

УДК 621.313.333.2

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ТЕПЛОВЫЙ ИЗНОС ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ПОСЛЕПУСКОВОЙ ПЕРИОД

Овчаров С.В., к.т.н.

Стребков А.А., инженер\*.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

тел. (0619)42-32-63

**Аннотация** – исследован дополнительный тепловой износ изоляции асинхронного электродвигателя в послепусковой период в функции режимных параметров.

**Ключевые слова** – тепловой износ изоляции, послепусковой период, кратность загрузки рабочей машины, температура окружающей среды, кратность напряжения на зажимах электродвигателя.

*Постановка проблемы.* В послепусковой период в условиях измеримой мощности изоляция асинхронных электродвигателей подвергается дополнительному износу. Величина дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период зависит от многих режимных параметров при пуске электродвигателя и в период его остывания: отношения момента инерции системы «электродвигатель - рабочая машина» к номинальному моменту электродвигателя, кратности загрузки рабочей машины, температуры окружающей среды, кратности напряжения на зажимах электродвигателя.

*Анализ последних достижений.* В работе [1] найдена зависимость дополнительного теплового износа изоляции в функции отношения момента инерции системы «электродвигатель - рабочая машина» к номинальному моменту электродвигателя, однако не учтены при этом режимные параметры.

*Формулировка целей статьи.* Поэтому целью статьи является исследование дополнительного расхода ресурса изоляции асинхронного электродвигателя в послепусковой период в функции режимных параметров.

*Основная часть.* Учитывая сравнительную скоротечность процесса нагрева обмотки при пуске, можно принять, что обмотка дости-

---

\* Научный руководитель: д.т.н. Овчаров В.В.

© к.т.н. Овчаров С.В., инженер Стребков А.А.

гает максимального превышения температуры в момент времени  $t = 0$ . В послепусковой период охлаждения обмотки до номинального значения скорость изменения температуры будет небольшой в соответствии с кривой охлаждения

$$\tau = \tau_n \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_m e^{-\frac{t}{T}}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – текущее превышение температуры обмотки, °С;

$t$  – текущее время, с;

$\tau_n$  – номинальное превышение температуры обмотки, °С;

$T$  – постоянная времени нагрева электродвигателя, с;

$\tau_m$  – максимальное превышение температуры обмотки в конце пуска, °С.

Представим графики остывания обмотки электродвигателя (рис. 1) и скорости теплового износа изоляции в послепусковой период (рис. 2).

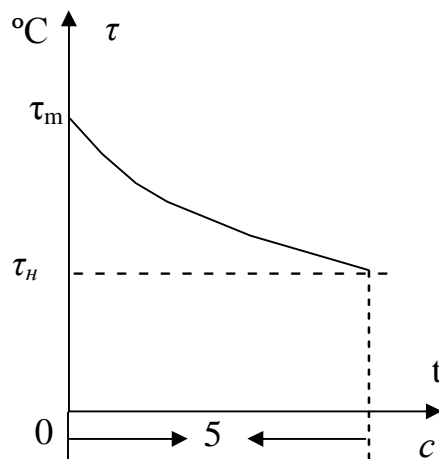


Рис. 1

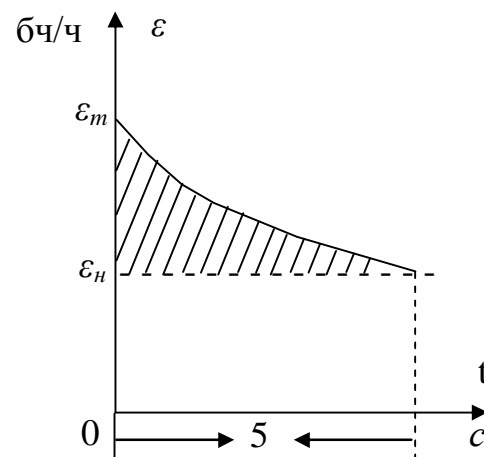


Рис. 2

Дополнительный тепловой износ изоляции в послепусковой период происходит на интервале времени от нуля до  $5T$  и может быть найден по выражению

$$E_{дон} = \int_0^{5T} \varepsilon dt - 5T \varepsilon_n, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – скорость теплового износа изоляции в послепусковой период опишется выражением

