

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ НА МАКЕТАХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Р. Я. КЛЯЙН, Д. И. САННИКОВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

На коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  несомненно оказывают влияние в большей или меньшей степени следующие факторы: окружная скорость воздушного потока, различие условий охлаждения активной и лобовой частей якоря, конфигурация междуполусных промежутков, микрогеометрия поверхности якоря, диаметр и длина якоря и др. Изучение и учет этих факторов позволит значительно повысить точность методик теплового расчета.

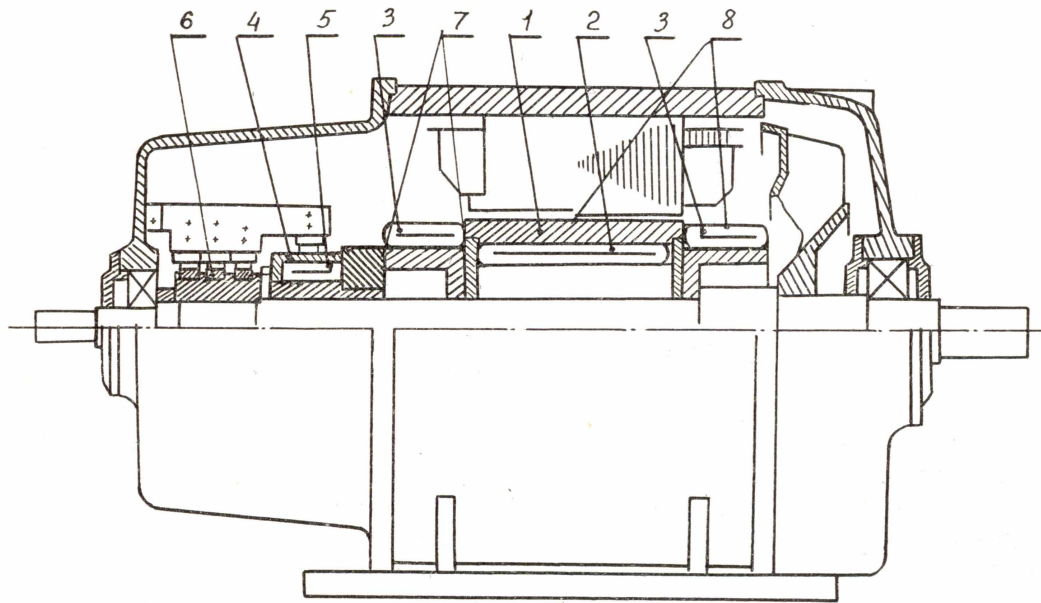


Рис. 1. Макет двигателя.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния первых трех из указанных факторов на коэффициент теплоотдачи. Экспериментальное исследование влияющих факторов на  $\alpha$  на реальных машинах представляет значительные трудности ввиду сложности изменения геометрии машины, измерения потерь и температуры.

С этой точки зрения такие опыты удобнее проводить на макетах, которые позволяют точно измерять мощности и температуры, а также легко производить любые изменения конструкции.

На рис. 1 показан один из макетов машины постоянного тока, выполненный на базе машины серии П в 4-полюсном исполнении. Активная часть

якоря выполнена в виде полого стального цилиндра 1, внутри которого встроен нагреватель из нихромовой проволоки. Нагреватель плотно прижат к внутренней поверхности цилиндра. На наружной поверхности цилиндра профрезерованы канавки, имитирующие шлицы пазов реального якоря. Лобовые части представлены двумя нагревателями 3, закрепленными на обмоткодержателях бандажными. Макет коллектора представляет собой медный цилиндр 4 с встроенным нагревателем 5. Коллектор, лобовые и активная части изолированы друг от друга теплоизолирующими прокладками для исключения теплообмена между ними. Для устранения теплоотсоса через вал пространство между валом и нагревателем активной части и обмоткодержателями лобовых частей заполнено теплоизолирующим материалом. Температура измерялась с помощью 24 медно-константановых термопар, встроенных на поверхности активной, лобовых частей и коллектора равномерно по окружности.

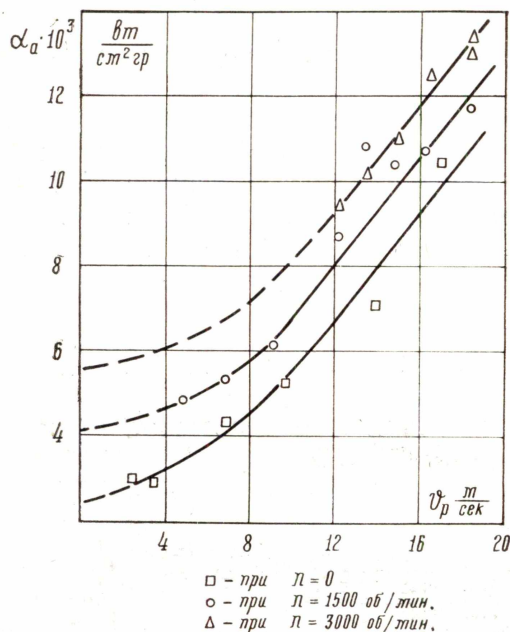


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи активной части якоря от скорости воздуха.

