

УДК 621.317.73

М. Й. Бурбело, д. т. н., проф.;

В. В. Гаврилюк, асп.;

О. М. Кравець;

А. В. Гадай

## КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ

*Розглянуто новий спосіб визначення електричних параметрів асинхронних двигунів в перехідних режимах. Під час пуску асинхронного двигуна для визначення його параметрів використовуються спектральні пасивні параметри, які є інформативними параметрами під час перехідних процесів. В основу розробленого способу покладено використання двох фазових критеріїв квазірівноваги.*

### Характеристика загальної проблеми

Під контролем електричних параметрів асинхронних двигунів (АД) розуміється процес встановлення відповідності між фактичними параметрами і паспортними даними двигуна за певної температури та формування висновків про стан об'єкта. Задача контролю електричних параметрів асинхронних двигунів вимагає введення еквівалентних параметрів, які однозначно характеризують АД під час перехідних процесів і можуть бути використані як проміжні розрахункові величини при оцінюванні їх параметрів.

В якості еквівалентних параметрів можуть виступати поточні значення складових спектрального опору та провідності. Активні та реактивні складові спектрального опору та провідності для електричних кіл у разі дії періодичного несинусоїдного струму мають вигляд

$$R_C(t) = \frac{P(t)}{I^2(t)}; \quad X_C(t) = \frac{Q(t)}{I^2(t)}; \quad g_C(t) = \frac{P(t)}{U^2(t)}; \quad b_C(t) = \frac{Q(t)}{U^2(t)}.$$

Активні та реактивні складові спектрального опору та провідності, які були введені в [1] для електричних кіл у разі дії періодичного несинусоїдного струму

$$R_C = \frac{P}{I^2} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt}{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt}; \quad X_C = \frac{Q}{I^2} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)H\{i(t)\}dt - \frac{1}{T} \int_0^T i(t)H\{u(t)\}dt}{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt};$$

$$g_C = \frac{P}{U^2} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt}{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t)dt}; \quad b_C = \frac{Q}{U^2} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)H\{i(t)\}dt - \frac{1}{T} \int_0^T i(t)H\{u(t)\}dt}{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t)dt},$$

де  $u, i$  — миттєві напруга та струм;  $H\{i(t)\}, H\{u(t)\}$  — перетворення Гільберта струму та напруги.

### Формулювання задачі

Ставиться задача обґрунтування способу визначення параметрів АД в перехідних режимах для встановлення відповідності між фактичними параметрами і паспортними даними двигуна з використанням методу квазірівноваження та спектральних пасивних параметрів як інформативних параметрів АД під час перехідних процесів.

## Обґрунтування результатів

Для моделювання було вибрано краново-металургійні двигуни типу МТК повторно-короткочасного режиму роботи (ПВ = 25 %). Моделювання виконано шляхом розв'язування системи нелінійних диференціальних рівнянь [2] з використанням методу Рунге-Кутта четвертого порядку.

Процеси під час пуску АД зручно характеризувати за допомогою колової діаграми  $R_C = f(X_C)$ , яку зображено на рис. 1. Водночас процес пуску АД в режимі холостого ходу і під навантаженням характеризується істотною відмінністю поточних значень активної (рис. 2) та реактивної (рис. 3) складових спектрального опору.

Таку відмінність можна пояснити тим, що розгін АД під навантаженням триває довше, а установленому значенню частоти обертання ротора АД відповідає точка *a* на коловій діаграмі (рис. 1).

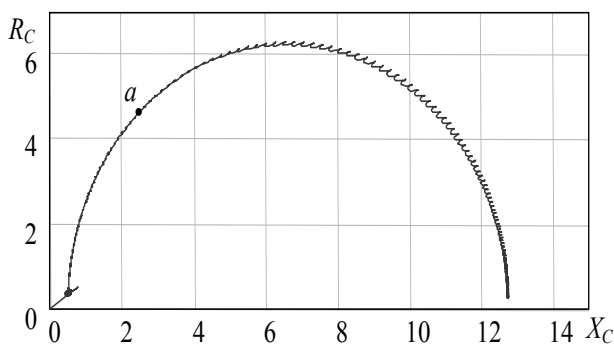


Рис. 1. Колова діаграма АД в режимі холостого ходу

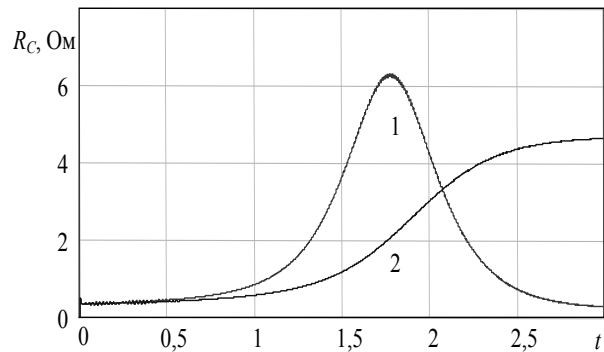


Рис. 2. Залежність поточних значень активної складової спектрального опору під час пуску АД: 1 — в режимі холостого ходу; 2 — під навантаженням

