

## РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНАХ ЗА ПАСПОРТНИМИ ДАНИМИ

Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С.

*Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь)*

*Наведено розроблений метод розрахунку втрат активної потужності у вузлах асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором за паспортними даними.*

**Постановка проблеми.** Методи розрахункового визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах застосовуються, головним чином, при проектуванні. Вони передбачають знання багатьох вхідних даних, пов'язаних із конструктивними особливостями електродвигунів: геометричних розмірів, фізичних властивостей матеріалів, значень електромагнітних навантажень, тощо [1]. Тому застосування вказаних методів для практичних розрахунків втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах при наявності лише паспортних даних є неможливим. У той же час на практиці існує необхідність розрахункового визначення зазначених втрат, наприклад, при розв'язанні задач з енергозбереження в електроприводах, теплових розрахунках, діагностуванні [2]. Отже, проблема розрахункового визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах за паспортними даними є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існуючі методи розрахунку дозволяють визначати втрати активної потужності в асинхронних електродвигунах або за результатами дослідів [3], або потребують не тільки паспортних, а ще й каталожних даних [4].

**Мета статті.** Тому у статті пропонується встановлення методу розрахункового визначення втрат активної потужності у вузлах асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором.

**Основні матеріали дослідження.** При встановленні зазначеного вище методу розрахунку застосовані наступні паспортні дані асинхронних електродвигунів:

- 1)  $P_n$  – номінальна потужність, Вт;
- 2)  $U_n$  – номінальна фазна напруга, В;
- 3)  $n_n$  – номінальна частота обертання, об/хв.;
- 4)  $n_0$  – синхронна частота обертання, об/хв.;
- 5)  $\eta_n$  – номінальний коефіцієнт корисної дії;
- 6)  $\cos \varphi_n$  – номінальний коефіцієнт потужності;
- 7)  $r_1$  – активний опір обмотки статора, Ом.

Втрати активної потужності в обмотці статора розраховуються так:

$$\Delta P_{e1} = 3 \cdot r_1 \cdot I_n^2, \quad (1)$$

де  $I_n$  – номінальний струм асинхронного електродвигуна, А.

Номінальний струм дорівнює:

$$I_n = \frac{P_n}{3 \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}. \quad (2)$$

Тому остаточний вираз для розрахунку втрат активної потужності в обмотці статора такий:

$$\Delta P_{e1} = 3 \cdot r_1 \cdot \left( \frac{P_n}{3 \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} \right)^2. \quad (3)$$

Втрати в обмотці ротора пропонується розраховувати за наступним емпіричним виразом:

$$\Delta P_{e2} = \frac{s_n \cdot P_n}{(1 - s_n)^{\eta_n}}, \quad (4)$$

де  $s_n$  – номінальне ковзання асинхронного електродвигуна.

Номінальне ковзання дорівнює:

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_n}. \quad (5)$$

Тому остаточний вираз для розрахунку втрат активної потужності в обмотці ротора такий:

$$\Delta P_{e2} = P_n \cdot \left( \frac{n_0}{n_n} - 1 \right) \cdot \left( 2 - \frac{n_0}{n_n} \right)^{-\frac{1}{\eta_n}}. \quad (6)$$

Визначення втрат активної потужності у обмотці ротора за виразом (6) є достатньо точним, що підтверджують результати розрахунків для асинхронних електродвигунів багатьох типорозмірів за каталожними даними (параметрами схеми заміщення). Деякі результати порівнянь розрахунків за каталожними даними та виразом (6) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати порівнянь

Типорозмір електродвигуна	Розрахунок за каталожними даними	Розрахунок за емпіричним виразом	Відносна похибка
4A71B2	73,68 Вт	75,37 Вт	2,29 %
4A90L2	137,10 Вт	135,89 Вт	0,88 %
4A80A4	65,40 Вт	63,96 Вт	2,20 %
4A100L4	194,25 Вт	194,61 Вт	0,19 %
4A80B6	95,40 Вт	98,50 Вт	3,25 %
4A132M6	249,09 Вт	249,31 Вт	0,09 %
4A90LB8	82,92 Вт	85,41 Вт	3,00 %
4A160S8	193,55 Вт	193,10 Вт	0,23 %

Додаткові втрати активної потужності розраховуються так:

$$\Delta P_{\text{доо}} = 0,005 \cdot P_{1n}, \quad (7)$$

де  $P_{1n}$  – номінальна споживана активна потужність асинхронного електродвигуна, *Вт*.

