

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

УДК 681.513

ПРО ВИБІР РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ

Кучерук В. Ю.

Вінницький державний технічний університет

ВСТУП

Вимоги до неперервного збільшення точності визначення параметрів електричних машин (ЕМ) носять об'єктивний характер і зумовлені неперервним розвитком техніки. Випробування ЕМ - це трудомісткий процес зі складною методикою визначення окремих параметрів, що пов'язаний з великими матеріальними і часовими затратами. Тому підвищення продуктивності праці шляхом вдосконалення інформаційно-вимірювальних систем та нових методів вимірювання параметрів ЕМ є актуальним завданням.

Але в ЕМ є параметри, пряме вимірювання яких неможливе. Для їх визначення використовуються методи ідентифікації. Прикладами таких параметрів ЕМ є: електричні параметри (*активний опір обмоток ротора, реактивний опір обмоток ротора, взаємна індуктивність між статором і ротором*), механічні параметри (*момент інерції ротора, момент механічних втрат*).

На жаль, питанням автоматизації та механізації праці при випробуваннях ЕМ приділяється недостатньо уваги. Серійно не випускаються засоби вимірювання, які необхідні для дослідних та промислових випробувань. Разом з тим, ЕМ є основною компонентою більш складних систем. Тому ризик застосування невипробуваних ЕМ не виправданий і може бути пов'язаний із значними матеріальними втратами.

Одною із найбільш трудомістких операцій контролю ЕМ є вимірювання параметрів ротора: момента інерції J , момента механічних втрат M_0 , які є складовими частинами механічної характеристики ЕМ. Незважаючи на те, що механічна характеристика є основною і надзвичайно інформативною характеристикою ЕМ, вона із-за відсутності необхідного обладнання часто не контролюється.

В даній роботі пропонується підхід до визначення параметрів ротора: момента інерції J , момента механічних втрат M_0 на основі аналізу робочих режимів ЕМ.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Одна з найбільш важливих досліджуваних проблем об'єктів вимірювання є проблема визначення впливу внутрішніх параметрів об'єкта вимірювання на його вихідні характеристики. Вирішення цієї проблеми дозволяє відповісти на питання, який з робочих режимів об'єкта вимірювання найбільш ефективний (інформативний) для проведення вимірювання чи ідентифікації певних внутрішніх параметрів об'єкта вимірювання. Така проблема відносно параметрів J і M_0 не розглядалася у відомій літературі, і її вирішення дуже важливе для побудови ефективних вимірювальних алгоритмів механічних параметрів ЕМ.

Електрична машина може працювати в різних робочих режимах. Розглядаючи їх, можна виділити такі основні режими (рис. 1, 2) [1]:

- *пуск* - перехідний режим роботи ЕМ із зміною кутової швидкості від 0 до ω_{max} ;
- *статика* - режим роботи ЕМ з постійною швидкістю ω_{max} ;
- *реверс* - зміна напрямку обертання ротора ЕМ на протилежний;
- *ударне навантаження* - раптова зміна момента на валу за короткий проміжок часу;
- *повторно-динамічний режим* - ввімкнення/вимкнення ЕМ на короткий проміжок часу;
- *самогальмування*-гальмування вимкненої ЕМ, спричинене дією момента опору на валу.

Для дослідження впливу внутрішніх параметрів ЕМ на характеристики руху використовується теорія чутливості, згідно якої функція чутливості визначена як в [2]:

$$\frac{dU(t)}{dt} = \frac{dF}{dI} \cdot U(t) + \frac{dF}{dA}, \quad (1)$$

$$I = [i_{s\alpha}; i_{s\beta}; i_{r\alpha}; i_{r\beta}]^T; \quad A = [J; M_0]^T. \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТИ

Об'єкт дослідження представляє собою асинхронний двигун 4A71A4, математична модель якого записана у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь, як в [2]. Розв'язавши за допомогою чисельного методу систему диференціальних рівнянь асинхронної ЕМ, знайдемо шукані функції чутливості (1). На рис.3-6 зображені функції чутливості в режимах пуск-повторно-динамічний режим-статика-самогальмування та пуск-ударне навантаження-статика-реверс.

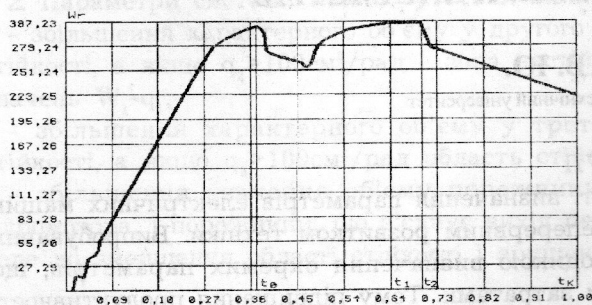


Рис.1. Режими: пуск $[0-t_0]$ - повторно-динамічний $[t_0-t_1]$ - статика $[t_1-t_2]$ - самогальмування $[t_2-t_k]$

