

УДК 681.5.023+681.5.015:621.313.222

Б. І. Мокін, д. т. н., проф.;
О. Б. Мокін, асп.

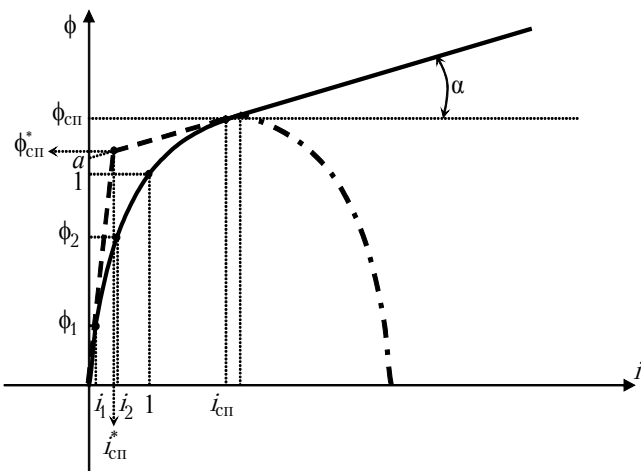
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КРИВОЇ НАМАГНІЧУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСЛІДОВНИМ ЗБУДЖЕННЯМ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ

1. Постановка задачі та вихідні передумови

На рис. 1 неперервною лінією зображений графік кривої намагнічування $\phi(i)$ електричного двигуна постійного струму з послідовним збудженням (ЕДПЗ), взятий із роботи [1], але з переводом магнітного потоку Φ і струму обмотки збудження I_3 , який для цього класу електродвигунів одночасно є і струмом якоря $I_я$, у відносні одиниці з використанням номінального режиму в якості базового, тобто:

$$\phi = \frac{\Phi}{\Phi_H}; \quad i = \frac{I_3}{I_H}. \quad (1)$$

Як правило, розв'язуючи практичні задачі, пов'язані з функціонуванням ЕДПЗ, в якості математичної моделі $\phi = \phi(i)$ кривої намагнічування використовують одну із двох моделей, перша із яких базується на апроксимації нелінійності $\phi(i)$ відрізками двох прямих (штрихові лінії на рисунку), що з'єднуються в точці $(i_{сп}^*, \phi_{сп}^*)$, тобто на моделі —



Графік кривої намагнічування ЕДПЗ
у відносних одиницях

$$\phi = \begin{cases} k_1 i, & i \in [0, i_{\text{сп}}^*]; \\ a + k_2 i, & i \in (i_{\text{сп}}^*, \infty), \end{cases} \quad (2)$$

а друга — на апроксимації нелінійності $\phi(i)$ степеневим поліномом, тобто на моделі —

$$\phi = a_1 i + a_2 i^2 + a_3 i^3 + \dots + a_n i^n, \quad (3)$$

яка дає задовільну точність апроксимації, як показують практичні розрахунки, починаючи з $n = 7$.

Обидві ці моделі, як (2), так і (3), даючи непогані результати із їх використанням в багатьох прикладних розрахунках, виявляються недієздатними коли розв'язуються задачі оптимізації електроприводів з ЕДПЗ за критерієм мінімуму втрат електроенергії [2], оскільки використання моделі (2) приводить до стрибкоподібної зміни першої похідної ϕ' в точці $(i_{\text{сп}}^*, \phi_{\text{сп}}^*)$ і розриву другої похідної ϕ'' в цій точці, що унеможливає розв'язання задачі оптимізації варіаційними методами, а використання моделі (3) приводить до таких високих порядків похідних в Ейлерових рівняннях необхідних умов оптимальності, які не мають аналітичних розв'язків, а тому є непридатними для синтезу за їх результатами систем оптимального керування електроприводами.

Тож не втрачає актуальності задача побудови такої математичної моделі кривої намагнічування $\phi(i)$ ЕДПЗ, яка може бути використана при розв'язанні задачі оптимізації електропривода, що має у своїй структурі ЕДПЗ, варіаційними методами.

2. Розв'язання поставленої задачі

Представимо криву намагнічування $\phi(i)$ ЕДПЗ так, щоб її графік став складеним із кусків параболи і прямої (штрих-пунктирна і неперервна лінії на рис. 1).

Порівнюючи графіки $\phi(i)$, що зображені на рис. 1 бачимо, що точки $(i_{\text{сп}}, \phi_{\text{сп}})$ та $(i_{\text{сп}}^*, \phi_{\text{сп}}^*)$ не співпадають.

Легко бачити, що математичну модель кривої намагнічування $\phi(i)$, представленої сукупністю прямої та параболи, можна синтезувати у вигляді —

$$\phi = \begin{cases} a_1 i + a_2 i^2, & i \in [0, i_{\text{сп}}]; \\ a + b i, & i \in (i_{\text{сп}}, \infty), \end{cases} \quad (4)$$

де абсциса $i_{\text{сп}}$ точки $(i_{\text{сп}}, \phi_{\text{сп}})$ знаходиться прирівнянням першої похідної ϕ' , отриманої за обома складовими моделі (4), тобто із рівняння

$$2a_2 i_{\text{сп}} + a_1 = b, \quad (5)$$

звідки

$$i_{\text{сп}} = \frac{b - a_1}{2a_2}. \quad (6)$$

Що важливо, при використанні математичної моделі кривої намагнічування $\phi(i)$ ЕДПЗ у вигляді (4), зі стиком лінійної та параболічної складових на умовах (6), ця функція має неперервну першу та другу похідні, а тому дозволяє отримати розв'язок задачі оптимізації електропривода з ЕДПЗ у зручному для подальшого використання вигляді.

Як легко бачити із рис. 1, ідентифікацію математичної моделі (4), тобто визначення числових значень її параметрів a , b , a_1 , a_2 , можна здійснити, використовуючи:

- 1) відрізок осі ϕ , який відтинається прямою $a + b i$, для визначення коефіцієнта a ;
- 2) значення $\text{tg} \alpha$ для визначення коефіцієнта b , тобто

$$b = \text{tg} \alpha; \quad (7)$$

3) систему рівнянь

$$\begin{cases} \phi_1 = a_1 i_1 + a_2 i_1^2; \\ \phi_2 = a_1 i_2 + a_2 i_2^2. \end{cases} \quad (8)$$

для визначення коефіцієнтів a_1, a_2 .

3. Висновки

В даній роботі побудовано математичну модель кривої намагнічування ЕДПЗ, придатну для розв'язання задач оптимізації електроприводів на основі цього класу електродвигунів, і запропоновано алгоритм ідентифікації такої моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочные данные по электрооборудованию, т. 1. Электрические машины общего применения.— М.–Л.: Энергия.— 1964.— 328 с.
2. Петров Ю. П. Вариационные методы оптимального управления.— Л: Энергия. — 1965. — 220 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 17.11.03
Рекомендована до друку 3.12.03

Мокін Борис Іванович — завідувач кафедри, *Мокін Олександр Борисович* — аспірант.

Кафедра електромеханічних систем автоматизації, Вінницький національний технічний університет