

УДК 621.313.333.2

## ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЗАГЛИБНОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ

Овчаров С.В., к.т.н.

Островський С.В., інженер

Курашкін С.Ф., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*пр. Б. Хмельницького 18, м. Мелітополь, 72312, Україна*

*Тел. +38(0619) 423-263*

**Анотація** – проведено дослідження перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні за коефіцієнтами втрати електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції.

**Ключові слова** – перетворення електричної енергії, швидкість теплового зносу ізоляції, коефіцієнт втрат електричної енергії, коефіцієнт витрати ресурсу ізоляції.

**Постановка проблеми.** Експлуатаційна надійність заглибних електродвигунів артезіанських свердловин залишається невисокою, що веде до перебоїв подачі води сільськогосподарським споживачам. Тому потребує вдосконалення системи діагностування та їх захисту від роботи в аварійних режимах.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі методи дослідження режимів роботи заглибних електродвигунів, як правило, в якості критерію оцінки режимів роботи використовують силу електричного струму, не використовуючи такий об'єктивний показник, як витрату ресурсу ізоляції обмоток електродвигуна.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є дослідження залежності витрати ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна в функції кратності сили електричного струму.

**Основна частина.** Ресурс роботи до першого капітального ремонту заглибного електродвигуна прийнято вважати базовим ресурсом, який для типорозмірів із зовнішнім діаметром 69; 114 и 150 мм складає 12500 годин, а для типорозмірів із зовнішнім діаметром 180; 219 и 270 мм – 14000 годин. Витрати базового ресурсу електродвигуна пов'язані поперед всього з режимом його роботи та визначається в основному тепловим зносом ізоляції.

Швидкість теплового зносу ізоляції показує, скільки базових годин витрачається за одну годину роботи електродвигуна та розраховується за виразом [1, 2]:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B\left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta_y}\right)}, \quad (1)$$

де  $\varepsilon$  – швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

$\varepsilon_n$  – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

$\theta_n$  – абсолютна номінальна температура ізоляції даного класу, К;

$\theta_y$  – фактична абсолютна стала температура ізоляції, К;

$B$  – показник, що характеризує ізоляцію даного класу, К.

В свою чергу, сталі перевищення температури ізоляції електродвигуна та абсолютна стала температура ізоляції залежать від кратності сили електричного струму, що споживається електродвигуном [1, 2]:

$$\tau_y = \tau_n \frac{a + k^2}{a + 1}, \quad (2)$$

де  $\tau_n$  – номінальне перевищення температури ізоляції даного класу, °С;

$a$  – коефіцієнт втрат (відношення номінальних втрат в сталі до номінальних втрат у міді);

$k$  – кратність сили електричного струму по відношенню до номінального значення;

$$\theta_y = \tau_y + \vartheta_{cp} + 273, \quad (3)$$

де  $\vartheta_{cp}$  – температура навколишнього середовища, °С.

Введемо поняття коефіцієнта втрат електричної енергії в асинхронному електродвигуні, який представляє собою відношення фактичних втрат активної потужності  $\Delta P$  до номінальних  $\Delta P_n$ , тобто:

$$k_i = \frac{\Delta P}{\Delta P_i}. \quad (4)$$

В свою чергу, номінальні втрати складаються з номінальних втрат в сталі  $\Delta P_{cn}$  і номінальних втрат в міді  $\Delta P_{mn}$ :

$$\Delta P_n = \Delta P_{cn} + \Delta P_{mn}. \quad (5)$$

Фактичні втрати активної потужності являють собою суму номінальних втрат в сталі  $\Delta P_{cn}$  і фактичних втрат в міді  $\Delta P_{mi}$ , які пропорційні квадрату кратності сили електричного струму, що споживається електродвигуном:

$$\Delta P = \Delta P_{сн} + k^2 \Delta P_{мн}. \quad (6)$$

Таким чином, коефіцієнт втрат енергії запишеться таким чином:

$$k_n = \frac{\Delta P_{сн} + k^2 \Delta P_{мн}}{\Delta P_{сн} + \Delta P_{мн}}, \quad (7)$$

або в іншому вигляді

$$k_n = \frac{a + k^2}{a + 1}. \quad (8)$$

Стале перевищення температури ізоляції з урахуванням (8):

$$\tau_y = k_n \tau_n. \quad (9)$$

Коефіцієнт витрат ресурсу ізоляції являє собою відношення швидкості теплового зносу ізоляції  $\varepsilon$  до номінального значення  $\varepsilon_n$ , тобто:

$$k_p = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_n}, \quad (10)$$

або

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left( \frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{k_n \tau_n + \vartheta_{ср} + 273} \right)}. \quad (11)$$

Дослідимо витрати ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна ПЭДВ 2,8-140 в функції завантаження за струмом, прийнявши постійною температуру навколишнього середовища (температура води в артезіанській свердловині)  $\vartheta_{ср} = 10$  °С.

Для електродвигуна, що досліджується:  $\theta_n = 353$  К;  $B = 9500$  К;  $\tau_n = 70$  °С;  $\vartheta_{ср,н} = 10$  °С;  $\Delta P_{ст,н} = 270$  Вт;  $\Delta P_{м,н} = 564$  Вт;  $a = 0,48$ .

Результати розрахунку заносяться до таблиці 1.

