

ВИМІРЮВАННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ РОТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ

^{1,2}Вінницький державний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод визначення приведенного моменту інерції роторів електричних машин в динамічному режимі його роботи, який враховує його момент опору.

Ключові слова: динаміка, момент інерції, електрична машина.

Момент інерції ротора електричних машин (ЕМ) є одним із важливих параметрів, який визначає їх динамічні властивості. Але в довідниках даний параметр у відповідності з державними стандартами подається з великими технологічними відхиленнями від номінального значення (до $\pm 10\%$). При проектуванні різноманітних електроприводів і систем автоматики розробників цікавлять більш точні значення моментів інерції ЕМ (а іноді й у зборі з виконавчими механізмами), оскільки вони визначають швидкодію та тепловий режим роботи ЕМ. Визначити момент інерції ротора чи рухомої частини можна розрахунковими та експериментальними методами. Розрахунки моменту інерції є трудомісткими через неоднорідності матеріалів та складність геометричної форми ротора ЕМ. Крім того такі методи не характеризуються високою точністю і тому використовуються рідко. Експериментально момент інерції визначається багатьма методами [1]. Державні стандарти на випробування ЕМ передбачають три методи визначення моменту інерції: метод допоміжного маятника, метод само гальмування, метод крутильних коливань.

Недоліками методу допоміжного маятника є те, що він характеризується низькою точністю, тому що важко визначити відстань центру ваги маятника від осі обертання, оскільки при цьому повинна бути врахована маса важеля. Ротор повинен бути відбалансованим, тому що його неврівноваженість спотворює результати вимірювань. За періодом T коливань маятника знаходять момент інерції $J = (GaT^2)/(4\pi^2)$, де G – вага ротора; a – відстань центра тяжіння від осі обертання.

При використанні методу крутильних коливань ротор підвішують на пружній проволочі і приводять в крутильний коливальний рух. При цьому визначається період малих коливань, який потім порівнюється із періодом коливань зразкового тіла з відомим моментом інерції $J = J_3 \cdot (T_x/T_3)^2$, де J_3 – момент інерції зразкового тіла; T_3 – період коливань зразкового тіла; T_x – період коливань ротора, момент інерції якого визначають. Вимагається, щоб перед дослідом ротор був відбалансованим і точка підвісу знаходилась точно на осі обертання. Якщо точка підвісу буде зміщена з осі обертання, то зростає похибка визначення моменту інерції. Основні недоліки цього методу такі: необхідність розбору ЕМ та значна трудомісткість проведення вимірювального експерименту. Метод самогальмування вимагає попереднього визначення механічних втрат (наприклад, з дослідів холостого ходу). Недоліком цього методу є те, що механічні втрати задаються як константа, коли в дійсності вони є функцією від кутової швидкості. Це зумовлює низьку точність визначення моменту інерції ЕМ методом самогальмування.

Метою даної роботи є розробка сучасних методів вимірювання моменту інерції ротора ЕМ більш високої точності і швидкодії порівняно з відомими.

З метою розширення функціональних можливостей в [2] запропоновано вдосконалення методу самогальмування, суть якого полягає в тому, що спочатку вимірюють кутове прискорення самогальмування ротора ξ_{r1} , а потім кутове прискорення самогальмування ξ_{r2} із зразковим моментом інерції. Зразковий момент інерції J_3 виконаний у вигляді простого тіла обертання, наприклад, диску чи циліндру. Момент інерції J_3 визначають за його геометричними та ваговими параметрами. Рівняння руху ЕМ із зразковим моментом інерції та без нього мають вигляд:

$$\begin{cases} 0 = M_0(\omega_r) + M_{ВП}(\omega_r) + (J(\omega_r) + J_{ВП}(\omega_r)) \cdot \xi_{r1}(\omega_r); \\ 0 = M_0(\omega_r) + M_{ВП}(\omega_r) + (J(\omega_r) + J_{ВП}(\omega_r) + J_3(\omega_r)) \cdot \xi_{r2}(\omega_r), \end{cases} \quad (1)$$

де $M_{ВП}$ - момент механічних втрат вхідного валу вимірювального перетворювача (ВП); $J_{ВП}$ - момент інерції вхідного валу ВП.

