

УДК 621.313.333.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Овчаров С.В., к.т.н.,<sup>©</sup>

Островский А.В., инженер,

Телюта Р.В., инженер.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

тел. (0619) 42-32-63

**Аннотация** – предложена методика исследования потерь активной мощности в асинхронном двигателе в функции загрузки на валу и температуры окружающей среды.

**Ключевые слова** – потери активной мощности, схема замещения, температура окружающей среды, коэффициент потерь.

*Постановка проблемы.* Известно, что в системе «электродвигатель – рабочая машина» наблюдаются потери активной мощности как в самой рабочей машине, так и в электродвигателе. Исследование этих потерь является одним из важных вопросов организации рационального использования электрической энергии.

*Анализ последних исследований.* Вопросом исследования потерь в асинхронном двигателе посвящено ряд работ [1, 2], в которых найдены зависимости в функции коэффициента загрузки на валу. Однако, в них не учитывается влияние температуры окружающей среды на потери активной мощности в электродвигателе.

*Формулирование цели статьи.* Поэтому целью статьи является исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе в функции загрузки на валу, нагрева обмоток и температуры окружающей среды.

*Основная часть.* Как известно, в асинхронном электродвигателе с короткозамкнутым ротором, как преобразователе электрической энергии в механическую, наблюдаются следующие физические явления, приводящие к потере активной мощности в отдельных элементах его конструкции:

- явление теплового действия электрического тока, протекающего по обмоткам статора;

---

<sup>©</sup> к.т.н. Овчаров С.В., инженер Островский А.В., инженер Телюта Р.В.

- явление тепловое действие электрического тока, протекающего по короткозамкнутой обмотке ротора;
- явление тепловое действие вихревых токов, протекающих в магнитопроводе электродвигателя;
- явление перемагничивания (гистерезиса) магнитопровода электродвигателя;
- явление трения в механической системе электродвигателя (в подшипниках, воздуха о ротор);
- другие явления, приводящие к добавочным потерям активной мощности.

Все указанные физические явления, приводящие к потере активной мощности, учитываются Г-образной схемой замещения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, приведенной на рис. 1.

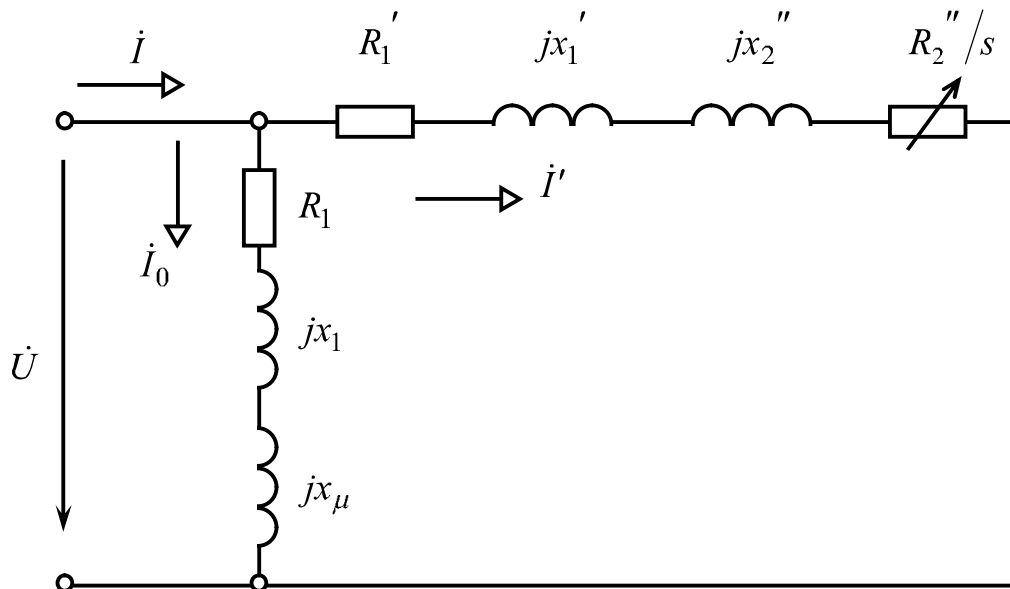


Рис. 1. Схема замещения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (для одной фазы).