Обмотки полюсов намотаны бифилярно, что позволило избежать потерь в стали элементов конструкции. Температура полюсных катушек измерялась по сопротивлению. В связи с этим коэффициенты теплоотдачи для полюсных катушек  $\alpha_{п}$  определены с учетом теплового сопротивления изоляции.

Скорость воздушного потока регулировалась и измерялась с помощью форсирующего центробежного вентилятора и измерительной трубы с трубками полного напора.

Мощность, выделяемая на нагревателях и полюсных катушках, регулировалась таким образом, чтобы разница температур исследуемых частей макета в установившемся режиме была минимальной. Тем самым сведено до минимума влияние теплообмена между отдельными частями макета.

Опыт проводился при двух скоростях вращения якоря  $n = 1500$  об/мин. и  $n = 3000$  об/мин и при неподвижном якоре. По результатам опыта на рис. 2, 3, 4 построены зависимости

$$\alpha_a = f(v_p), \alpha_{л} = f(v_{рл}) \text{ и } \alpha_{п} = f(v_p),$$

где  $\alpha_a$ ,  $\alpha_{л}$  и  $\alpha_{п}$  — коэффициенты теплоотдачи соответственно активной части, лобовой части и полюсных катушек;

$v_p$  — расходная скорость воздуха в междуполюсных промежутках;

$v_{рл}$  — расходная скорость воздуха в камере над лобовыми частями.

Путем аппроксимации опытных кривых из рис. 2, 3 и 4 получены формулы вида

$$\alpha = C \left( \sqrt{v_p^2 + \left(\frac{v_a}{k}\right)^2} + B \right)^m, \quad (1)$$

где

$C, B, m, k$  — коэффициенты, подбираемые по условию минимального расхождения с опытными данными;

$v_a$  — окружная скорость якоря.

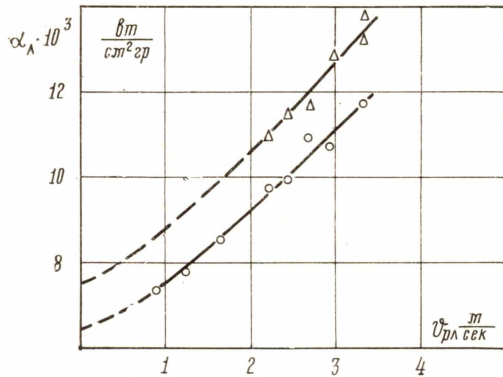


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи лобовой части от скорости воздуха.

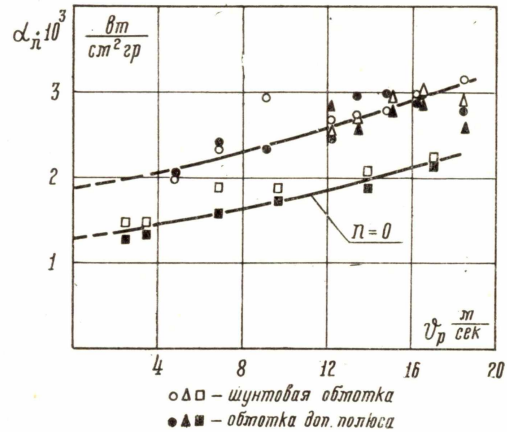


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплоотдачи полюсных катушек от скорости воздуха.

Так, для активной части якоря формула (1) имеет вид

$$\alpha_a = 0,77 \cdot 10^{-3} v_{эфд}^{0,9}. \quad (2)$$

$v_{эфд}$  — эффективная скорость воздушного потока

$$v_{эфд} = \sqrt{v_p^2 + \left(\frac{v_a}{2}\right)^2} + 10 \quad (3)$$

$$v_p = \frac{V \cdot 10^4}{S_K} \quad (4)$$

$V$  — расход воздуха,  $м^3$

$S_K$  — площадь сечения междуполюсных каналов,  $см^2$

Для лобовых частей

$$\alpha_{л} = 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot v_{эфл}^{0,85}. \quad (5)$$

$v_{эфл}$  — расчетная расходная скорость воздуха над лобовыми частями

$$v_{рл} = \frac{V \cdot 10^4}{S_{ол}} \quad (6)$$

$S_{ол} = \frac{\pi}{4} (D_{ст}^2 - D^2)$  — площадь между якорем и внутренней поверх-

ностью станины,  $см^2$ ;

$D$  — диаметр якоря,  $см$ ;

$D_{ст}$  — внутренний диаметр станины,  $см$ ;

Аналогичным образом получена формула для коллектора

$$\alpha_k = 5 \cdot 10^{-3} \cdot v_{эфк}^{0,7}, \quad (7)$$

где

$$v_{\text{эфк}} = \sqrt{v_{\text{рл}}^2 + \left(\frac{v_{\text{к}}}{6}\right)^2 + 2,5} \quad (8)$$

эффективная скорость воздуха у коллектора;

$v_{\text{рл}}$  — расчетная расходная скорость над коллектором, принятая равной скорости над лобовыми частями;

$v_{\text{к}}$  — окружная скорость коллектора.

Полученные формулы проверены на большом количестве машин серии П подобного типоразмера и показали сходимость в пределах 5%.