

УДК 631.37:621.313.13

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГИ ЗМІЩЕННЯ НЕЙТРАЛІ І КОВЗАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ ГЛИБОКІЙ НЕСИМЕТРІ ЗА ДОПОМОГОЮ КРУГОВОЇ ДІАГРАМИ

Попова І. О., доцент,  
Макенов П. С., студент  
Іванов М. В., магістрант

[irirnapopova54@gmail.com](mailto:irirnapopova54@gmail.com)  
[tankist2002mlt@gmail.com](mailto:tankist2002mlt@gmail.com)  
[ivanov.maksus@gmail.com](mailto:ivanov.maksus@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,  
м. Мелітополь

При неповнофазному режимі роботи асинхронного двигуна напруга зміщення нейтралі  $\dot{U}_N$  знаходиться у прямій залежності від моменту опору робочої машини, тобто від коефіцієнта завантаження  $k_z$ , та ковзання асинхронного двигуна [1]. Зміна ковзання призводить до зміни опорів обмотки ротора струмам прямої і зворотної послідовностей

$$Z_{r1} = r_2''/s + jX_2''; \quad (1)$$

$$Z_{r2} = r_2''/(2-s) + jX_2'' \quad (2)$$

де  $r_2''$ ,  $X_2''$  – активний і індуктивний опори обмотки ротора, згідно Г-подібної схеми заміщення.

Повні опори фази асинхронного двигуна струмам прямої і зворотної послідовностей для Г-подібної схеми заміщення теж залежать від частоти обертання ротора або ковзання  $s$  визначаються за формулами [2, 3]

$$Z_1 = \frac{Z_m(Z_s + Z_{r1})}{Z_m + Z_s + Z_{r1}} = z_1 \cdot e^{j\varphi_1}; \quad Z_2 = \frac{Z_m(Z_s + Z_{r2})}{Z_m + Z_s + Z_{r2}} = z_2 \cdot e^{j\varphi_2}, \quad (3)$$

де  $Z_s$ ,  $Z_m$  – комплекси повних опорів, відповідно, обмотки статора і магнітопроводу асинхронного двигуна.

Таким чином напруга зміщення нейтралі, що виникає під час несиметричного режиму, залежить від комплексів опорів фази струмам прямої і зворотної послідовностей  $\dot{U}_N = f(Z_1, Z_2)$ . Проаналізуємо змінення  $\dot{U}_N$  в залежності від ковзання за допомогою рівняння кругової діаграми, використав графічний метод побудови кругової діаграми (рис. 1).

Запишемо рівняння кругової діаграми наступним чином [4]

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{E}_1}{1 + \frac{z_1}{z_2} e^{j\psi}}, \quad (4)$$

де  $\psi$  – кут, що дорівнює різниці кутів зсуву фаз прямої  $\varphi_1$  і зворотної  $\varphi_2$  послідовностей, градуси;

$\dot{E}_1$  – комплекс електрорушійної сили джерела, В.

При побудові кругової діаграми прийемо, що відрізок ОК відповідає, у масштабі напруги, модулю напруги зміщення нейтралі при короткому замиканні фазної обмотки асинхронного двигуна. Відрізок ОА дорівнює, у масштабі опору, модулю повного опору зворотної послідовності  $z_2$ . По лінії змінного параметра (л.з.п.) АН відкладаємо модуль повного опору, що визначений з урахуванням коефіцієнта завантаження і ковзання  $z_1 = f(k_z, S)$ . Аналіз кругової діаграми показує, що в разі, коли опір прямої послідовності  $z_1$  дорівнює нулю, що є режимом короткого замикання фазної обмотки, вектор напруги зміщення нейтралі співпадає з відрізком ОК, а напруга зміщення

нейтралі дорівнює фазній напрузі мережі. При роботі асинхронного двигуна в симетричному режимі напруг, коли напруги зворотної послідовності і струми зворотної послідовності відсутні (тобто опір зворотної послідовності  $z_2$  дорівнює нулю), напруга зміщення нейтралі теж дорівнює нулю. В несиметричному режимі при глибокій несиметрії напруга зміщення нейтралі при зміні  $z_1$  від нуля до нескінченності змінюється від  $E_1$ , рівної фазній напрузі джерела у симетричному режимі, до нуля. При збільшенні ковзання опір прямої послідовності  $z_1$  зменшується, що призводить до зростання напруги зміщення нейтралі.

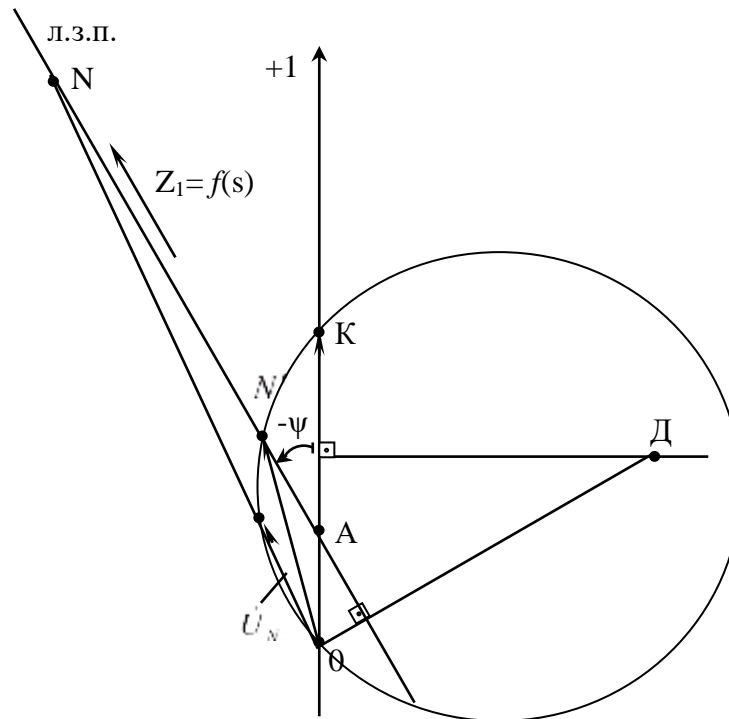


Рисунок 1. Кругова діаграма для дослідження напруги зміщення нейтралі

**Висновок.** За допомогою кругової діаграми можна аналізувати зміну напруги зміщення нейтралі в залежності від ковзання асинхронного при відомих опорах фаз прямої і зворотної послідовностей.

#### Список використаних джерел

1. Попова І. О. Математична модель режимів роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2002. Вип. 5. С. 11–18.
2. Попова І. О. Визначення параметрів асинхронного електродвигуна при несиметрії напруги. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2002. Вип. 6. С. 90–94.
3. Попова І. О., Макенов П. С. Дослідження опорів асинхронного двигуна при роботі в несиметричному режимі. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 93-94. URL: [http://www.tsatu.edu.ua/etem/wp-content/uploads/sites/60/popova\\_makenov-doslidzhennja-oporiv-asynhronnoho-dvyhuna-py-roboti-v-nesymetrychnomu-rezhymi.pdf](http://www.tsatu.edu.ua/etem/wp-content/uploads/sites/60/popova_makenov-doslidzhennja-oporiv-asynhronnoho-dvyhuna-py-roboti-v-nesymetrychnomu-rezhymi.pdf) (дата звернення: 22.10.2021).
4. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 20 с.