Используется следующая методика аналитического исследования потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе с короткозамкнутым ротором в функции активной мощности, передаваемой с вала электродвигателя рабочей машине, то есть  $\Delta P = f(P_2)$ :

1) задаемся значениями скольжения магнитного поля относительно ротора  $s$  в пределах от нуля до критического значения  $s_k$ , в том числе номинальным скольжением;

2) определяем квадрат силы электрического тока ветви расчетной схемы, в том числе при номинальном скольжении

$$I'^2 = \frac{U_n^2}{\left(R_1' + R_2''/s\right)^2 + \left(x_1' + x_2''\right)^2}; \quad (1)$$

3) определяем механическую мощность, в том числе при номинальном токе

$$P_{mx} = 3 \cdot R_2'' \frac{1-s}{s} I'^2; \quad (2)$$

4) определяем потери активной мощности в механической системе электродвигателя и добавочные

$$P_m + P_\delta = P_{mx} - P_{2H}; \quad (3)$$

5) определяем потери активной мощности от намагничивающего тока

$$P_0 = 3R_1 I_0^2; \quad (4)$$

$$I_0^2 = \frac{U_n^2}{R_1^2 + \left(x_1 + x_\mu\right)^2}; \quad (5)$$

6) определяем потери активной мощности в основной ветви расчетной схемы, в том числе  $P_{\Sigma H}$

$$P_\Sigma = 3\left(R_1' + R_2''\right) I'^2; \quad (6)$$

7) определяем потери активной мощности в электродвигателе при номинальном режиме работы без учета потерь в магнитопроводе

$$\Delta P_n' = P_m + P_\delta + P_0 + P_{\Sigma H}; \quad (7)$$

8) определяем потери активной мощности в электродвигателе при номинальном режиме работы по каталожным данным

$$\Delta P_n = \frac{P_{2H}}{\eta_n} - P_{2H}; \quad (8)$$

9) определяем потери в магнитопроводе

$$P_m = \Delta P_n - \Delta P_n' ; \quad (9)$$

10) определяем суммарные потери активной мощности в электродвигателе

$$\Delta P = P_m + P_\delta + P_0 + P_\Sigma + P_m ; \quad (10)$$

11) определяем механическую мощность, передаваемую на вал рабочей машины

$$P_2 = P_{mx} - P_m - P_\delta ; \quad (11)$$

Исследуем потери активной мощности в асинхронном электродвигателе с учетом роста активного сопротивления обмотки при нагревании.

Уравнение теплового баланса асинхронного электродвигателя, рассматривая последний как однородное тело, имеет следующий вид

$$Cd\tau + L\tau dt = \Delta P dt , \quad (12)$$

где  $C$  – теплоемкость двигателя,  $\frac{Дж}{^\circ C}$ ;

$\tau$  – превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды,  $^\circ C$ ;

$L$  – теплоотдача электродвигателя в окружающую среду,  $\frac{Дж}{с \cdot ^\circ C}$ ;

$\Delta P$  – потери активной мощности в электродвигателе, Вт;

$t$  – текущее время, с.

Перепишем уравнение (12) в другом виде

$$\frac{C}{L} \frac{d\tau}{dt} + \tau = \frac{\Delta P}{L} . \quad (13)$$

В установившемся режиме уравнение (13) принимает вид

$$\tau_y = \frac{\Delta P_y}{L} , \quad (14)$$

где  $\tau_y$  – установившееся превышение температуры обмотки,  $^\circ C$ ;

$\Delta P_y$  – потери активной мощности в электродвигателе в установившемся режиме, Вт.

Последние запишутся следующим образом

$$\Delta P_y = \Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\tau_y + \vartheta_{ср} - 75)) \quad (15)$$

Подставляем (15) в (14) и получаем

$$\tau_y = \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\tau_y + \vartheta_{ср} - 75))}{L} \quad (16)$$

Преобразуем (16) и получим

$$\tau_y = \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75))}{L - \alpha \kappa^2 \Delta P_{м.н}} \quad (17)$$

Выражение (17) в номинальном режиме принимает вид

$$\tau_n = \frac{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75))}{L - \alpha \Delta P_{м.н}} \quad (18)$$

откуда

$$L = \frac{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75)) + \alpha \tau_n \Delta P_{м.н}}{\tau_n} \quad (19)$$

Подставляем (19) в (18) и получаем

$$\tau_y = \tau_n \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75))}{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75)) - \alpha \tau_n \kappa^2 \Delta P_{м.н} (\kappa^2 - 1)} \quad (20)$$

Уравнение (20) в другом виде запишется следующим образом

$$\tau_y = \tau_n \frac{a + \kappa^2 (1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75))}{a + 1 + \alpha(\vartheta_{ср} - 75) - \alpha \tau_n (\kappa^2 - 1)} \quad (21)$$

Потери активной мощности в обмотках электродвигателя

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma n} \left( 1 + \alpha (\tau_y + \vartheta_{cp} - 75) \right) \kappa^2. \quad (22)$$

Введем новое понятие коэффициента потерь  $\kappa_n$  – отношение потерь активной мощности в электродвигателе  $\Delta P$  к активной мощности на валу  $P_2$ , то есть

$$\kappa_n = \frac{\Delta P}{P_2}. \quad (23)$$

Проведем расчет потерь активной мощности в электродвигателе типоразмера 4A100S2Y3 для следующих температур окружающей среды: 10, 20, 30, 40, 50 °С.

