

А.І. АНТОНЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РІЗНИЦІ ФАЗ СТРУМУ І МАГНІТНОГО ПОТОКУ КОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА ЗМІННОГО СТРУМУ

На підставі аналізу електромагнітних процесів в колекторному двигуні змінного струму з послідовним збудженням отримані співвідношення для визначення із векторної діаграми двигуна кута розбіжності між векторами струму і магнітного потоку

**Ключові слова:** фази струму, колекторний двигун, магнітний потік, кут розбіжності

Одним із факторів, які впливають на ефективність роботи колекторного двигуна змінного струму, є величина різниці фаз струму двигуна і результуючого магнітного потоку. Магнітний потік визначається результуючими ампервитками обмоток і короткозамкнених контурів, розмірами активної частини та мірою насичення магнітопроводу машини [1, 2].

### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є колекторний двигун змінного струму з послідовним збудженням, а саме значення кута розбіжності між векторами струму двигуна і результуючого магнітного потоку. Для цього скористаємось векторною діаграмою двигуна та рівнянням рівноваги напруги. Параметри двигуна вважаємо лінійними.

### Постановка завдання

Відомо [1, 2], що в колекторних двигунах змінного струму з послідовним збудженням магнітний потік відстає по фазі на деякий кут  $\gamma$  від струму збудження через наявність вихрових струмів в магнітопроводі та в закорочених секціях обмотки якоря при їх комутації. Для експериментального визначення цього кута необхідно знайти умови, при яких параметри напруги живлення двигуна однозначно характеризують його значення.

### Результати та їх обговорення

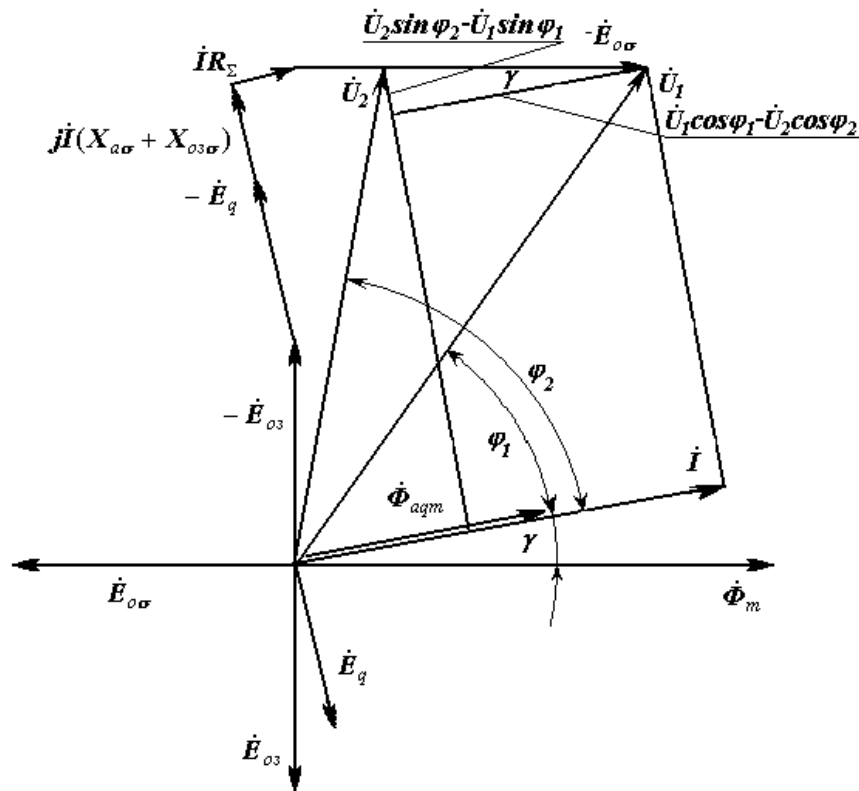
Для колекторного двигуна змінного струму з послідовним збудженням рівняння рівноваги напруги живлення  $\dot{U}$  може бути записане в такому вигляді [2,3:]

$$\dot{U} + \dot{E}_{o3} + \dot{E}_q + \dot{E}_{ob} = \dot{I}(R_{\Sigma} + j(x_{a\sigma} + x_{o3\sigma})) , \quad (1)$$

де  $R_{\Sigma}$  – сумарний активний опір електричного кола якоря двигуна;  $x_{a\sigma} + x_{o3\sigma}$  – сумарний індуктивний опір розсіювання електричного кола якоря двигуна;  $r_k$  – активний опір еквівалентного короткозамкненого контуру;  $x_{\sigma k}$  – індуктивний опір розсіювання еквівалентного короткозамкненого контуру;  $\dot{E}_{o3}$  – трансформаторна електрорушійна сила обмотки збудження від основного потоку  $\Phi_m$ ;  $\dot{E}_q$  – трансформаторна електрорушійна сила обмотки якоря від поперечного магнітного потоку  $\Phi_{aqt}$ .

Цьому рівнянню відповідає векторна діаграма приведена на рисунку, на якій показано два вектори напруги живлення  $\dot{U}_1$  і  $\dot{U}_2$ . Векторна діаграма побудована при умові незмінного значення струму двигуна, а відтак і незмінного значення магнітного потоку.

Цього можна досягти змінюючи навантаження двигуна і напругу живлення та підтримуючи незмінним струм двигуна. В цьому випадку трансформаторні електрорушійні сили і падіння напруги на активних і індуктивних опорах залишаються незмінними. Змінюється лише електрорушійна сила обертання та частота обертання.



