

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА ПАРАМЕТРАМИ ЙОГО ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Показано, що одним зі способів визначення технічного стану електричного двигуна є аналіз спектру його зовнішнього магнітного поля. В якості діагностичного критерію для ідентифікації несправностей використовується спектр гармонік напруженості магнітних полів.

Ключові слова: діагностування, електричний двигун, зовнішнє магнітне поле, спектр гармонік магнітного поля, напруженість магнітного поля, перетворення Фур'є.

Abstract

It is shown that one of the methods for determining the technical state of an electric motor is to analyze the spectrum of its in-situ magnetic field. As a diagnostic criterion for the identification of faults, a spectrum of harmonics of magnetic field strengths is used.

Keywords: diagnostics, electric motor, external magnetic field, spectrum of harmonics of a magnetic field, magnetic field strength, Fourier transform.

Точність визначення технічного стану електричного двигуна має важливе значення для планування заходів щодо подальшої заміни чи ремонту його елементів, усунення можливих причин подальших відмов, що збільшує ймовірність безвідмовної роботи двигуна [1, 2].

Найбільшого використання набули методи, що передбачають проведення діагностування без відключення електродвигуна, тобто в процесі його функціонування. До таких методів відноситься метод на основі аналізу параметрів зовнішнього магнітного поля електродвигуна, перевагами якого є [3]:

- можливість проведення діагностування без виведення з експлуатації;
- діагностування проводиться під навантаженням, тобто в робочому режимі;
- можливість постійного моніторингу технічного стану двигуна;
- одночасне діагностування всіх вузлів двигуна;
- порівняна простота в експлуатації;
- відносна невисока вартість.

Принцип функціонування такого методу діагностування полягає в тому, що поряд з електродвигуном розміщується електромагнітний сенсор, який дозволяє фіксувати зовнішнє магнітне поле, що утворюється навколо двигуна в процесі його роботи. Дане магнітне поле являє собою відголоски мультіплікативного поля двигуна. Вимірний сигнал з сенсора надходить до комп'ютера, на якому аналізується його спектр. Розклад сигналу на гармоніки можна здійснити за методом швидкого перетворення Фур'є [4]. Далі за отриманими даними визначається несправність, якщо така є.

Радіальну складову індукції зовнішнього магнітного поля електродвигуна, нормальну до його поверхні, можна представити у вигляді [5]:

$$H = H_c \cdot \frac{\sqrt{\psi_n \psi_3} e^{4\pi(\xi_n - \xi_3)}}{R_c(\psi_n + \psi_3) \operatorname{ch} \vartheta + (1 + \psi_n \psi_3) \operatorname{ch} \vartheta} \cdot \left(\frac{2R_3 + R_c}{2} + \sqrt{\frac{2}{\omega \gamma_c \mu_r}} \right), \quad (1)$$

де H_c – напруженість в статора з урахуванням насичення сталі;

R_c – радіус статора;

R_3 – зовнішній радіус магнітопроводу статора;

ω – частота обертання ротора;

$$\psi_n = \frac{\chi_n}{\xi_n \mu_r}, \quad (2)$$

$$\psi_3 = \frac{\chi_3}{\xi_3 \mu_r}, \quad (3)$$

де $\mu_r = f(H_c)$ – відносна магнітна проникність статора;

$$\vartheta = \chi_H - \chi_3, \quad (4)$$

$$\chi_H = j\sqrt{j\omega\gamma_c\mu_r p_{vi}R_3^2 + \xi_H^2}, \quad (5)$$

$$\chi_3 = j\sqrt{j\omega\gamma_c\mu_r p_{vi}R_3^2 + \xi_3^2}, \quad (6)$$

де γ_c – питома електрична провідність матеріалу статора.

p_{vi} – число пар полюсів довільної гармоніки магніторушійгої сили статора (для основної гармоніки $p_{vi} = 1$);

$$\xi_H = \sqrt{(\lambda_r R_3)^2 + p_{vi}^2}, \quad (7)$$

$$\xi_3 = \sqrt{(\lambda_r R_3)^2 - p_{vi}^2}, \quad (8)$$

$$\lambda_r = \frac{\pi(2n-1)}{l_1}. \quad (9)$$

де $n = 1, 2, 3, \dots$

В роботі [6] встановлено, що:

– при механічних пошкодженнях двигуна спостерігається виникнення чітких гармонік в спектрі зовнішнього магнітного поля;

– при електричних пошкодженнях двигуна спостерігається зростання нечітких гармонік відносної першої;

– при відхиленні напруги від показників якості електроенергії зростають лише основні гармоніки без зміни коефіцієнтів.

Такий підхід діагностування електродвигуна передбачає визначення його технічного стану без будь-яких втручань в його конструкцію та роботу. Причому дозволяє оцінювати дефекти електродвигуна на початковій стадії їх виникнення, знижуючи цим шкоду від пошкоджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І. Математичні моделі та системи технічної діагностики основних електротехнічних систем міських трамваїв : монографія / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 126 с.
2. Пат. 105570 UA, МПК G07C 3/10, G07C 3/14. Пристрій для контролю електричного двигуна / Грабко В.В., Розводюк М.П., Тимошенко О.Л. (Україна). – № у 2015 09327; заявл. 28.09.2015; опубл. 25.03.2016, Бюл. № 6. – 16 с. : кресл.
3. Хомутов С.О. Новые методы и технические средства диагностики электродвигателей в агропромышленном комплексе / С.О. Хомутов, Ю.А. Тонких, В.С. Дронов // Ползуновский вестник. – №4. – 2009. – С. 109-115.
4. Алексеев А.Ю. Диагностика и прогнозирование состояния асинхронных двигателей на основе использования параметров их внешнего электромагнитного поля / А.Ю. Алексеев, О.В. Бродский, В.Н. Веденев, В.Г. Тонких, С.О. Хомутов // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2006. – №2. – С.9-13.
5. Зигангирова Ю.В. Математическое моделирование внешнего магнитного поля низкоскоростных управляемых электромеханических преобразователей ветроэнергетических установок / Д.Ю. Пашали, В.В. Айгузина, О.А. Юшкова, В.М. Пашали А.В. Денисенко // Nauka-rastudent.ru. – 2016. – N0 (027) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://nauka-rastudent.ru/27/3329/>
6. Бобров В.В. Дифференцирование дефектов при использовании метода диагностики асинхронных двигателей на основе анализа параметров их внешнего магнитного поля / В.В. Бобров, И.Ю. Братухи, В.Н. Веденев, С.О. Хомутов. [Электронный ресурс] – Режим доступа. <http://edu.secna.ru/media/f/epp.pdf>

Розводюк Михайло Петрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, rozvodiukmp@gmail.com

Rozvodiuk Mykhailo P. – Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rozvodiukmp@gmail.com