

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНА З БЕЗКОНТАКТНИМ ПІДВІСОМ РОТОРА

Сас К.О., група 11м-кн, факультет економіки та підприємництва

Науковий керівник – д.т.н., професор Кулаков П.І.

Уманський національний університет садівництва

Завдяки досягненням комп'ютерної техніки та широкому впровадженню мікроконтролерів [1] стало можливим використовувати комп'ютеризовані засоби та системи для визначення різноманітних характеристик електричних машин як в процесі їх виробництва, так і під час експлуатації [2, 3]. В інформаційному забезпеченні промислових систем визначення параметрів продукції та управління якістю значну роль має проведення контрольних-вимірювальних, випробувальних та діагностичних операцій. Ці операції призначені для отримання та використання інформації про показники надійності та якості електричних машин, в тому числі з безконтактним підвісом ротора [4]. Таким чином, підвищення продуктивності роботи шляхом впровадження комп'ютеризованих засобів контролю та інформаційно-вимірювальних систем є актуальним та важливим завданням.

Запропоновано комп'ютерну систему для визначення параметрів електродвигуна з безконтактним підвісом ротора, в якій використано тахометричний перетворювач, що має вихідний сигнал прямо пропорційний куту повороту валу електричної машини [5]. Цей тахометричний сенсор має вихідний сигнал низької частоти, та завдяки певним технічним рішенням забезпечує суттєве зменшення похибки первинного перетворення, яка зумовлена можливою неточністю виконання прорізів модулятора та діафрагми. Система, що розглядається, призначена для визначення параметрів одного з типів електричних машин з безконтактним підвісом ротора – електродвигуна з газоманітним підвісом ротора.

Вал електричної машини з газоманітним підвісом ротора, за допомогою муфти спряження типу «сильфон», з'єднується з валом тахометричного сенсора. У даному випадку необхідно застосовувати саме муфту типу «сильфон», тому як вона має велику жорсткість до обертального моменту та дозволяє зменшити похибку, яка зумовлена ексцентриситетом спряжених кінематичних пар. Вихідний сигнал тахометричного сенсора надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача, що запускається прямокутними імпульсами стабільного генератора, частота якого встановлюється з високою точністю і який є керованим. Після закінчення циклу перетворення, цифровий код, відповідний миттєвому значенню вихідної напруги тахометричного сенсора, за сигналом готовності аналого-цифрового перетворювача передається через порт введення-виведення до мікроконтролера, який забезпечує подальшу цифрову обробку даних. Для визначення залежності кутової швидкості або кута повороту від часу в динамічних режимах роботи електричної машини, поточний час розраховується програмно за виразом

$$t_i = (N_{\Pi} - 1) \cdot T_G, \quad (1)$$

де N_{Π} – кількість аналого-цифрових перетворень; T_G - період вихідного сигналу генератора, який запускає аналого-цифровий перетворювач.

Розрізнявальна здатність системи за кутом повороту залежить від кількості розрядів аналого-цифрового перетворювача, та для використаного тахометричного сенсора визначається виразом

$$\varphi_0 = \begin{cases} (2\pi - \beta)U_{2\text{MAX}}/2^n (U_{2\text{MAX}} - U_{2\text{MIN}}), & \text{при } U_c = 0 \\ \beta U_{2\text{MAX}}/2^n (U_{2\text{MAX}} - U_{2\text{MIN}}), & \text{при } U_c = 1 \end{cases}, \quad (2)$$

де n - кількість двійкових розрядів аналого-цифрового перетворювача; $U_{2\text{MAX}}$, $U_{2\text{MIN}}$ - відповідно максимальне та мінімальне значення вихідної напруги тахометричного сенсора.

Кутова швидкість прямо пропорційна першій похідній вихідної напруги тахометричного сенсора, тобто його вихідний сигнал необхідно диференціювати за допомогою аналогового диференціатора. Визначення моменту інерції ротора на основі результату вимірювання амплітуди крутильних коливань дає можливість автоматизувати цей процес. На рис. 1 наведено залежності кута повороту ротора від часу при постійній кутовій швидкості та відсутності крутильних коливань $\varphi_c(t)$ та при наявності крутильних коливань $\varphi(t)$.