Результаты исследования приведены на рис. 2.

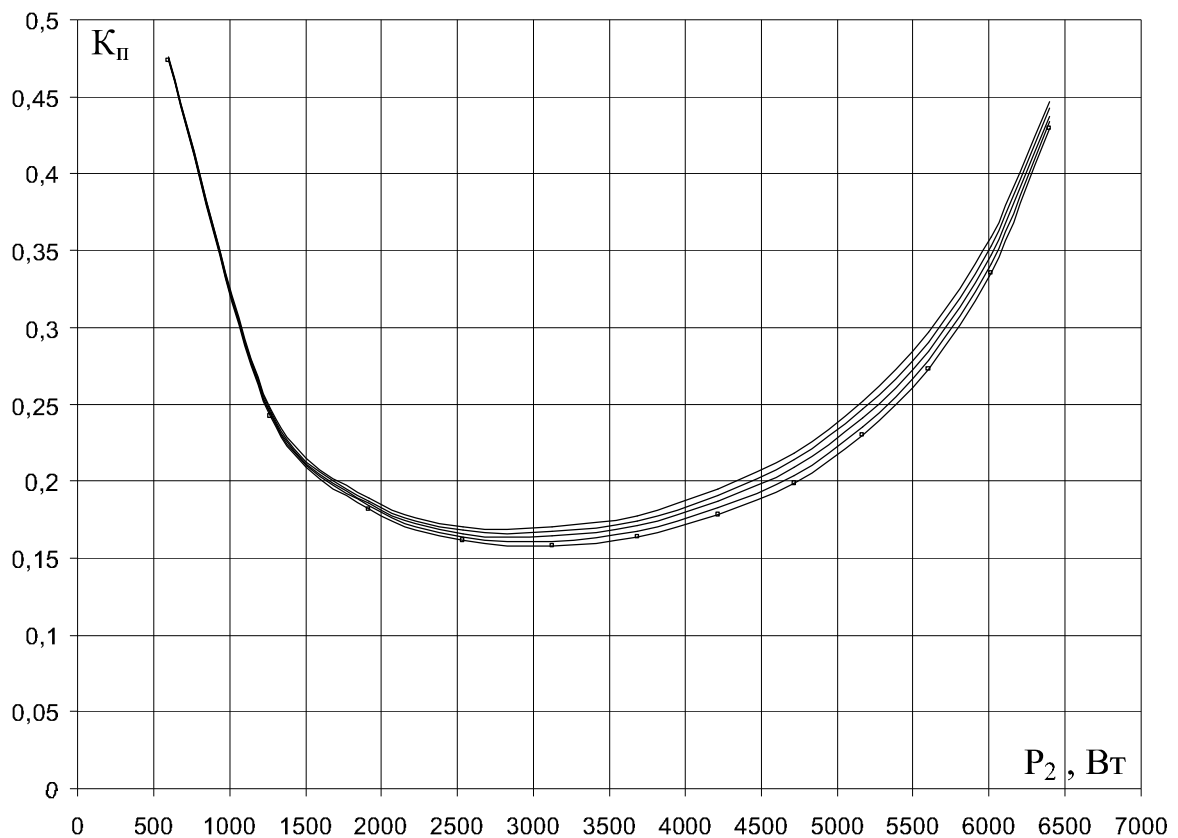


Рис. 2. Зависимости коэффициента потерь в функции активной мощности на валу при температурах окружающей среды 10, 20, 30, 40, 50 °С.

Нижня крива належить до температури оточуючої середовища 10 °С, верхня крива – 50 °С.

*Висновки:* таким чином, запропоновано методику і отримано залежності втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні в функції активної потужності на валу і температури оточуючої середовища.

#### Література

1. *Овчаров С.В.* Діагностика асинхронних двигунів за допомогою кругової діаграми / *С.В. Овчаров, А.Ю. Вовк* // Техніка в сільськогосподарському виробництві: Труды Таврической государственной агротехнической академии. – Мелітополь: ТДАТУ. – Вип. 1, т. 3. – 1997. – С. 97-100.

2. *Телюта Р.В.* Исследование асинхронного электродвигателя на работоспособность / *Телюта Р.В., Овчаров С.В.* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ. – Вип. 10, т. 10. – 2010. – С. 144-147.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Островский А.В., Овчаров С.В., Телюта Р.В.

#### *Аннотація*

**Предложена методика исследования потерь активной мощности в асинхронном двигателе в функции загрузки на валу и температуры окружающей среды.**

## ACTIVE POWER LOSSES RESEARCH OF ASYNCHRONOUS MOTOR

A. Ostrovsky, S. Ovcharov, R. Telyuta

#### *Summary*

**The research of active power losses in an asynchronous motor is offered as the function of load on a billow and ambient temperature.**