

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ, ЩО ГРУНТУЮТЬСЯ НА ВИКОРИСТАННІ УНІВЕРСАЛЬНОЇ МАГНІТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Запропоновано значення коефіцієнтів насичення для тягових електричних двигунів, які дозволяють підвищити точність розрахунків, оснований на застосуванні універсальної магнітної характеристики.

Ключові слова: тяговий електричний двигун, універсальна магнітна характеристика, коефіцієнт насичення

Предложено значение коэффициентов насыщения для тяговых электрических двигателей, которые позволяют повысить точность расчетов, основанных на применении универсальной магнитной характеристики.

Ключевые слова: тяговый электрический двигатель, универсальная магнитная характеристика, коэффициент насыщения

The value of saturation factor for traction D.C. motors, which allow promoting the accuracy of calculations based on application of universal magnetic characteristic, is offered.

Keywords: traction motor, universal magnetic characteristic, saturation factor

Використання універсальної магнітної характеристики [1 – 3] надає ряд переваг у розв'язанні задач, що вимагають формалізації взаємозв'язку електромеханічних параметрів тягових двигунів. Наприклад, не потрібно проводити коштовні експерименти чи визначати розмагнічуючу дію реакції якоря. Однак, в деяких випадках, приміром, при розрахунку коефіцієнта корисної дії, виникає необхідність підвищення точності розрахунків, що ґрунтуються на використанні універсальної магнітної характеристики.

Застосування універсальної магнітної характеристики ґрунтується на тому, що відносні магнітні характеристики тягових двигунів, які відрізняються за параметрами і конструкцією, при рівних коефіцієнтах насичення практично співпадають за виглядом. Якщо ж коефіцієнти насичення відрізняються за величиною – магнітні характеристики не співпадають, але мають подібний вигляд. Отже, в цьому випадку також можна використовувати універсальну магнітну характеристику, тільки необхідно належним чином вибрати на ній точку з координатами F_n^* і Φ_n^* , яка відповідає дійсному значенню коефіцієнта насичення K_n в номінальному режимі. З цією метою універсальну магнітну характеристику представляють у вигляді взаємозв'язку значень трьох параметрів: коефіцієнта насичення K_n , відносних значень магнітного потоку Φ^* і магніторушійної сили F^* (рис. 1) [4].

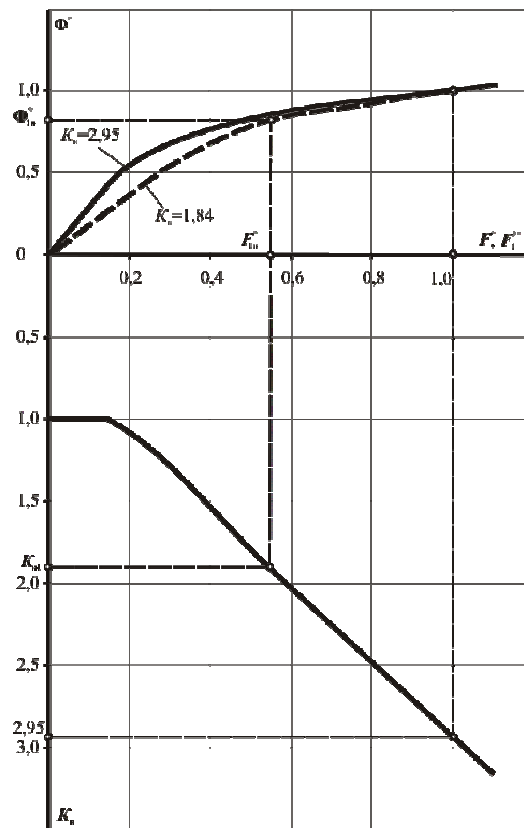


Рис. 1

Проте у ряді випадків використання універсальної магнітної характеристики приводить до істотних похибок у розрахунках. На нашу думку, основні причини цього криються не лише у неповному збігу контурів магнітних характеристик, а й в недостатній достовірності інформації про числові значення коефіцієнта насичення

K_n . Проілюструємо це на рисунку (рис. 2), зобразивши експериментальну магнітну характеристику тягового двигуна у відносних одиницях (в даному випадку ТЛ-2К1) та дві універсальні магнітні характеристики, що відрізняються значенням K_n . Як видно, при деякій різниці між вибраними значеннями коефіцієнта насичення досить помітна розбіжність між магнітними характеристиками.

