

УДК 621.313.333.2

ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЗАГЛИБНОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Островський А.В., інженер,

Курашкін С.Ф., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

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, насамперед, 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 ε – швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції даного класу, К;

θ_y – фактична абсолютна стала температура ізоляції, К;

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

В свою чергу, стале 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 τ_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 ϑ_{cp} – температура навколишнього середовища, °С.

Введемо поняття коефіцієнта втрат електричної енергії в асинхронному електродвигуні, який є відношенням фактичних втрат активної потужності ΔP до номінальних ΔP_n , тобто:

$$k_n = \frac{\Delta P}{\Delta P_n}. \quad (4)$$

В свою чергу, номінальні втрати складаються з номінальних втрат в сталі ΔP_{cn} і номінальних втрат в міді ΔP_{mn} :

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

Фактичні втрати активної потужності – це сума номінальних втрат в сталі ΔP_{cn} і фактичних втрат в міді ΔP_{mn} , які пропорційні квадрату кратності сили електричного струму, що споживається електродвигуном:

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

Таким чином, коефіцієнт втрат енергії запишеться таким чином:

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

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 ε - це відношення швидкості теплового зносу ізоляції до номінального значення ε_n , тобто:

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

або

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

Здійснено дослідження витрат ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна ПЭДВ 2,8-140 в функції завантаження за струмом, прийнявши постійною температуру навколишнього середовища (температура води в артезіанській свердловині) $\theta_{cp} = 10$ °С.

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

Результати розрахунку заносяться до таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку

k	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
ΔP , 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).

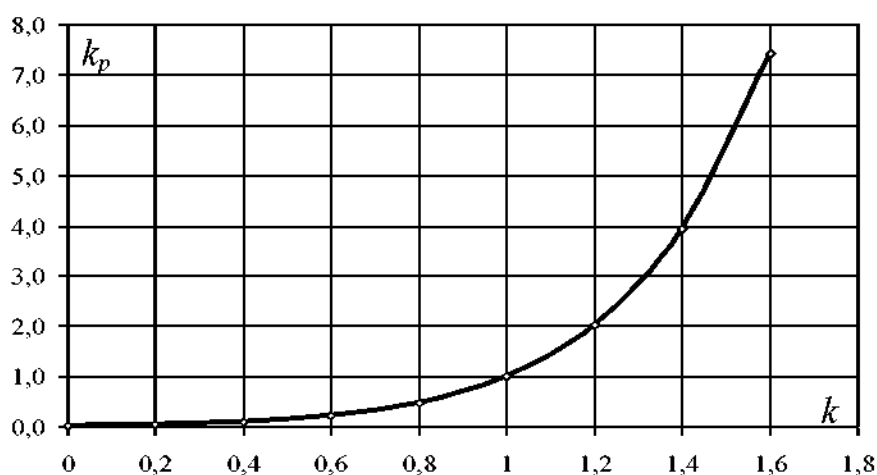


Рис. 1. Залежність коефіцієнта витрат ресурсу ізоляції в функції кратності струму завантаження

Аналіз процесу перетворення електроенергії в електродвигуні показує, що за допомогою 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:

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

де τ – поточне перевищення температури ізоляції електродвигуна, °С.

Враховуючи, що асинхронний електродвигун, з точки зору, нагріву – це 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 τ , та еквівалентної сталої часу нагріву T_3 :

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T_3}} \right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T_3}}, \quad (13)$$

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

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

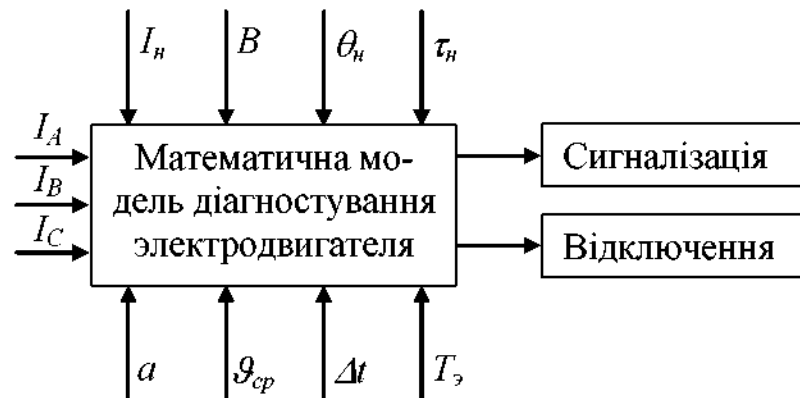


Рис. 2. Структурна схема функціонального діагностування заглибного електродвигуна

Складаємо алгоритм розрахунку:

$$k_{ni} = \frac{a + k_i^2}{a + 1}; \quad k_i = \frac{I_{cki}}{I_n};$$

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

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

$$\tau_i = \tau_{iy} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{T_s}} \right) + \tau_{(i-1)} e^{-\frac{\Delta t}{T_s}}; \quad \tau_{iy} = k_{ni} \tau_n.$$

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 втрат електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції. Потребують наступного обґрунтування уставки коефіцієнтів втрат електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Овчаров С.В.* Исследование потерь мощности в асинхронном электродвигателе / С.В. Овчаров, Р.В. Телюта // Проблемы энергосбережения та енергозбереження в АПК України: Збірник наукових праць. – 2009. – С. 53 – 57.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПОГРУЖНОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Овчаров С.В., Островский А.В., Курашкін С.Ф.

Аннотация

Проведены исследования преобразования электрической энергии в погружном электродвигателе по коэффициентам потери электрической энергии и расхода ресурса изоляции.

PUMP ELECTROMOTOR TRANSFORMATION TO ELECTRIC ENERGY DIAGNOSTIC

S. Ovcharov, A. 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.