### Векторна діаграма колекторного двигуна змінного струму з послідовним збудженням

Якщо поміряти для заданого струму  $I$  при різних частотах обертання споживану двигуном потужність  $P_1$  і напругу живлення  $U$ , то можна знайти  $\cos \varphi = \frac{P_1}{U \cdot I}$  та побудувати векторну діаграму напруги і струму двигуна. Для двох значень напруги вектор різниці між векторами  $\dot{U}_1$  та  $\dot{U}_2$  дорівнює вектору різниці електрорушійних сил обертання, який буде паралельним вектору магнітного потоку  $\dot{\Phi}_m$ . Тоді із векторної діаграми можемо знайти:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{U_2 \sin \varphi_2 - U_1 \sin \varphi_1}{U_1 \cos \varphi_1 - U_2 \cos \varphi_2} \quad (2)$$

Для перевірки викладеного були проведені експерименти на універсальному колекторному двигуні з послідовним збудженням ДТА-40<sup>1</sup>.

Струм двигуна підтримувався на рівні 1,25 А при номінальному струмі двигуна 1,35 А. Навантаження двигуна здійснювалось за допомогою машини постійного струму, що дозволило

<sup>1</sup> Дослід проводився спільно з Кравець Т.А. в контексті її дипломної роботи.

змінювати частоту обертання в широких межах, в тому числі при роботі ДТА-40 в гальмівному режимі.

Щоб уникнути впливу постійної складової струму, який може виникнути в колекторній машині, живлення двигуна здійснювалось через послідовно ввімкнений конденсатор ємністю 20 мкФ.

Результати вимірювання приведені в таблиці.

#### Результати вимірювання напруги живлення двигуна ДТА-40 при струмі 1,25 А

№№ П.п.	P (Вт)	n (об/хв.)	U (В)	cosφ	$\gamma_1$ (градусів)	$\gamma_2$ (градусів)
1	50	1500	84	0,47619		
2	40	350	83	0,385542	18,7687	18,7687
3	25	-750	87	0,229885	33,97557	28,38059
4	20	-990	88	0,181818	24,97708	27,8275
5	10	-1750	89	0,089888	14,75178	24,78362
6	5	-1880	89	0,044944	3,866551	22,6813
7	-2,5	-2330	89	-0,02247	0,644152	19,79016
8	-5	-2450	90	-0,04444	25,0218	20,03637
9	-10	-2940	91	-0,08791	10,43415	19,27189
10	-15	-3220	93	-0,12903	21,49064	19,44481
11	-22,5	-3570	94	-0,19149	0,362332	17,59738
12	-25	-3820	96	-0,20833	39,2326	18,45971
Середнє значення кута розбіжності між векторами струму і потоку					17,59322	21,54928

Кут  $\gamma_1$  розбіжності між векторами струму і потоку розраховувався по (2) для пари суміжних значень напруги, а кут  $\gamma_2$  – для пари значень, із яких перше залишалось незмінним, отриманим із першого вимірювання. Як видно із приведених даних, через близьке розташування суміжних векторів напруги і неминучі похибки вимірювання їх значення та розрахунку фазових кутів по відношенню до

струму, обчислене значення кута  $\gamma_1$  коливається в широких межах (від 0,36 до 39,2 градуса). Обчислене значення кута  $\gamma_2$  коливається в меншому діапазоні. Але його значення значною мірою залежить від точності першого вимірювання. В якості остаточного варіанту значення кута розбіжності між векторами струму і потоку можна прийняти середньоарифметичне значення кутів, обчислених обома методами:  $\gamma = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} = 19,6$ . Відхилення обчисленого першим методом кута розбіжності становить - 10,2% , а другим методом – +9,7%.

#### **Висновки**

Вважається , що значення кута розбіжності між векторами струму і потоку становить одиниці градусів. Для двигуна ДТА–40 він сягає майже 20 градусів.

Це можна пояснити наявністю короткозамкненого контуру, утвореного стяжними шпильками і підшипниковими щитами. Ці явища необхідно враховувати при проектуванні колекторних двигунів змінного струму.

Список використаної літератури:

1. Электрические машины малой мощности. Второе издание исправленное и дополненное/ Н.П. Ермолин. – М.: Высшая школа, 1967. – 503с.
2. Антоненко А.І. Визначення різниці фаз струму і магнітного потоку колекторного двигуна змінного струму./ Вісник КНУТД №1 (спецвипуск), 2008. С 308-310.
3. Антоненко А.І. Параметри схеми заміщення колекторного двигуна змінного струму./ Вісник КНУТД –№4, т. 1, 2008. – с.26 –29

Стаття надійшла до редакції 10.05.2012

#### **Экспериментальное определение разности фаз тока и магнитного потока колекторного двигателя переменного тока**

Антоненко А.И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

На основании анализа электромагнитных процессов в колекторном двигателе переменного тока с последовательным возбуждением получены соотношения для определения из векторной диаграммы двигателя угла между векторами тока и магнитного потока.

**Ключевые слова:** фазы тока, колекторный двигатель, магнитный поток, угол расхождения.

#### **Experimental determination of the phase difference between current and magnetic flux of the alternating current collector motor**

Antonenko A.I.

*Kyiv national university of technology and design*

On the basis of the analysis of electromagnetic processes in the alternating current collector motor with series excitation from the vector diagram of the motor the correlation of the angle between vectors current and magnetic flux was obtained.

**Keywords:** phase current, collector motor, magnetic flux, the angle differences.