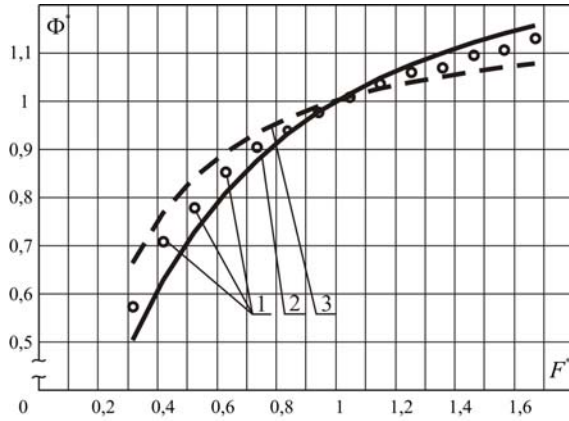


Рис. 2. Магнітна характеристика тягового двигуна ТЛ-2К1: 1 – експериментальна; 2 – розрахункова при $K_n = 1,6$; 3 – розрахункова при $K_n = 2,5$

Спробуємо проаналізувати як впливає вибір значення коефіцієнта насичення на похибку при визначенні магнітної характеристики електродвигуна за допомогою універсальної характеристики. Для цього побудуємо графіки залежностей максимального відносного відхилення $\delta_{\max}(K_n)$ та стандартної похибки $\sigma(K_n)$. Аналіз показав, що для тягових двигунів вказані залежності будуть мати вигляд представлений на рис. 3. Як видно з графіка, ці залежності являються унімодальними і мають зростаючі гілки. Очевидно, що похибка у виборі K_n буде вносити достатньо велику неточність в розрахунки, у разі використання універсальної магнітної характеристики.

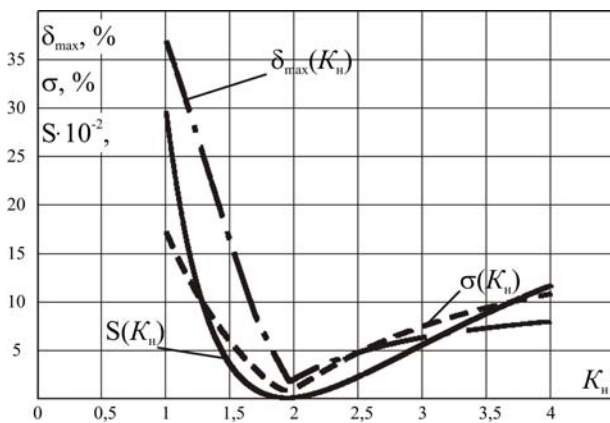


Рис. 3

Розглянемо задачу визначення значень коефіцієнта насичення, які відповідають найкращому збігу експериментальної магнітної характеристики електродвигуна у відносних одиницях та універсальної.

В якості вихідних даних під час розв'язання поставленої задачі прийемо:

– універсальну магнітну характеристику у вигляді залежностей [5]:

$$\Phi^*(F^*) = 0,722 \operatorname{arc} \operatorname{tg}(4,699 F^*); \quad (1)$$

$$F^*(K_n) = 0,42 K_n - 0,27; \quad (2)$$

– магніторушійну силу (МРС) F_n та магнітний робочий потік Φ_n тягового двигуна для номінального режиму навантаження;

– магнітну характеристику тягового двигуна $\Phi(F)$, або $S\Phi(F)$.

Критерієм збігу кривих, що порівнюються, доцільно прийняти мінімум суми квадратів відхилень розрахункових значень магнітного потоку у n вибраних точках. Тоді задача формально зводиться до пошуку такого $K_n \in [1, \infty]$, який надає мінімум суми

$$S = \sum_{i=1}^n [\Phi_i(F_i) - \Phi_{yi}(F_i)]^2 \rightarrow \min, i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де Φ_{yi} – значення магнітного потоку, розраховане по універсальній магнітній характеристиці.

Для визначення F_n^* та Φ_n^* будемо використовувати формули (1), (2) підставивши в них відповідно значення K_n та F_n^* .

Таким чином, ми будемо змінювати K_n в межах, що відповідають можливим практичним значенням, з певним кроком ΔK_n , та на кожному кроці будемо визначати S згідно (3). В результаті отримаємо залежність $S(K_n)$, для тягового двигуна ТЛ-2К1 вона матиме вигляд (див. рис. 3). Значення розрахункового коефіцієнта насичення K_{np} , який мінімізує S , буде давати найкращий збіг експериментальної магнітної характеристики у відносних одиницях і універсальної.