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left( \frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\tau_n \left( 1 - e^{-t/T} \right) + \tau_m e^{-t/T} + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – текущая скорость теплового износа изоляции, бч/ч;

$\varepsilon_n$  – номинальная скорость теплового износа изоляции, бч/ч;

$B$  – параметр, характеризующий класс изоляции, К;

$\Theta_n$  – абсолютная номинальная температура изоляции, К;  
 $\vartheta_{cp}$  – температура окружающей среды, °С.

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции обмотки при заданном максимальном превышении температуры обмотки и известном значении постоянной времени нагрева электродвигателя типоразмера 4А100S2У3, для которого  $T = 1840$  с. Принимаем  $\vartheta_{cp} = 40^\circ\text{С}$ . Изоляция класса В указанного электродвигателя характеризуется следующими параметрами:  $B = 10200$  К,  $Q_n = 403$  К,  $\tau_n = 90$  °С,  $\varepsilon_n = 1$  бч/ч. Разбиваем зависимость  $\varepsilon = f(t)$  на 50 участков. Принимаем длительность каждого участка  $t_i = 184$  с. Тогда  $t_i/T = 0,1$ .

Введём обозначение:  $e^{-\frac{t_i}{T}} = \varepsilon$ . Находим значение  $\varepsilon = 0,9$ . Тогда превышение температуры обмотки на  $i$ -ом участке равно

$$\tau_i = \tau_n(1 - \varepsilon) + \tau_{i-1}\varepsilon \quad (4)$$

Для первого участка

$$\tau_1 = \tau_n(1 - \varepsilon) + \tau_m\varepsilon, \quad (5)$$

максимальное превышение температуры обмотки в конце пуска, принимаем равным  $164,6$  °С. [1]

Для второго участка

$$\tau_2 = \tau_n(1 - \varepsilon) + \tau_1\varepsilon \quad (6)$$

и так далее.

Для указанного электродвигателя:

$$\tau_i = 9 + 0,9\tau_{i-1}. \quad (7)$$

Расчет дополнительного теплового износа изоляции проведем для электродвигателя типоразмера 4А100S2У3, со следующими каталожными данными:  $P_{2n} = 4$  кВт;  $\eta_n = 0,865$ ;  $\cos\varphi_n = 0,89$ ;  $R'_1 = 1,509$  Ом;  $X'_1 = 1,537$  Ом;  $R''_2 = 1,006$  Ом;  $X''_2 = 2,767$  Ом;  $R_1 = 1,485$  Ом;  $X_1 = 1,513$  Ом;  $X_\mu = 95$  Ом;  $U_n = 220$  В;  $s_n = 0,033$ ;  $s_k = 0,28$ ;  $s_m = 0,8$ ;  $\mu_{mn} = 2,0$ ;  $\mu_{mm} = 1,6$ ;  $\mu_{kn} = 2,5$ , при следующих параметрах:  $k_{u1} = 0,9$ ;  $k_3 = 1$ ;  $I/M_n = 0,08$  с<sup>2</sup>;  $\vartheta_{cp} = 40^\circ\text{С}$ ;  $\tau_{нач} = 0^\circ\text{С}$ .

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период в функции температуры окружающей среды, то есть  $E_{don} = f(\vartheta_{cp})$  при  $k_{u1} = 0,9 \div 0,96$ . Результаты расчетов представляем на рис. 3.

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период в функции коэффициента загрузки, то есть  $E_{don} = f(\kappa_3)$  при  $k_{u1} = 0,9 \div 0,96$ . Результаты расчетов представляем на рис. 4.

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период в функции температуры окружающей среды, то есть  $E_{don} = f(\vartheta_{cp})$  при  $\kappa_3 = 0,9 \div 1$ . Результаты расчетов представляем на рис. 5.