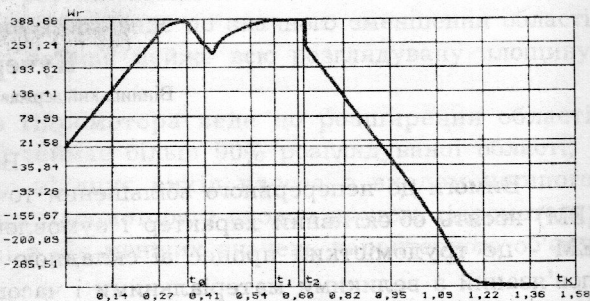


Рис.2. Режими: пуск $[0-t_0]$ - ударне навантаження $[t_0-t_1]$ - статика $[t_1-t_2]$ - реверс $[t_2-t_k]$

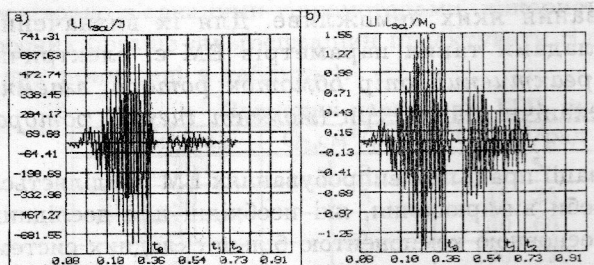


Рис.3. Режими: пуск $[0-t_0]$ - повторно-динамічний $[t_0-t_1]$ - статика $[t_1-t_2]$ - самогальмування $[t_2-t_k]$. Функції чутливості $i_{sa}(t)$ по внутрішнім параметрам J (a) і M_0 (b)

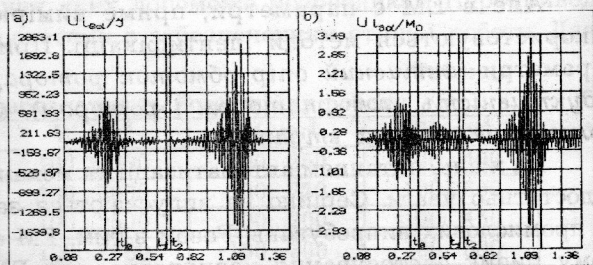


Рис.4. Режими: пуск - ударне навантаження - статика $[t_1-t_2]$ - реверс $[t_2-t_k]$. Функції чутливості $i_{sa}(t)$ по внутрішнім параметрам J (a) і M_0 (b)

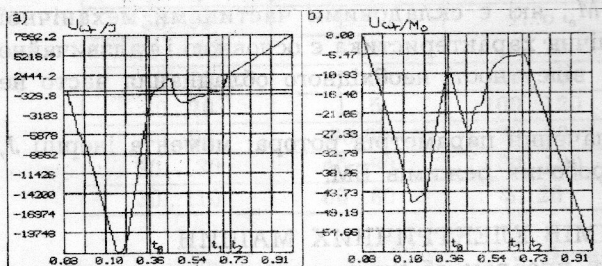


Рис.5. Режими: пуск $[0-t_0]$ - повторно-динамічний $[t_0-t_1]$ - статика $[t_1-t_2]$ - самогальмування $[t_2-t_k]$. Функції чутливості $\omega(t)$ по внутрішнім параметрам J (a) і M_0 (b)

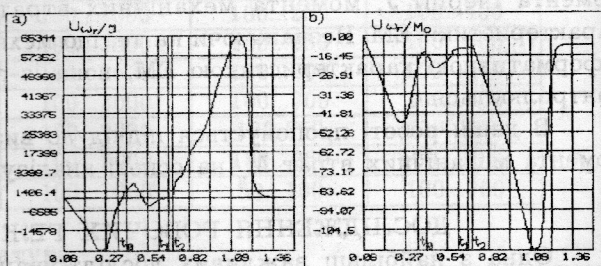


Рис.6. Режими: пуск $[0-t_0]$ - ударне навантаження - статика $[t_1-t_2]$ - реверс $[t_2-t_k]$. Функції чутливості $\omega(t)$ по внутрішнім параметрам J (a) і M_0 (b)

Для порівняльного аналізу отриманих функцій чутливості складемо таблицю.

В таблиці використовуються наступні умовні позначки:

1 - великі значення функцій чутливості;

0 - чутливості немає або малі значення функцій чутливості;

X - змінний (коливальний) характер функцій чутливості.

Перший символ позначає функцію чутливості по $i_{sa}(t)$, другий - по $i_{sp}(t)$, а третій - функцію чутливості по $\omega(t)$.

