

УДК 621.317.73

ДІАГНОСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ КВАЗІЗРІВНОВАЖЕННЯ

*Бурбело М. Й., д.т.н., проф., Гаврилюк В. В., асп.
Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна
E-mail: burbelom@rambler.ru*

Запропонований метод діагностичного контролю параметрів асинхронних двигунів з використанням модульного стану квазізрівноваження. Даний метод базується на приведенні вимірювального ланцюга в певний стан квазізрівноваження, в якому легко отримати про один з вимірюваних чи контрольованих параметрів.

Ключові слова: асинхронний двигун, спектральні параметри, кругова діаграма, метод квазізрівноваження.

Вступ. Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (АД з КЗР) є найбільш розповсюдженим силовим елементом промислових приводів. В промисловості АД з КЗР знаходяться в складних експлуатаційних умовах: низька якість електроенергії, волога, пил, агресивне середовище, коливання температури негативно позначаються на їх роботоздатності. Так, при середньому терміні експлуатації 10 – 15 років, біля 20% електродвигунів щорічно виходять з ладу. Все сказане дає змогу зробити висновок про актуальність проблеми підвищення надійності АД з КЗР.

Аналіз попередніх досліджень. З теорії електричних машин відомо, що, маючи значення струмів і втрат неробочого ходу і короткого замикання, можна побудувати колову діаграму АД [1], а з неї отримати значення номінальних показників двигуна. Зазначена властивість дозволяє використовувати для контролю АД з КЗР колову діаграму, як найбільш інформативну графічну інтерпретацію асинхронної машини.

В [2] запропоновано проводити контроль параметрів АД за оцінкою відповідності номінальних показників кожного двигуна вимогам стандарту або технічним умовам з врахуванням допусків. В основу даного методу покладено колову діаграму АД. Суть методу полягає в визначенні меж дозволених відхилень струму і втрат неробочого ходу при номінальній напрузі U_0 , P_0 та струму і втрат короткого замикання I_k , P_k . Необхідно відмітити, що позитивним моментом такого методу є можливість визначати достатню кількість інформативних параметрів з колової діаграми.

Контроль АД з КЗР є надзвичайно трудомістким процесом з великими витратами часу. Проблема контролю ускладнюється тим, що серійно не випускаються засоби для вимірювання основних параметрів АД. Однією з найбільш складних є задача створення засобів для вимірювання параметрів схеми заміщення АД. Особливо необхідними такі засоби є для систем векторного керування АД.

Мета роботи. Задача контролю АД з КЗР за допомогою колової діаграми з використанням методу квазізрівноваження.

Матеріал та результати дослідження. Моделювання АД з КЗР з метою контролю вимагає врахування параметрів схем заміщення, які характеризують фізичні закономірності протікання

процесів в машині. В основу аналізу властивостей трифазного АД покладена його схема заміщення [3]. Найбільшого поширення набула Т-подібна схема заміщення АД (рис. 1), де прийняті такі позначення: R_s , R_r , R_m – активні опори статора, ротора і кола намагнічування відповідно; X_s , X_r , X_m – індуктивні опори статора, ротора і кола намагнічування відповідно; U_s – напруга статора; I_s , I_r , I_m – струми статора, ротора і кола намагнічування відповідно; s – ковзання.

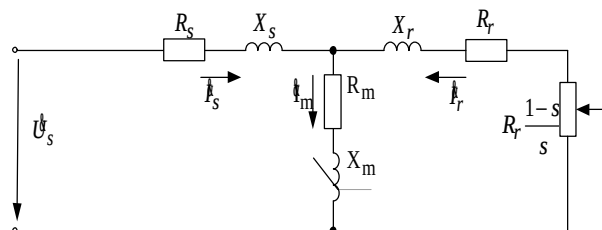


Рисунок 1 – Схема заміщення асинхронного двигуна

Для моделювання було вибрано краново-металургійний двигун типу МТКН512-8 повторно-короткочасного режиму роботи (ПВ=25%). Моделювання виконано шляхом розв'язування системи диференціальних рівнянь з використанням пакету прикладних програм Mathcad.

Для побудови колової діаграми АД, введемо еквівалентні параметри, які однозначно характеризують двигун під час перехідних процесів і можуть бути використані як проміжні розрахункові величини. В якості еквівалентних параметрів запропоновано використовувати поточні значення складових спектрального опору та провідності [4, 5]. Поточні значення дійсної та уявної складових спектрального опору можуть бути визначені як відношення поточних значень активної та реактивної потужностей до квадрату діючого значення струму:

$$R_C(t) = \frac{P(t)}{I^2(t)}; \quad X_C(t) = \frac{Q(t)}{I^2(t)},$$

а поточні значення дійсної та уявної складових спектральної провідності можуть бути визначені як відношення поточних значень активної та реактивної потужностей до квадрату діючого значення напруги:

$$G_C(t) = \frac{P(t)}{U^2(t)}; \quad B_C(t) = \frac{Q(t)}{U^2(t)}.$$

Поточні значення активної та реактивної потужностей, квадрата струму та напруги можуть бути визначені за формулами:

$$P(t) = \frac{1,5}{(T/2)} \int_{t-T/2}^t (u_{as} i_{as} + u_{bs} i_{bs}) dt;$$

$$Q(t) = \frac{1,5}{(T/2)} \int_{t-T/2}^t (u_{bs} i_{as} - u_{as} i_{bs}) dt;$$

$$I^2(t) = \frac{1,5}{(T/2)} \int_{t-T/2}^t (i_{as}^2 + i_{bs}^2) dt;$$

$$U^2(t) = \frac{1,5}{(T/2)} \int_{t-T/2}^t (u_{as}^2 + u_{bs}^2) dt,$$

де $u_{\alpha s}$; $u_{\beta s}$; $i_{\alpha s}$; $i_{\beta s}$ – складові напруги та струму статора в системі координат Кларка.