Номінальна споживана активна потужність дорівнює:

$$P_{1n} = \frac{P_n}{\eta_n}. \quad (8)$$

Тому остаточний вираз для розрахунку додаткових втрат такий:

$$\Delta P_{\text{доо}} = 0,005 \cdot \frac{P_n}{\eta_n}. \quad (9)$$

Втрати активної потужності у магнітопроводі розраховуються так:

$$\Delta P_{\text{мг}} = P_{1n} - P_{\text{ем.н}} - \Delta P_{\text{ел1}}, \quad (10)$$

де  $P_{\text{ем.н}}$  – номінальна електромагнітна потужність асинхронного електродвигуна, *Вт*.

Номінальна електромагнітна потужність дорівнює:

$$P_{\text{ем.н}} = \frac{\Delta P_{\text{ел2}}}{s_n}, \quad (11)$$

або з урахуванням (5):

$$P_{\text{ем.н}} = \frac{\Delta P_{\text{ел2}} \cdot n_n}{n_0 - n_n}. \quad (12)$$

Тому остаточний вираз для розрахунку втрат активної потужності у магнітопроводі такий:

$$\Delta P_{\text{мг}} = \frac{P_n}{\eta_n} - \frac{\Delta P_{\text{ел2}} \cdot n_n}{n_0 - n_n} - \Delta P_{\text{ел1}}. \quad (13)$$

Механічні втрати розраховуються так:

$$\Delta P_{\text{мх}} = P_{\text{ем.н}} - P_n - \Delta P_{\text{ел2}} - \Delta P_{\text{доо}}. \quad (14)$$

З урахуванням (12) остаточний вираз для розрахунку механічних втрат такий:

$$\Delta P_{\text{мх}} = \frac{\Delta P_{\text{ел2}} \cdot n_n}{n_0 - n_n} - P_n - \Delta P_{\text{ел2}} - \Delta P_{\text{доо}}. \quad (15)$$

Таким чином, отриманні рівняння (3), (6), (7), (13) та (15) дозволяють визначати втрати активної потужності у асинхронному електродвигуні при номінальній напрузі та номінальному навантаженні лише за паспортними даними з достатньою для практичних розрахунків точністю.

Для розрахунку сумарних втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні при неномінальному навантаженні та при неномінальній напрузі пропонується застосовувати наступне рівняння:

$$\Delta P = k_i^2 (\Delta P_{\text{ел1}} + \Delta P_{\text{ел2}} + \Delta P_{\text{доо}}) + k_U^2 (\Delta P_{\text{мг}} + \Delta P_{\text{мх}}), \quad (16)$$

де  $k_i$  – кратність струму асинхронного електродвигуна;

$k_U$  – кратність напруги на затискачах асинхронного електродвигуна.

**Висновки.** В результаті дослідження було запропоновано метод розрахункового визначення втрат активної потужності у вузлах асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, який дозволяє встановлювати значення цих втрат із достатньою для практичних цілей точністю.

#### Список використаних джерел

1. Гольдберг О. Д. Проектирование электрических машин / О. Д. Гольдберг, Я. С. Гурин, Я. С. Свириденко // Под ред. О. Д. Гольдберга. – М.: Высшая школа, 2001. – 430 с.
2. Овчаров С. В. Исследование потерь активной энергии в асинхронном электродвигателе в эксплуатационных условиях / С. В. Овчаров, А. А. Стребков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/8(74). – С. 22–28.
3. Вовк О. Ю. Визначення втрат активної потужності у вузлах асинхронного електродвигуна / О. Ю. Вовк // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2004. – Вип.19. – С. 147–151.
4. Назарьян Г. Н. Метод расчётного определения потерь и КПД асинхронных двигателей по паспортным данным / Г. Н. Назарьян // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2006. – Вип.45. – С. 76–82.

#### Аннотация

#### РАСЧЁТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ ПО ПАСПОРТНЫМ ДАННЫМ

Вовк А. Ю., Квитка С. А., Квитка А. С.

*Приведен разработанный метод расчёта потерь активной мощности в узлах асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором по паспортным данным.*

#### Abstract

#### CALCULATE DETERMINATION OF ACTIVE POWER LOSS IN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS ACCORDING TO PASSPORT DATA

A. Vovk, S. Kvitka, A. Kvitka

*The developed method for calculating the loss of active power in the nodes of an induction motor with a squirrel-cage rotor is given according to the passport data.*