Таблиця
Результати розрахунків функцій чутливості

№	Режими роботи ЕМ	Параметри	
		J	M_0
1	Пуск	XX1	XX1
2	Самогальмування	001	XX1
3	Статика	000	XX1
4	Реверс	XX1	XX1
5	Ударне навантаження	XX1	XX1
6	Повторно-динамічний режим	XX1	XX1

ВИСНОВКИ

Аналіз таблиці порівняльного аналізу функцій чутливості дозволяє зробити наступні висновки:

- параметр M_o можна визначити (вимірявши чи ідентифікувавши) в усіх режимах роботи ЕМ;
- статичний режим неефективний для вимірювання моменту інерції J ;
- в режимах пуску, реверсу, ударного навантаження і повторно-динамічного режиму можна визначити всі необхідні параметри;
- функції чутливості по струмах $i_{sa}(t)$ і $i_{sb}(t)$ мають виключно коливальний характер. Це вказує на необхідність використання складного математичного апарату для обробки даних $i_{sa}(t)$ та $i_{sb}(t)$ і малого кроку дискретизації по часу для забезпечення стійкості процесу ідентифікації;
- функції чутливості по кутовій швидкості $\omega_r(t)$ мають великі значення і носять коливальний характер, що вказує на можливість визначення всіх необхідних параметрів по процесу $\omega_r(t)$.
- при проведенні ідентифікації інформація $\omega_r(t)$ повинна нести основний характер, а інформація $i_{sa}(t)$, $i_{sb}(t)$ - допоміжний. Це може бути реалізовано, наприклад, за допомогою вагових коефіцієнтів у цільовій функції ідентифікації;
- виходячи з детального аналізу функцій чутливості по кожному з параметрів, можна стверджувати, що можливе створення ефективних алгоритмів і програм ідентифікації, які дозволяють проводити поетапну ідентифікацію внутрішніх параметрів ЕМ, використовуючи для визначення окремих параметрів різні режими роботи ЕМ.

Аналіз результатів досліджень, наведений в даній статті, дозволив розробити новий спосіб вимірювання моменту інерції [5], моменту механічних втрат [5] і механічної характеристики ЕМ [1, 4], спосіб визначення параметрів дисбалансу ротора ЕМ [3], і на їх основі - комп'ютерно-вимірювальні системи.

ВИКОРИСТАНА ТЕРМІНОЛОГІЯ

- I - вектор стану, досліджуваної системи;
- F - вектор правої частини, досліджуваної системи;
- A - вектор досліджуваних параметрів;
- U - матриця функцій чутливості;
- i_{sa} - струм в обмотках статора на осі а в системі координат а, b, 0;
- i_{sb} - струм в обмотках статора на осі b в системі координат а, b, 0;
- i_{ra} - струм в обмотках ротора на осі а в системі координат а, b, 0;
- i_{rb} - струм в обмотках ротора на осі b в системі координат а, b, 0;
- M_o - момент механічних втрат;
- J - момент інерції ротора;
- ω_r - кутова швидкість ротора;
- t - час.

Література

1. V.Podzharenko, V.Kucheruk, Computer-Measuring System of the Mechanical Characteristics of Electrical Drives// *Proceeding of the EDPE'96 Int. Conf. on Electrical Drives and Power Electronics*, KOSICE, 1-3. October 1996.-Technical University of Kosice, Slovakia, 1996.-V.2. -P.633-637.
2. В.О.Поджаренко, В.Ю.Кучерук До питання про ідентифікацію внутрішніх параметрів електричних машин//*Вісник ВПІ*-1994.-№1.-с.10-13.
3. V.Kucheruk, A.Podzharenko, Computer-Measuring System for rotor balancing of electromechanical systems//*Proceeding of the UEES'96 2nd Int. Scientific and Technical Conf. on Unconventional Electromechanical and Electrotechnical Systems*, -SZCZECIN, 15-17. December 1996.-Technical University of Szczecin, Poland, 1996. -V. 2. -P.483-488.
4. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю. Інформаційно-вимірювальна система механічних характеристик електричних машин//*Новые технологии, материалы, оборудование (исследования, разработки, внедрение): Материалы докладов международных академических чтений*, Украина, Киев. -1995, Укр. Техн. Акад. -С.85-91.
5. Podzharenko V.A., Kucheruk V.Yu. New method of measurement of a moment of inertia of an electrical machines.//*XIV IMEKO World Congress*, Tampere, Finland, 1-6 June 1997. -V.III, T. 3. -P.90-95.

1. V. Podzharenko, V. Kucheruk Computer-Measuring System of the Mechanical Characteristics of Electrical Drives // Proceeding of the EDPE'96 Int. Conf. on Electrical Drives and Power Electronics. KOSICE, 1-3 October 1996. - Technical University of Kosice, Slovakia, 1996. - V. 2., p. 633-637.
2. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю. До питання про ідентифікацію внутрішніх параметрів електричних машин // Вісник ВПІ. - 1994. - №1, с. 10-13.
3. Kucheruk V., Podzharenko A. Computer-Measuring System for rotor balancing of electromechanical systems // Proceeding of the UEES'96 2nd Int. Scientific and Technical Conf. on Unconventional Electomechanical and Electrotechnical Systems. - SZCZECIN, 15-17 december 1996, 1996, V. 2, p. 483-488
4. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю. Інформаційно-вимірювальна система механічних характеристик електричних машин // Новые технологии, материалы, оборудование: Материалы докладов международных академических чтений, Украина, Киев - 1995, с. 85-91.
5. Podzharenko V.A., Kucheruk V.Y. new method of measurement of a moment of inertia of an electrical machines // XIV IMEKO World Congress, Tampere, Finland, 1-6 June 1997, V III, N. 3, p. 90-95