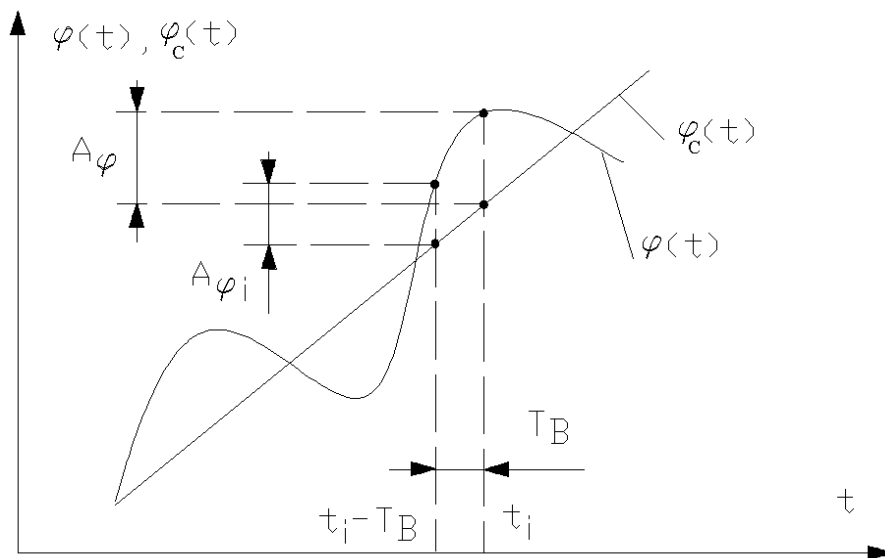


Рисунок 1 - До визначення моменту інерції ротору

Залежність кута повороту ротора від часу в усталеному режимі роботи електродвигуна має вигляд

$$\varphi(t) = \varphi_c(t) + \varphi_k(t) = \omega_c t + \varphi_k(t), \quad (3)$$

де ω_c - середнє значення кутової швидкості.

Тангенс кута нахилу прямої $\varphi_c(t)$ дорівнює середньому значенню кутової швидкості, визначається шляхом багаторазового вимірювання значення кута повороту та послідууючого знаходження середньоарифметичного значення похідної сигналу при роботі електродвигуна в усталеному режимі. Середнє значення кутової швидкості визначається за виразом

$$\omega_c = \frac{1}{nT_B} \sum_{i=0}^n (\varphi(t_i) - \varphi(t_i - T_B)), \quad (4)$$

де n - кількість визначених значень кутової швидкості; T_B - крок дискретизації.

Складова $\varphi_k(t)$ має коливальний характер та залежить від змінних електромагнітних сил, несінусоїдальності розподілу магнітної індукції, нерівномірності магнітної провідності, змінних механічних сил. Для електродвигунів з газоманітним підвісом ротору, основною причиною, яка зумовлює наявність крутильних коливань є дисбаланс ротору. У цьому випадку вираз (3) приймає вигляд

$$\varphi(t) = \varphi_c(t) + \varphi_k(t) = \omega_c t + A_\varphi \sin 2\omega t, \quad (5)$$

Величина A_{φ_i} , яка визначається як різниця між значеннями кута повороту при наявності крутильних коливань та без них, визначається виразом

$$A_{\varphi_i}(t_i) = \varphi(t_i) - \varphi_0(t_i) = \varphi(t_i) - \omega_c t_i = \varphi(t_i) - \frac{t_i}{nT_B} \sum_{i=0}^n (\varphi(t_i) - \varphi(t_i - T_B)). \quad (6)$$

Для визначення амплітуди крутильних коливань використано сплайн-інтерполяцією вибірок вихідного сигналу тахометричного сенсора з наступним знаходженням середнього значення максимумів та мінімумів сплайну. Позначимо інтерполяційний сплайн через $P_{A\varphi}(t)$, тоді амплітуда крутильних коливань визначається як

$$A_\varphi = \left(\frac{1}{K_{\max}} \sum_{i=1}^{K_{\max}} \max P_{A\varphi}(t) + \frac{1}{K_{\min}} \sum_{i=1}^{K_{\min}} |\min P_{A\varphi}(t)| \right) / 2, \quad (7)$$

де K_{\max} , K_{\min} - кількість максимумів та мінімумів інтерполяційного сплайну.

Список використаних джерел

1. Поджаренко, В. О. Програмування логічних контролерів Schneider Electric : навч. пос. / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 132 с.
2. Podzharenko, V. A. Photoelectric angle converter : Selected papers from the international conference on optoelectronic information technologies / V. A. Podzharenko, P. I. Kulakov // International conference on optoelectronic information technologies, vol. 4425. – Vinnitsa, Ukraine : VSTU, 2001. – P. 452 – 456, DOI: 10.1117/12.429768
3. Поджаренко, В. О. До питання вибору форми модулятора тахометричного перетворювача / В. О. Поджаренко, В. М. Міхалевич, П. І. Кулаков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. - № 1. - с. 12-18.
4. Кучерук, В. Ю. Підхід до критеріального оцінювання ступеню відхилення від норми стану об'єкта / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, О. Б. Іванець, А. П. Кулакова // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2020. - № 2. - с. 10 - 15. - DOI: 10.31891/2219-9365-2020-66-2-2
5. Поджаренко, В. О. До питання вибору форми модулятора тахометричного перетворювача / В. О. Поджаренко, В. М. Міхалевич, П. І. Кулаков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. - № 1. - с. 12-18.