Процеси під час пуску асинхронного двигуна зручно характеризувати за допомогою колових діаграм $R_C=f(X_C)$ (рис. 2). Точка О відповідає центру колової діаграми. Стан АД характеризується вектором $\underline{V}$. Проте під навантаженням колова діаграма $R_C=f(X_C)$ стискається до точки К.

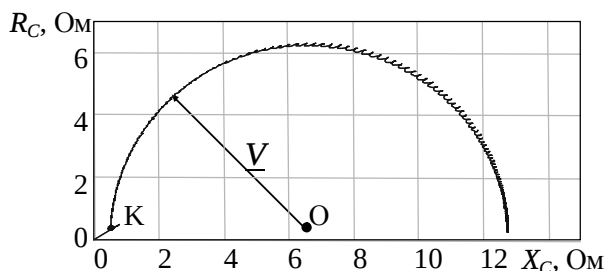


Рисунок 2 – Колова діаграма $R_C=f(X_C)$ АД з КЗР в режимі неробочого ходу

Процеси під час пуску АД зручно також характеризувати за допомогою колових діаграм $G_C=f(B_C)$ в режимі неробочого ходу та під навантаженням (рис. 3 та рис. 4). Перевагою цих діаграм є достатньо широкий діапазон зміни довжини кола і знаходження центра кола практично на осі абсцис.

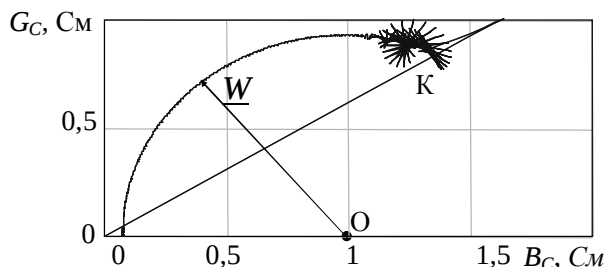


Рисунок 3 – Колова діаграма $G_C=f(B_C)$ АД з КЗР в режимі неробочого ходу

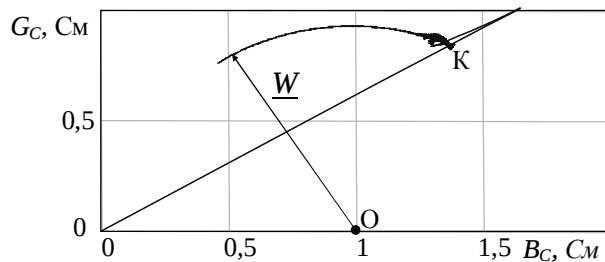


Рисунок 4 – Колова діаграма $G_C=f(B_C)$ АД з КЗР під навантаженням

Колові діаграми $G_C=f(B_C)$ АД є достатньо інформативними, оскільки, використовуючи її, можна визначати електричні параметри двигуна (струми статора і ротора, активні і реактивні опори схеми заміщення АД, ковзання та ін.).

Інтенсивний розвиток сучасних засобів вимірювальної техніки не тільки стимулює розробку нових способів та прийомів вимірювань і контролю електричних параметрів АД з КЗР, але й потребує перегляду традиційних методів. Одним з таких методів є метод квазірівноваження. Даний метод базується на приведенні вимірювального кола в деякий стан квазірівноваги, в якому легко отримати інформацію про один з вимірюваних або діагностованих параметрів. Зазначеного стану легко можна досягнути регулюванням одного або декількох параметрів вимірювального кола. Головною перевагою методу є можливість роздільного відліку вимірюваних параметрів.

Використовуючи модульний критерій квазірівноваги [6], можна контролювати модуль вектора $\underline{W}$, а отже, і стан АД з короткозамкненим ротором.

На рис. 5 зображено структурну схему пристрою для контролю параметрів АД з використанням модульного критерію квазірівноваги. Асинхронний двигун АД, який представлений спектральною провідністю $Y_C(t) = G_C(t) + jB_C(t)$, живиться від трифазного джерела живлення ДЖ. Вектори струмів $\dot{i}_s$ та напруг $\vec{u}_s$ статора поступають на входи перетворювачів струму ПС та напруги ПН, якими формуються напруги $u_1 = k_1 i_{\alpha s}$ та $u_2 = k_2 u_{\beta s}$. В подальшому, за допомогою пристрою віднімання ПВ та цифрового подільника напруги ЦПН формується напруга $u_3 = k_1 i_{\alpha s} - G_0 k_2 u_{\beta s}$, а з використанням перетворювачів діючих значень ПДЗ здійснюється визначення діючих значень напруг U_3 та U_2 . Відношення цих напруг є модулем вектора $\underline{W}$.

118