

УДК 621.317.73

М. Й. Бурбело, д. т. н., проф.,

А. В. Гадай,

В. В. Гаврилюк, асп.;

В. А. Барчук, студ.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ КВАЗІЗРІВНОВАЖЕННЯ

Вирішено задачу застосування спектральних величин і методу квазізрівноваження для визначення параметрів асинхронних двигунів під час електромеханічних перехідних процесів.

Розгляд проблеми і постановка завдання

Існує декілька підходів до визначення параметрів асинхронних двигунів (АД) в електромеханічних перехідних режимах (під час пуску, при зміні частоти обертання ротора в частотно-керованих електроприводах). Так, в [1] використано миттєві значення струму фаз статора. Однак похибки опосередкованого визначення параметрів АД, що зумовлені похибками дискретизації та квантування миттєвих значень, при цьому є досить значними.

В [2] для визначення параметрів АД використовують миттєві значення модуля узагальненого вектора струму статора

$$I_s = \sqrt{i_{\alpha s}^2 + i_{\beta s}^2},$$

де $i_{\alpha s}$, $i_{\beta s}$ — миттєві струми статора в α , β -координатах. Даний метод має недостатню розділювальну здатність, що пояснюється малою ефективністю використання одного параметра для прямого визначення чотирьох — шести взаємозв'язаних електричних параметрів АД.

Під час розробки квазізрівноважених частотно-варіаційних вимірювальних систем [3] для визначення параметрів багатоелементних моделей об'єктів, зокрема АД, як інформативні параметри використано спектральні опори (провідності). Поняття спектральних опорів та провідностей як інтегральних пасивних параметрів за умов несинусоїдності введені в [4].

Таким чином, ставиться задача аналізу можливості застосування спектральних величин і методу квазізрівноваження для визначення параметрів АД під час електромеханічних перехідних процесів.

Обґрунтування результатів

Поточні значення дійсної та уявної складових спектрального опору можуть бути визначені як відношення поточних значень активної та реактивної потужностей до квадрату діючого значення струму

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

Поточні значення квазізривної та реактивної потужностей та квадрата струму можуть бути визначені за формулами

$$P(t) = \int_{t-T/2}^t u_{\alpha} i_{\alpha s} dt; \quad Q(t) = \int_{t-T/2}^t u_{\alpha} i_{\beta s} dt; \quad I^2(t) = \int_{t-T/2}^t i_{\alpha s} i_{\alpha s} dt,$$

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

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

ня напруги

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

або через параметри спектрального опору за відомими формулами переходу від послідовної до паралельної схеми заміщення

$$G_C(t) = \frac{R_C(t)}{R_C^2(t) + X_C^2(t)} ; \quad B_C(t) = \frac{X_C(t)}{R_C^2(t) + X_C^2(t)}$$

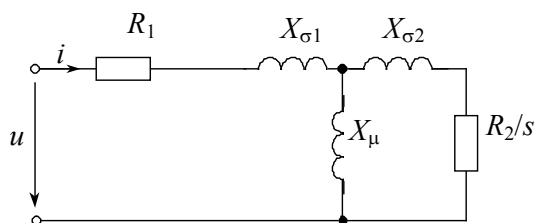


Рис. 1. Схема заміщення АД

Необхідно відмітити, що за несинусоїдного режиму провідності $g_C(t)$ і $G_C(t)$, а також $b_C(t)$ і $B_C(t)$ відрізняються за значеннями.

Для моделювання вибрано найпростішу лінійну модель АД (рис. 1), де прийняті такі позначення: R_1 — опір обмотки статора; $X_{\sigma 1}$ — індуктивний опір розсіювання обмотки статора; $X_{\sigma 2}$ — приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора; X_{μ} — індуктивний опір кола намагнічування; R_2 — приведений опір обмотки ротора; s — ковзання ротора.

ний опір кола намагнічування; R_2 — приведений опір обмотки ротора; s — ковзання ротора.

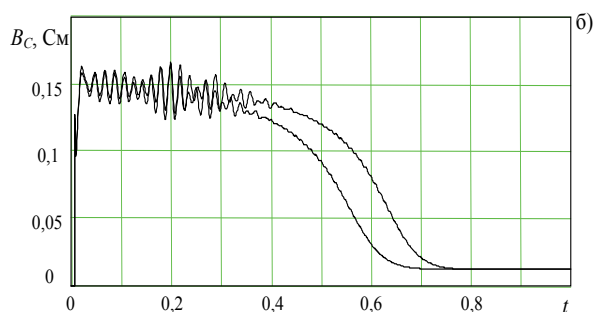
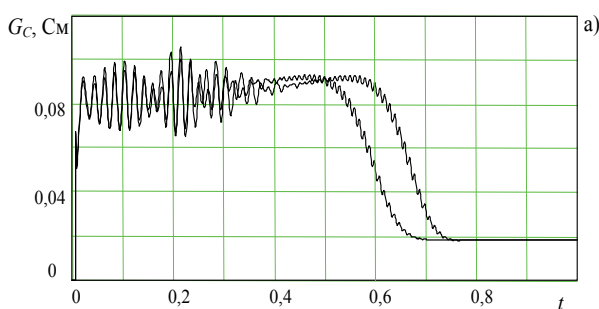


Рис. 2. Залежності активної (а) і реактивної (б) складових спектральної провідності за двох

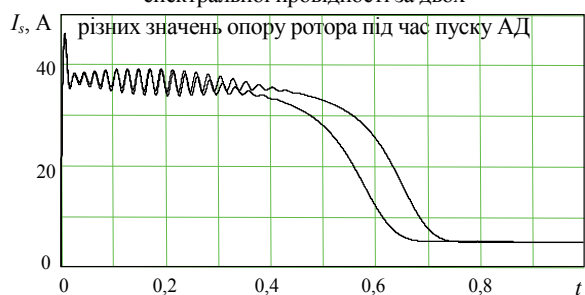


Рис. 3. Залежності модуля узагальненого вектора струму статора за двох різних значень опору ротора під час пуску АД

На рис. 2 зображено залежності активної (а) і реактивної (б) складових спектральної провідності за двох різних значень опору ротора, що відрізняються на 10 %, під час пуску АД. З аналізу залежностей, що побудовані за різних значень активного опору ротора, випливає, що вони істотно відрізняються, а, отже, можуть бути використані з метою підвищення точності вимірювань.