Всі вищеперераховані величини представлені як функція від кутової швидкості ω_r . З рівнянь (1) при умовах $J_{ВП} \ll J$ та $M_{ВП} \ll M_0$ знаходять

$$J(\omega_r) = J_3 \cdot \frac{\xi_{r1}(\omega_r)}{\xi_{r2}(\omega_r) - \xi_{r1}(\omega_r)}, \quad M_0(\omega_r) = J_3 \cdot \frac{\xi_{r1}(\omega_r) \cdot \xi_{r2}(\omega_r)}{\xi_{r2}(\omega_r) - \xi_{r1}(\omega_r)}. \quad (2)$$

Відмітимо, що даний метод дозволяє також визначити залежність $M_0(\omega_r)$. Визначення моменту інерції зводиться до вимірювання кутової швидкості ω_r , цифрового диференціювання $\xi = d\omega_r/dt$, згладжування результатів диференціювання та опосередкованого визначення моменту інерції.

Галузь застосування засобів вимірювань, що здійснюють даний метод є високоточні вимірювання моменту інерції в процесі сертифікації електричних машин підвищеної швидкодії. Дана позитивна якість досягається за рахунок введення в структурну схему засобу мікроконтролера і вимірювального перетворювача з ємнісним або тензорезистивним сенсорами.

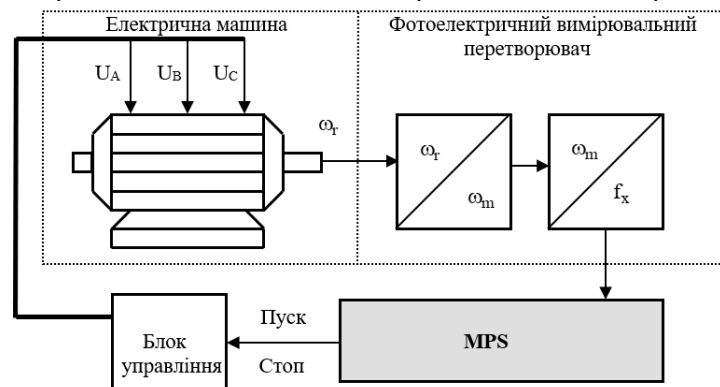


Рис. Структурна схема реалізації методу вимірювання моменту інерції

Висновки:

1. Проведено аналіз існуючих методів вимірювання моменту інерції ротора ЕМ, показано, що найбільш перспективними є група методів, які використовують режим самогальмування ЕМ.
2. Розглянуто моделі залежностей моменту опору від параметрів руху ЕМ. Встановлено, що вони можуть бути використані для розробки методу вимірювання моменту інерції.
3. Запропоновано метод вимірювання моменту інерції, який на відміну від існуючих має високу швидкодію, можливість використання в процесі експлуатації ЕМ та враховує залежність моменту опору від параметрів руху ЕМ.
4. Розроблено структурну схему засобу вимірювань та узагальнений алгоритм практичної реалізації методу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кучерук В.Ю. Спосіб визначення моменту опору електричних машин та пристрій для його реалізації. //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький. -1999.-№3.-с.49-52.
 2. Кучерук В.Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів. Монографія: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003.-195 с.
- Кучерук Володимир Юрійович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри метрології та промислової автоматики Вінницького національного технічного університету, Vladimir.kucheruk@gmail.com

MEASURING MOMENT OF INERTIA ROTOR ELECTRIC MACHINES IN DYNAMIC MODE

Abstract

A method for determining the reduced moment of inertia of the rotors of electric machines in the dynamic mode of its operation, which takes into account its moment of resistance, is proposed.

Keywords: dynamics, moment of inertia, electric machine.

Volodymyr Kucheruk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metrology and Industrial Automatics in the Vinnytsya National Technical University, Vinnytsya, Vladimir.kucheruk@gmail.com