Для перевірки порівняємо між собою дійсну магнітну характеристику обраного двигуна у відносних одиницях з універсальною характеристикою при коефіцієнті насичення, що отримано методом описаним вище (в режимі повного збудження було визначено, що $K_{np} = 1,9393$) (рис. 4). Стандартна похибка у даному випадку

складає 0,786 %. Для порівняння наведемо стандартну похибку при довідниковому значенні [6] коефіцієнта насичення $K_n = 1,84 - 1,314 \%$.

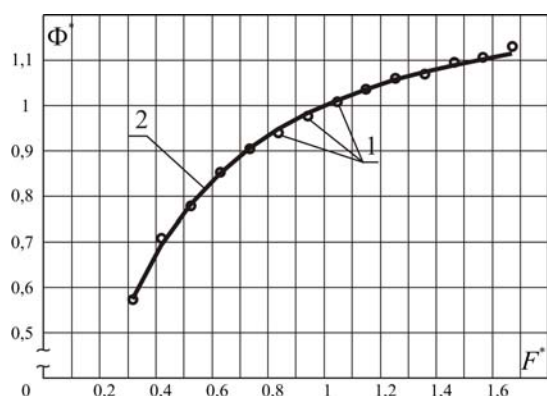


Рис. 4. Магнітна характеристика тягового двигуна ТЛ-2К1: 1 – експериментальна у відносних одиницях; 2 – універсальна при $K_n = 1,9393$

Як видно, використання коефіцієнта насичення, підбраного запропонованим вище способом, дозволяє підвищити точність розрахунків з використанням універсальної магнітної характеристики. Крім того, не слід забувати, що для ряду двигунів достатньо важко отримати дані про коефіцієнт насичення.

В результаті розв’язання поставленої задачі були отримані значення коефіцієнтів насичення для ряду тягових двигунів (табл. 1).

Узагальнюючи, необхідно відмітити, що отримані значення коефіцієнтів насичення дають можливість не тільки підвищити точність розрахунків у разі використання універсальної магнітної характеристики, а й суттєво скоротити об’єм вихідних даних під час автоматизації розв’язання задач, які пов’язані з визначенням характеристик та параметрів колекторних тягових електродвигунів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Находкин, М. Д. Универсальная магнитная характеристика тяговых электродвигателей постоянного тока [Текст] / М. Д. Находкин, В. С. Хвостов // Вестник электропромышленности. – 1958. – № 1. – С. 44-48.
2. Проектирование тяговых электрических машин [Текст] / М. Д. Находкин [и др.]. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.
3. Курбасов, А. С. Проектирование тяговых электродвигателей [Текст] / А. С. Курбасов, В. И. Седов, Л. Н. Сорин. – М.: Транспорт, 1987. – 536 с.

4. Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины [Текст] / В. И. Бочаров [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 464 с.
5. Гетьман, Г. К. Об использовании универсальной магнитной характеристики для расчета электромеханических характеристик тяговых двигателей [Текст] / Г. К. Гетьман, С. Н. Голик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 21-25.
6. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам [Текст] / под ред. А. И. Тищенко. – Т. 1. – М.: Транспорт, 1969. – 432 с.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів насичення в номінальному режимі для тягових двигунів

Тип двигуна	Режим	K_{np}	$\sigma, \%$	$\delta_{max}, \%$
НБ-406	ПЗ	2,2793	2,2	5,01
	ПЗ1	2,1346	1,96	3,29
	ПЗ2	2,0851	1,99	4,2
	ПЗ3	2,0743	2,4	5,78
	ПЗ4	1,9054	2,63	9,72
ТЛ-2К1	ПЗ	1,9393	0,75	2,31
	ПЗ1	1,9058	0,72	1,35
	ПЗ2	1,9046	0,94	2,19
	ПЗ3	1,9577	1,18	2,81
	ПЗ4	2,0076	1,06	2,63
НБ-418К6	НЗ	1,7819	2,41	3,84
	ПЗ1	1,7474	1,17	2,40
	ПЗ2	1,8304	0,52	1,23
	ПЗ3	1,7868	0,92	2,36
ЕД141У1	ПЗ	1,8138	0,34	0,56
	ПЗ1	1,7482	0,67	1,27
	ПЗ2	1,7748	0,54	0,89
	ПЗ3	1,792	0,71	1,27
	ПЗ4	1,738	0,84	1,83
	ПЗ5	1,4081	0,11	2,87

Надійшла до редколегії 11.05.2011.
Прийнята до друку 19.05.2011.