бч  $E_{don}$

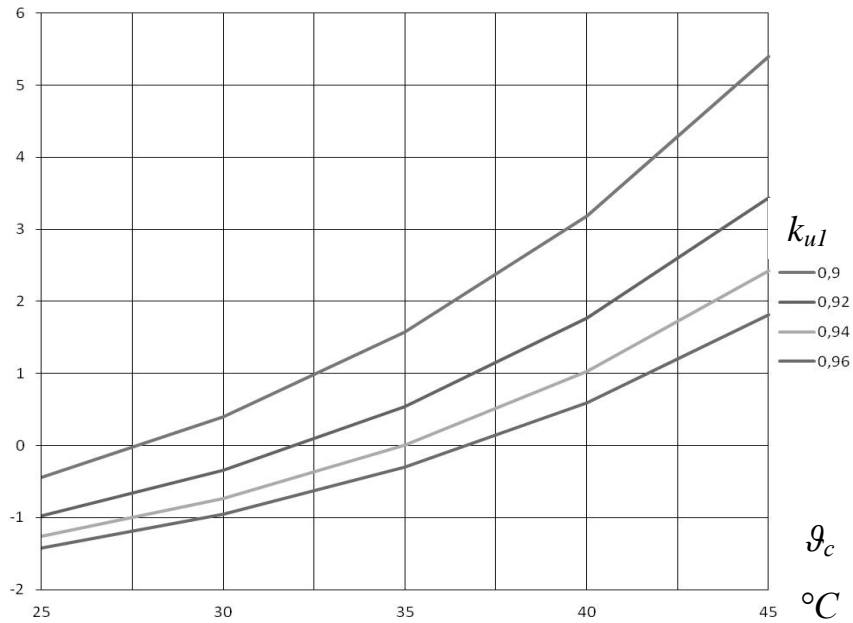


Рис. 3. Зависимость  $E_{дон} = f(t_{cp})$  при  $k_{u1} = 0,9 \div 0,96$ .