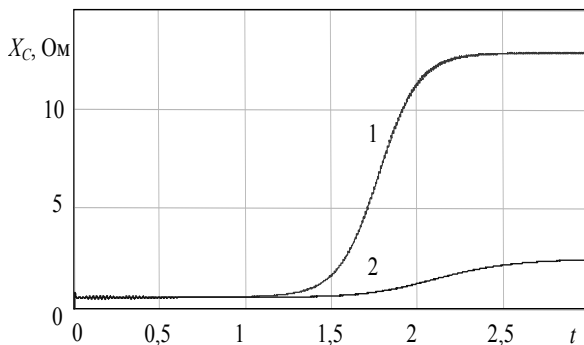


Рис. 3. Залежність поточних значень реактивної складової спектрального опору під час пуску АД: 1 — в режимі холостого ходу; 2 — і під навантаженням

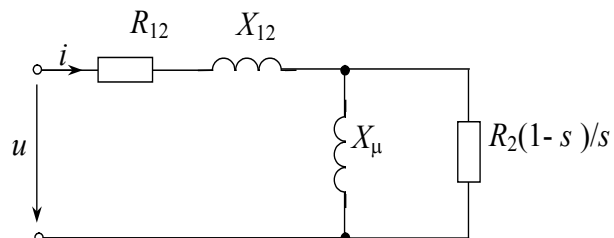


Рис. 4. Чотириелементна схема заміщення АД

Коловій діаграмі АД (рис. 1) адекватна чотириелементна схема заміщення (рис. 4), де прийняті такі позначення:  $R_{12}$  — опір обмотки статора та приведений опір обмотки ротора;  $X_{12}$  — індуктивний опір розсіювання обмотки статора та приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора;  $X_{\mu}$  — індуктивний опір кола намагнічування;  $R_2$  — приведений опір обмотки ротора;  $s$  — ковзання ротора.

Для визначення параметрів АД в режимі неробочого ходу можна використати максимальне значення  $R_C$  (крива 1 на рис 5) та лінійну залежність  $R_C/s = f(X_C)$  (рис. 6).

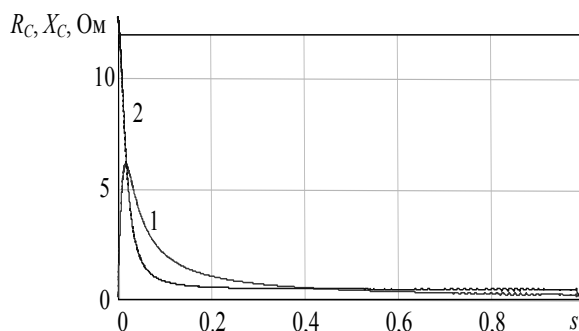


Рис. 5. Залежність складових спектрального опору АД від ковзання

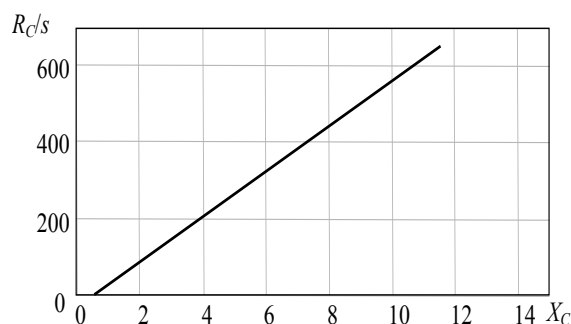


Рис. 6. Лінійна діаграма АД

Зміщуючи лінійну діаграму вліво, можна зафіксувати момент компенсації індуктивного опору  $X_{12}$ , коли пряма буде проходити через початок координат. Для цього необхідно скористатись фазовим критерієм  $R_C/sX_C = \text{const}$  або  $s \text{tg}\varphi_C = \text{const}$ .

В момент компенсації опору  $R_{12}$  максимум  $R_C$  досягається при  $\text{tg}\varphi_C = 1$ . Останню умову можна використати як критерій квазірівноваги. В цей момент  $R_C/sX_C = 1 + X_m/R_2$ . З останнього виразу випливає, що  $s \text{tg}\varphi_C = R_2/(R_2 + X_m)$ .

### Висновки

1. Під час пуску для визначення параметрів АД можуть бути використані спектральні параметри, які доцільно характеризувати їх поточними значеннями.
2. Розроблено спосіб визначення параметрів АД, в основу якого покладено використання двох фазових критеріїв квазірівноваги.
3. В основу контролю покладено використання даного способу, який дозволяє визначати параметри АД та контролювати їх за лінійною залежністю  $R_C/s = f(X_C)$ .

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Штамбергер Г. А. Измерения в цепях переменного тока (методы уравнивания) / Г. А. Штамбергер, К. Б. Карандеев — Новосибирск: Наука, 1972. — 164 с. — ISBN 966-641-095-8.
2. Беспалов В. Я. Математическая модель асинхронного двигателя в обобщенной ортогональной системе координат / В. Я. Беспалов, Ю. А. Мощинский, А. П. Петров // Электричество. — 2002. — № 8. — С. 33—39.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Надійшла до редакції 21.10.08  
Рекомендована до друку 20.11.08

**Бурбело Михайло Йосипович** — завідувач кафедри, **Гаврилюк Володимир Васильович** — аспірант, **Кравець Олександр Миколайович** — асистент.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет;

**Гадай Андрій Валентинович** — асистент.

Кафедра електропостачання, Луцький державний технічний університет