнистим ротором, що мав наступні конструктивні параметри: зовнішній діаметр – 85 мм ; товщина стінки – $3,5\text{ мм}$; довжина – 75 мм . Довжина магнітопроводу статора дорівнювала довжині ротора.

Експеримент, проведений з порожнистим ротором, показав, що підвищення його температури на 25°C призводить до зниження величини електромагнітного моменту на $8\ldots 10\%$ практично при всіх значеннях ковзання (рис. 2). Тому, зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора необхідно враховувати при проектуванні АД з порожнистим ротором.

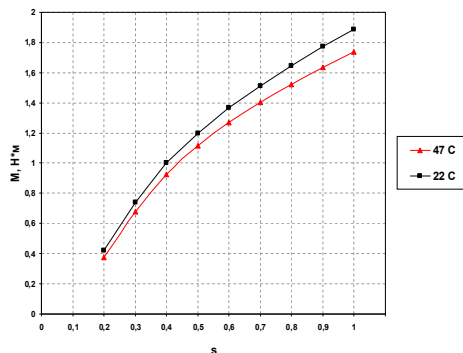


Рис.2. Вплив нагріву ротора на механічну характеристику АД з порожнистим ротором

При проведенні експериментальних досліджень вплив нагрівання ротора на механічну характеристику АД з порожнистим ротором можливо враховувати шляхом перерахунку вимірних значень ковзання відповідно до вимірних значень температури ротора. Однак цей спосіб недостатньо точний через нерівномірність нагрівання ротора. До того ж, практично можливим є визначення тільки температури поверхні ротора. Єдино надійною є така методика експерименту, при якій нагрів ротора практично відсутній, тобто температура ротора при знятті кожної експериментальної точки мало відрізняється від температури навколишнього середовища.

При визначенні механічної характеристики необхідні умови експерименту мають забезпечуватися шляхом інтенсивного примусового охолодження активної частини АД з порожнистим ротором і мінімізації часу, необхідного для встановлення необхідного режиму та зняття показань всіх вимірювальних приладів. Час зняття однієї точки має становити $5\text{--}6$ секунд. При цьому, після зняття всієї характеристики температура поверхні ротора може підвищуватися на $5\text{--}7^\circ\text{C}$ (цьому відповідає максимальна помилка у визначенні ковзання $3,5\%$).

III. ВИСНОВКИ

В роботі представлено результати експериментального визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором. Проведений експеримент показав, що підвищення температури порожнистого ротора на 25°C призводить до зниження величини електромагнітного моменту на $8\ldots 10\%$ практично при всіх значеннях ковзання.

Зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора важливо враховувати при проектуванні асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] J. F.Gieras, S. Juha, "Performance calculation for a high-speed solid-rotor induction motor," IEEE Transactions On Industrial Electronics, vol. 59(6), pp. 2689-2700, June 2012.
- [2] M. Szczygiei, K. Kluszczycski, "Rotary-linear induction motor based on the standard 3-phase squirrel cage induction motor – constructional and technological features," Czasopismo Techniczne. Elektrotechnika, 2016, pp. 395-406.
- [3] P. Bolognesi, O. Bruno, A. Landi, L. Sani, and L. Taponecco, "Electromagnetic actuators featuring multiple degrees of freedom: a survey," in ICEM conference, Tech. Univ. of Lodz, Sept. 2004, pp. 1-6.
- [4] P. Bolognesi, "A novel rotary-linear permanent magnets synchronous machine using common active parts," 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, pp. 1179-1183, Apr. 2010.
- [5] Zablodskiy N., Pliugin V., Gritsyuk V. Submersible electromechanical transformers for energy efficient technologies of oil extraction // Progressive technologies of coal, coaled methane, and ores mining. – 2014. – С. 223-227.
- [6] A. Annenkov, S. Sizikov, A. Shiyonov "Asynchronous motor with perforated hollow rotor", Energy. Proceedings of higher educational institutions and energy associations of the CIS, vol. 61, No. 2, 2018.
- [7] Грицюк В. Ю. Асинхронний двигун з порожнистим перфорованим ротором для теплогенераційних систем : дис. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2013.