



УДК 621.313.333

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДОПУСТИМОГО ДОДАТКОВОГО ЗНОСУ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Гончарова Н.В., аспірант\*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-32-63

**Анотація** – в статті наведена методика дослідження допустимого додаткового теплового зносу ізоляції обмотки електродвигуна з урахуванням кількості аварійних режимів, що очікується протягом року.

**Ключові слова** – надійність асинхронного електродвигуна, аварійні режими, ймовірність аварійного режиму електродвигуна, тепловий знос ізоляції.

*Постановка проблеми.* Щороку в агропромисловому комплексі пошкоджується до 20-25% від загального числа встановлених асинхронних електродвигунів. Це приводить до порушення безперервності технологічних процесів із подальшим браком продукції, витратам на відновлення та ремонт асинхронних двигунів, а також на відновлення нормальних технологічних процесів виробництва. Причини існування проблеми полягають в тому, що асинхронні електродвигуни в сільськогосподарському виробництві експлуатуються в умовах роботи, які відрізняються від нормальних:

- перевантаження на валу зі сторони робочої машини;
- відхилення напруги на зажимах електродвигуна;
- неповнофазний режим;
- погіршення умов охолодження;
- підвищення температури навколишнього середовища;
- відсутність ефективного способу захисту асинхронного електродвигуна від роботи в аварійних режимах.

До того ж, обслуговування електродвигунів знаходиться на дуже низькому рівні. Тому стан надійності електроприводу в умовах сільськогосподарського виробництва поки що є проблематичним.

*Аналіз останніх досліджень.* Однією з причин виходу з ладу асинхронних електродвигунів є швидкий знос ізоляції, особливо в

---

© Н.В. Гончарова, аспірант

\* Науковий керівник – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

аварійних режимах. В [2] розглянуті питання визначення величини допустимого додаткового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим). Але в [2] не наведено дослідження ймовірності виникнення аварійних режимів електродвигунів протягом року.

*Формулювання цілей статті.* Ціллю статті є дослідження допустимого додаткового зносу ізоляції обмотки електродвигуна з урахуванням кількості аварійних режимів, що очікується протягом року. *Основна частина.*

Аварійні режими асинхронних електродвигунів можуть виникати з механічних та електричних причин. До механічних причин належать: заклинювання або перевантаження робочої машини, зачіплювання ротора за статор, перекид підшипникових щитів, пошкодження підшипників та вібрація.

До основних електричних причин належать: обрив однієї фази мережі живлення, перегорання плавкої вставки запобіжника, обрив фази в обмотці статора двигуна, неправильне з'єднання початків і кінців обмотки статора, зниження напруги мережі живлення та ін.

На рисунку 1 наведена крива розподілу частоти аварійних режимів асинхронних двигунів, яка має три характерні ділянки. [1].

Перша ділянка ( $0 < t < t_1$ ) – період приробітку, який починається з виходу асинхронного електродвигуна з цеху заводу ( $t = 0$ ). В цей період розподіл аварійних режимів відбувається за експоненціальним законом та законом Вейбулла. Час  $t_1$  складає приблизно  $f(t)$

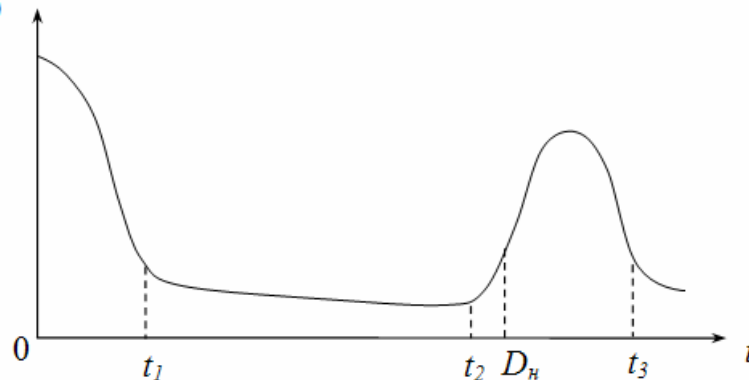


Рис. 1. Теоретична крива розподілу частоти аварійних режимів асинхронних електродвигунів.

Друга ділянка ( $t_1 < t < t_2$ ) – період нормальної експлуатації. Розподіл ймовірності аварійних режимів на цій ділянці звичайно носить характер експоненти.

Третя ділянка ( $t_2 < t < t_3$ ) – період, коли аварійні режими викликаються в основному зносом і старінням елементів електродвигуна. Цій ділянці відповідають експоненціальний та нормальний закони ро-

зподілу аварійних режимів. Ресурс електродвигуна повинен бути розрахований до часу  $D_n$ , тобто до початку інтенсивного зносу та старіння елементів конструкції.

Розглянемо детально закономірності виникнення аварійних режимів в період нормальної експлуатації електродвигуна. [1].

Ймовірність безаварійної роботи за час  $t$  визначається за експоненціальним законом

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 t), \quad (1)$$

де  $\lambda_0$  – інтенсивність аварійних режимів, год<sup>-1</sup>; в період нормальної експлуатації для спрощення розрахунків інтенсивність аварійних режимів приймають постійною  $\lambda_0 = \text{const}$ .

Ймовірність аварійного режиму електродвигуна

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (2)$$

або

$$Q(t) = \frac{n}{N_3}, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість аварійних режимів за час  $t$ ;  
 $N_3$  – загальна кількість асинхронних електродвигунів.