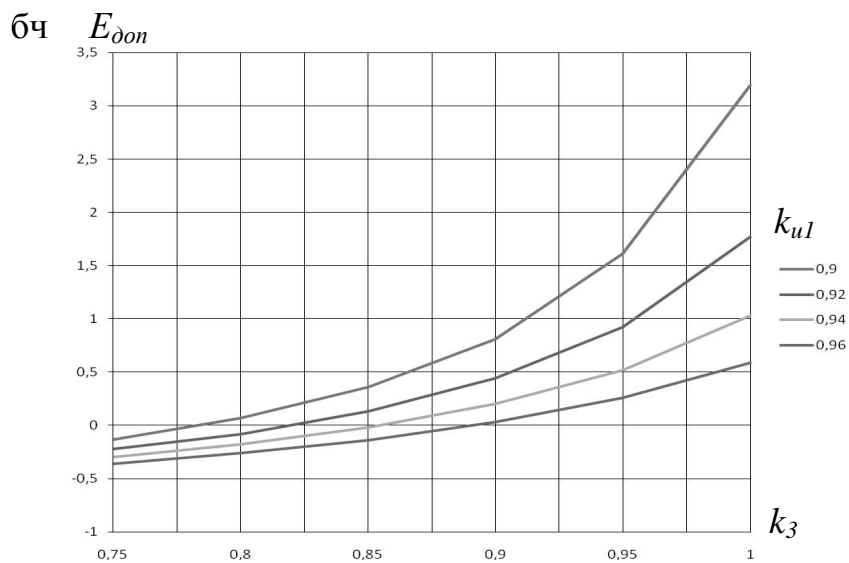
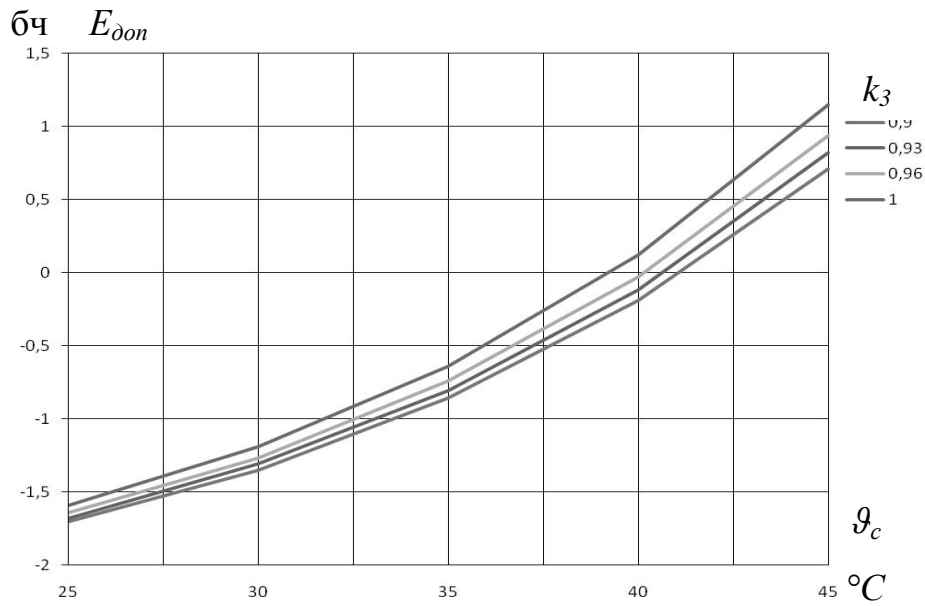
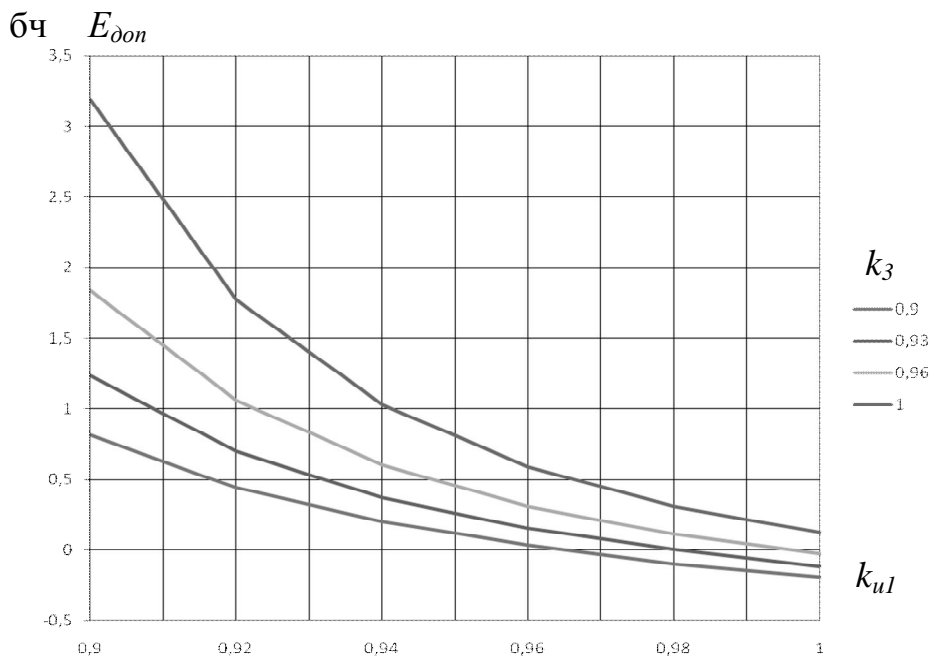


Рис. 4. Зависимость  $E_{дон} = f(k_3)$  при  $k_{u1} = 0,9 \div 0,96$ .

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период в функции кратности питающего напряжения, то есть  $E_{дон} = f(K_{u1})$  при  $k_3 = 0,9 \div 1$ . Результаты расчетов представляем на рис. 6.