Таблиця 1

$k$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$\Delta P$ , Вт	270,0	382,8	495,6	608,4	721,2	834,0	946,8	1059,6	1172,4
$k_n$	0,32	0,46	0,59	0,73	0,86	1,0	1,14	1,27	1,41
$k_p$	0,00	0,04	0,09	0,22	0,48	1,00	2,02	3,94	7,42

На підставі отриманих результатів побудуємо залежність коефіцієнта витрат ресурсу ізоляції в функції кратності струму завантаження заглибного електродвигуна (рис. 1).

Аналіз процесу перетворення електроенергії в електродвигуні показує, що за допомоги коефіцієнтів втрати й витрати ресурсу

ізоляції можливе функціональне діагностування електродвигунів. При цьому необхідно враховувати безперервний поточний коефіцієнт витрати ресурсу за поточним перевищення температури ізоляції над температурою навколишнього середовища, тобто:

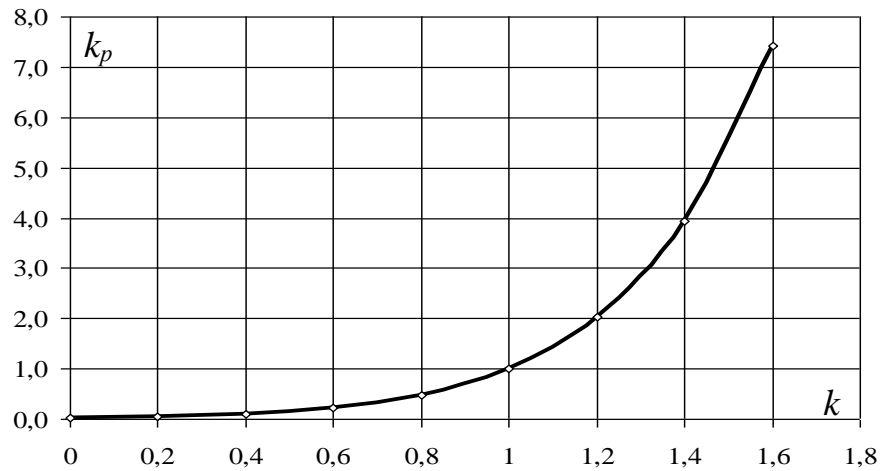


Рис. 1

$$k_p = e^{B \left( \frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau + \theta_{cp} + 273} \right)}, \quad (12)$$

де  $\tau$  – поточне перевищення температури ізоляції електродвигуна, °С.

Враховуючи, що асинхронний електродвигун з точки зору нагріву представляє собою гетерогенне тіло, тепловий процес якого описується сумою декількох експонент, замінюємо рівняння нагріву електродвигуна однією еквівалентною експонентою з сталим перевищенням температури обмотки над температурою навколишнього середовища  $\tau_y$  та еквівалентної сталої часу нагріву  $T_y$ :

$$\tau = \tau_y \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_y}} \right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T_y}}, \quad (13)$$

де  $\tau_{нач}$  – початкове перевищення температури обмотки статора, °С.

Складаємо структурну схему функціонального діагностування заглибного електродвигуна (рис. 2).

Складаємо алгоритм розрахунку:

$$k_{ii} = \frac{a + k_i^2}{a + 1};$$

$$k_i = \frac{I_{ск.i}}{I_n};$$

$$I_{ск.i} = \sqrt{\frac{I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2}{3}};$$

$$k_{pi} = e^{B\left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_i + \theta_{cp} + 273}\right)};$$

$$\tau_i = \tau_{iy} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{T_3}}\right) + \tau_{(i-1)} e^{-\frac{\Delta t}{T_3}};$$

$$\tau_{iy} = k_{ni} \tau_n.$$

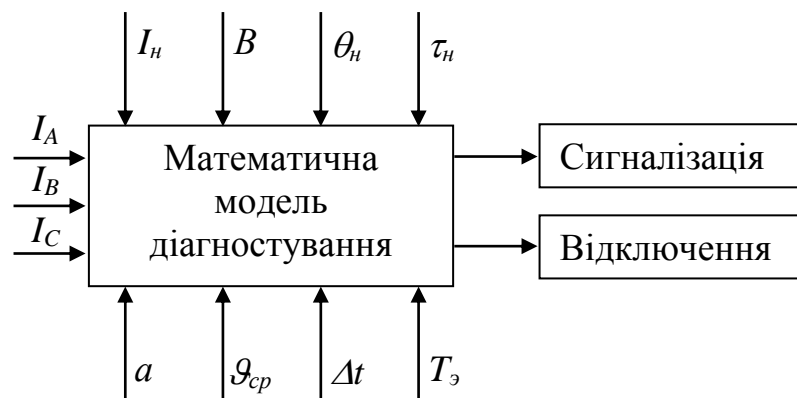


Рис. 2

Умовою нормального режиму перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні є:

$$k_n \leq 1 \text{ и } k_p \leq 1. \quad (14)$$

**Висновки.** Таким чином, запропонований математичний алгоритм функціонального діагностування перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні за коефіцієнтами страт електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції. Потребують наступного обґрунтування уставки коефіцієнтів страт електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції.

Література.

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.

2. *Овчаров С.В.* Исследование потерь мощности в асинхронном электродвигателе / С.В. Овчаров, Р.В. Телюта // Проблемы энергозбереження та енергозбереження в АПК України: Збірник наукових праць. – 2009. – с. 53 – 57.

# **PUMP ELECTROMOTOR TRANSFORMATION TO ELECTRIC ENERGY DIAGNOSTIC**

S. Ovcharov, S. Ostrovski, S. Kurashkin

## *Summary*

**There was researched the transformation to electric energy in pump electromotor as well as the factors of electric energy losses and consumption of insulation resource.**