З виразу (3) визначимо кількість аварійних режимів за час  $t$

$$n = Q(t) \cdot N_3 = (1 - P(t)) \cdot N_3 = (1 - \exp(-\lambda_0 t)) \cdot N_3. \quad (4)$$

Частота аварійних режимів

$$f(t) = \lambda_0 \exp(-\lambda_0 t). \quad (5)$$

В аварійних режимах роботи струми, які протікають в обмотках статора асинхронного електродвигуна, перевищують номінальні значення. В результаті чого виникає теплове перевантаження ізоляційної конструкції обмотки й збільшується її тепловий знос.

Визначимо допустимий тепловий знос ізоляції асинхронного двигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим).

Допустимий тепловий знос ізоляції протягом року роботи електродвигуна можна знайти наступним чином [2]

$$E_{p.d.} = \frac{D}{T_M}, \quad (6)$$

де  $D_H$  – базовий строк служби ізоляції електродвигуна, б·год;  
 $T_M$  – моральний строк служби електродвигуна, років.

Фактичний тепловий знос ізоляції протягом року роботи електродвигуна можна знайти за таким виразом [2]

$$E_{p.\phi.} = t \cdot e \left( \frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta_\phi} \right), \quad (7)$$

- де  $t$  – число годин роботи електродвигуна протягом року, год;  
 $\theta_\phi$  – абсолютна еквівалентна середньорічна температура ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації, К;  
 $\theta_n$  – абсолютна номінальна температура ізоляції обмотки електродвигуна, К;  
 $B$  – коефіцієнт, який характеризує клас ізоляції, К.

Абсолютна еквівалентна середньорічна температура ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації можна знайти як

$$\theta_\phi = \tau_\phi + \vartheta_{сер.\phi} + 273, \quad (8)$$

- де  $\tau_\phi$  – еквівалентне середньорічне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації, °С;  
 $\vartheta_{сер.\phi}$  – еквівалентна середньорічна температура навколишнього середовища в період нормальної експлуатації, °С.

Еквівалентне середньорічне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна в період нормальної експлуатації [2]

$$\tau_\phi = \tau_n \frac{a + \kappa_\phi^2}{a + 1 - \alpha \cdot \tau_n (\kappa_\phi^2 - 1)}, \quad (9)$$

- де  $\tau_n$  – номінальне перевищення температури ізоляції обмотки електродвигуна, °С;  
 $a$  – коефіцієнт втрат електродвигуна;  
 $\kappa_\phi$  – еквівалентний середньорічний коефіцієнт завантаження електродвигуна за струмом в період нормальної експлуатації;  
 $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору, 1/°С.

Допустимий додатковий тепловий знос ізоляції асинхронного електродвигуна протягом року з урахуванням фактичного теплового зносу дорівнює

$$\Delta E_{p.d.} = E_{p.d.} - E_{p.\phi.} \quad (10)$$

З урахуванням ймовірної кількості теплових перевантажень (аварійних режимів) асинхронних електродвигунів протягом року допустимий додатковий тепловий знос ізоляції на одне теплове перевантаження (аварійний режим) дорівнює

$$E_{\text{дод.}} = \frac{\Delta E_{\text{р.д.}}}{n}, \tag{11}$$

де  $n$  – кількість теплових перевантажень (аварійних режимів), що очікуються протягом року; визначається за виразом (4).

Після підстановки в (11) попередніх виразів отримаємо вираз для визначення допустимого теплового зносу ізоляції обмотки електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим)

$$E_{\text{дод.}} = \frac{1}{n} \left( \frac{D_H}{T_M} - t \cdot e \left[ B \frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_n \frac{a + \kappa_\phi^2}{a + 1 - \alpha \cdot \tau_n (\kappa_\phi^2 - 1)} + \vartheta_{\text{сер.}\phi} + 273} \right] \right), \tag{12}$$

В якості прикладу визначимо допустимий додатковий тепловий знос ізоляції для асинхронних електродвигунів приводу насосних агрегатів насосної станції. Приймаємо  $N_3 = 6$  двигунів;  $D_H = 20000$  год;  $T_M = 20$  років;  $t = 4900$  год;  $\lambda_0 = 1,828 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>;  $B = 10200$  К;  $\theta_n = 403$  К;  $\tau_n = 90$  °С;  $a = 0,6$ ;  $\kappa_\phi = 0,9$ ;  $v_{\text{сер.}\phi} = 30$  °С. Підставимо вказані значення в (4) та (12). Кількість теплових перевантажень (аварійних режимів), що очікується протягом року  $n = 4$ ; допустимий додатковий тепловий знос ізоляції обмотки електродвигуна, який приходить на одне теплове перевантаження (аварійний режим)  $E_{\text{дод.}} = 2,58$  год.

**Висновки.** Отримані математичні залежності дозволяють визначати допустимий додатковий тепловий знос ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна при аварійних режимах роботи, що надалі

можно використовувати при проектуванні пристрою функціонального діагностування електродвигунів.

#### Література

1. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин / Н.Л. Кузнецов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
2. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве/ В.В. Овчаров. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗНОСА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

*Н.В. Гончарова*

#### *Аннотация*

**В статье приведенная методика исследования допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки электродвигателя с учетом количества аварийных режимов, которые ожидаются в течение года.**

### **RESEARCH OF POSSIBLE ADDITIONAL WEAR OF ISOLATION OF PUTTEE OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR**

*N. Goncharova*

#### *Summary*

**In the article the method of research of possible additional wear of isolation of puttee of electric motor is resulted taking into account the amount of malfunctions which are expected during a year.**