Исследуем зависимость дополнительного теплового износа изоляции в послепусковой период в функции кратности питающего напряжения, то есть  $E_{дон} = f(k_{u1})$  при  $t_{cp} = 30 \div 40^\circ\text{C}$ . Результаты расчетов представляем на рис. 7.

Рис. 5. Зависимость  $E_{дон} = f(\vartheta_{cp})$  при  $\kappa_3 = 0,9 \div 1$ .Рис. 6. Зависимость  $E_{дон} = f(K_{u1})$  при  $\kappa_3 = 0,9 \div 1$ 

**Выводы.** Таким образом, дополнительный тепловой износ изоляции асинхронного электродвигателя в послепусковой период является сложной функцией режимных параметров в пусковой и послепусковой периоды: кратности загрузки рабочей машины, температуры окружающей среды, кратности напряжения на зажимах электродвигателя.

#### Литература

1. Овчаров С.В. Аналитическое исследование расхода ресурса изоляции асинхронного электродвигателя в послепусковой период/ С.В. Ов-

чаров, О.А. Стребков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип.12. Т. 2 – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – 243 с.

2. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / Киев: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.

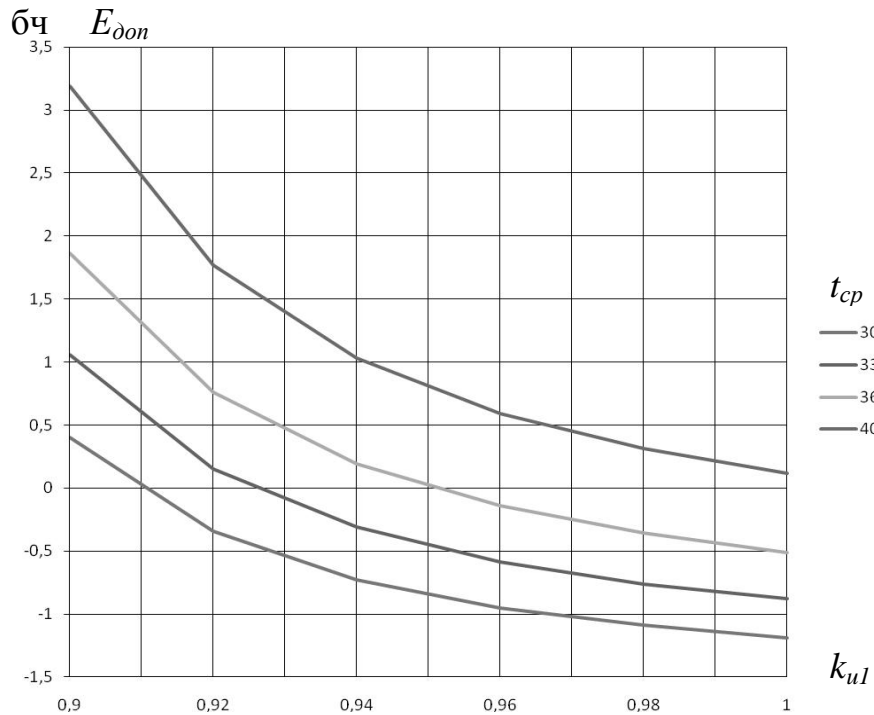


Рис. 7. Зависимость  $E_{дон} = f(k_{u1})$  при  $t_{cp} = 30 \div 40^\circ\text{C}$ .

## ДОДАТКОВИЙ ТЕПЛОВИЙ ЗНОС ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА В ПІСЛЯПУСКОВИЙ ПЕРІОД

С.В. Овчаров, О.О. Стребков

### Анотація

Досліджено додатковий тепловий знос ізоляції асинхронного електродвигуна в післяпусковий період в функції режимних параметрів.

## THE ADDITIONAL HEAT EXPENSE OF RESOURCE ISOLATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR IN AFTERSTARTING PERIOD

S. Ovcharov, A. Strebkov

### Summary

The additional heat expense of resource isolation of asynchronous motor in after starting period as a function of operating parameters is researched.