Для порівняння на рис. 3 зображено залежності модуля узагальненого вектора струму статора за двох різних значень опору ротора, що відрізняються на 10 %. Характер цих залежностей наближений до характеру залежностей, зображених на рис. 2.

Проаналізуємо можливість застосування методу квазізрівноваження для вимірювання параметрів АД. В [3] показано, що під час розроблення квазізрівноважених вимірювальних систем найважливішу роль відіграє вибір того чи іншого перетворення комплексної площини \underline{W} , яке покладено в основу принципу дії вимірювальної системи. Вибір перетворення істотно впливає на структуру та алгоритм зрівноваження. Перетворення паралельного перенесення комплексної площини може бути доповнено, за необхідності, перетворенням інверсії. Відсутність або наявність перетворення інверсії є важливим з точки зору забезпечення достатньої чутливості та збіжності процесу зрівноважування вимірювальних систем. У зв'язку з вищевказаним, розглянемо можливість застосування для вимірювання параметрів АД перетворення перенесення з інверсією комплексної площини, що характеризується узагальненою функцією [3]

$$\underline{W}(s) = \frac{R_0}{\underline{Z}(s) - R_0 - jX_0}$$

де $\underline{Z}(s)$ — комплексний опір асинхронного двигуна; R_0 ; X_0 — активний та реактивний опори

взірцевих елементів вимірювального кола.

Для формування узагальненої комплексної функції використано систему координат Кларка. Спочатку здійснюється формування напруг

$$u_{\alpha} = u_{\alpha s} - R_0 i_{\alpha s} + X_0 i_{\beta s}; \quad u_{\beta} = u_{\beta s} - R_0 i_{\beta s} - X_0 i_{\alpha s}$$

де $u_{\alpha}; u_{\beta}$ — складові вимірюваної напруги; $u_{\alpha s}; u_{\beta s}$ — складові напруги статора; $i_{\alpha s}; i_{\beta s}$ — складові струму статора, а потім формуються сигнали

$$P(t) = \int_{t-T/2}^t u_{\alpha} i_{\alpha s} dt; \quad Q(t) = \int_{t-T/2}^t u_{\alpha} i_{\beta s} dt; \quad I^2(t) = \int_{t-T/2}^t i_{\alpha s} i_{\alpha s} dt$$

та їх відношення

$$R_C(t) = \frac{P(t)}{I^2(t)}; \quad X_C(t) = \frac{Q(t)}{I^2(t)}; \quad G_C(t) = \frac{R_C(t)}{R_C^2(t) + X_C^2(t)}; \quad B_C(t) = \frac{X_C(t)}{R_C^2(t) + X_C^2(t)}.$$

В момент досягнення стану квазірівноваги, який характеризується виконанням одночасно двох умов $R_1 = R_0$; $jX_{\sigma 1} + jX_{\sigma 2} q_2 = jX_0$, узагальнена комплексна функція набуває вигляду

$$\underline{W}(s) = \frac{sR_0}{R_2 q_2^2} - j \frac{R_0}{X_{\mu} q_2},$$

де $q_2 = X_{\mu} / (X_{\mu} + X_{\sigma 2})$ — коефіцієнт зв'язку обмотки ротора.

Отже, в момент досягнення заданого стану дійсна складова функції $\underline{W}(s)$ прямо пропорційна ковзанню, а уявна складова не залежить від ковзання і практично дорівнює нулю.

Наведений приклад не вичерпує можливих варіантів реалізації квазірівноважених вимірювальних кіл, але наочно показує перспективність застосування спектральних параметрів і методу квазірівноваження для вимірювання електричних параметрів АД.

Висновки

Використання спектральних параметрів забезпечує можливість визначення електричних параметрів АД під час електромеханічних перехідних процесів і побудови квазірівноважених систем для їх вимірювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бешта О. С., Балахонцев О. В., Худолій С. С. Ідентифікація опорів обмоток асинхронного двигуна в робочому режимі за допомогою універсальної дискретної моделі струму статора // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2002. — № 1. — С. 295—297.
2. Сивокобыленко В. Ф., Харченко П. А. Идентификация параметров асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2007. — № 3 (Ч. 1). — С. 113—116.
3. Бурбело М. Й. Квазірівноважені частотно-варіаційні вимірювальні системи. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. — 225 с.
4. Штамбергер Г. А. Измерения в цепях переменного тока (методы уравнивания) / Под ред. К. Б. Карандеева. — Новосибирск: Наука, 1972. — 164 с.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Надійшла до редакції 18.01.08
Рекомендована до друку 14.02.08

Бурбело Михайло Йосипович — завідувач кафедри; **Гаврилюк Володимир Васильович** — аспірант.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту;

Барчук Віталій Анатолійович — студент Інституту електроенергетики та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет;

Гадай Андрій Валентинович — асистент кафедри електропостачання.

Луцький державний технічний університет