

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ ЗАЩИЩЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Егоров А.В., студент; Осташевский Н.А., проф., к.т.н.

(Национальный Технический Университет Харьковский Политехнический Институт,
г. Харьков, Украина)

Тепловой расчет электрических машин чаще всего проводят по методу эквивалентных тепловых схем (ЭТС). Для ДПТ исполнения IP22, IC01 тепловой расчет статора и якоря проводят по раздельным ЭТС, с учетом отсутствия тепловой связи между ними [1], [2], [3], рассмотрим следующие коэффициенты теплоотдачи (КТО):

1. КТО свободной поверхности пазов якоря и коронок зубцов якоря. Эти КТО весьма близки, поэтому будем использовать средний КТО, обозначаемый α_δ .

$$\alpha_\delta = 12,5 \cdot V_a^{0,66}, \text{ где } V_a - \text{ окружная скорость якоря.}$$

2. КТО внутренних аксиальных каналов якоря - $\alpha_{к.а.}$

$$N_u = 0,018 \cdot R_e^{0,8} \cdot \left(1 + 0,6 \frac{U}{W}\right) \cdot \zeta_l, \quad R_e = (1 \dots 4,8) \cdot 10^4.$$

$$W = \frac{Q_{кан}}{S_{кан}}, \quad R_e = \frac{W \cdot d_{кан}}{\nu_\delta}, \quad \alpha_{к.а.} = \frac{N_u \cdot \lambda_\delta}{d_{кан}}.$$

Где: R_e - Число Рейнольдса; W , U - расходная и окружная скорость воздуха в каналах; $Q_{кан}$ - расход охлаждающего воздуха через каналы; $S_{кан}$ - площадь поперечного сечения каналов; λ_δ - коэффициент теплопроводности воздуха; $d_{кан}$ - диаметр аксиального канала; ν_δ - кинематическая вязкость воздуха при ожидаемой температуре внутреннего воздуха.

3. КТО лобовых частей обмотки якоря.

- для внешней поверхности со стороны коллектора $N_{у.л.ви.к.} = 24,3 \cdot (R_{e\omega}^2 + R_e^2)^{0,16}$;

- для внешней поверхности со стороны привода $N_{у.э.â.î.î.} = 37,2 \cdot (R_{e\omega}^2 + R_e^2)^{0,165} \cdot \left(\frac{2 \cdot \delta}{l_{л.в.}}$

- для внутренней поверхности со стороны коллектора и стороны привода

$$N_{у.л.ви.к.} = N_{у.л.ви.п.} = 11,4 \cdot R_{e\omega}^{0,29}.$$

Где δ - зазор между якорем и главным полюсом; $l_{л.в.}$ - длина вылета лобовых частей; $R_{e\omega}$ - “вращательное” число Рейнольдса; R_e - “расходное” число Рейнольдса.

Расходная скорость воздуха в зоне внешней поверхности лобовых частей $W = \frac{Q_\delta}{S_\delta}$. Где:

Q_δ - расход охлаждающего воздуха через зазор; S_δ - площадь сечения канала.

$$\text{Расходное число Рейнольдса } R_e = \frac{W \cdot D_{л.ви}}{\nu_\delta}; \quad R_e = (10^2 \dots 10^5).$$

Где: $D_{л.ви}$ - внешний диаметр лобовых частей ($D_{л.ви}$ равен диаметру якоря D_a).

$$\text{Вращательное число Рейнольдса } R_{e\omega} = \frac{U_{ви} \cdot D_{л.ви}}{\nu_\delta}; \quad R_{e\omega} = (10^4 \dots 10^6).$$

Где: $U_{ви}$ - окружная скорость вращения на диаметре $D_{л.ви}$.

Вращательное число Рейнольдса для $N_{ил.ви.к.} = N_{ил.ви.п.}$ определяется через окружную скорость вращения $U_{ви}$ на внутреннем диаметре лобовых частей

$$R_{e\omega} = \frac{U_{ви} \cdot (D_{л.ви} - 2 \cdot h_n)}{\nu_в},$$

КТО лобовых частей обмотки статора

$$\alpha_{л.ви.к} = \frac{N_{ил.ви.к} \cdot \lambda_в}{D_{л.ви}}, \quad \alpha_{л.ви.п} = \frac{N_{ил.ви.п} \cdot \lambda_в}{D_{л.ви}},$$

$$\alpha_{л.ви.к} = \alpha_{л.ви.п} = \frac{N_{ил.ви.к} \cdot \lambda_в}{D_{л.ви} - 2h_n}.$$

4. КТО обдуваемых поверхностей полюсных катушек.

Теплообмен полюсных катушек двигателей с аксиальной вентиляцией описывается критериальным уравнением [2] $N_{иов} = 0,158 \cdot R_{еов}^{0.7}$.

$$\text{Для катушек главных полюсов } R_{еов} = \frac{W_{м.к.} \cdot l_{ов}}{\nu_в}; \quad R_e = (10^4 \dots 2,5 \cdot 10^5).$$

Где: $W_{м.к.} = \frac{Q_{м.к.}}{S_{м.к.}}$ - расход воздуха через межполюсные каналы; $S_{м.к.}$ - площадь поперечного сечения всех межполюсных каналов; $l_{ов}$ длина катушки главного полюса.

$$\text{КТО обдуваемой поверхности катушек главных полюсов } \alpha_{ов} = \frac{N_{иов} \cdot \lambda_в}{l_{ов}}.$$

КТО внутренней свободной поверхности станины, равен КТО катушек главных полюсов [2] $\alpha_{ст.ви} = \alpha_{ов}$.

$$5. \text{ КТО коллектора } \alpha_{кол} = 102 \cdot V_k^{0.37}.$$

Где: V_k окружная скорость коллектора на наружном диаметре.

$$6. \text{ КТО наружной поверхности станины } \alpha_{ст.н.в.} = 18 \frac{Вт}{м^2 \cdot град}.$$

В качестве примера, в Таблице 1 приведены значения КТО, определенные для двигателя исполнения IP22, IC01, $P_{2ном}=75$ кВт, $U_{ном}=220$ В, $n_{ном}=1000$ об/мин.

Таблица 1 - Значения КТО.

α_δ	$\alpha_{н.з.п.}$	$\alpha_{н.д.п.}$	$\alpha_{к.а.}$	$\alpha_{л.ви.к.}$	$\alpha_{л.ви.п.}$
75,2	75,2	60,2	92,5	116,9	86,3
$\alpha_{л.ви.к.}$	$\alpha_{ов}$	$\alpha_{одп}$	$\alpha_{ст.ви.}$	$\alpha_{ст.н.в.}$	$\alpha_{кол.}$
44,1	42,2	71,7	42,2	18	243

Размерность КТО в таблице - $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot град} \right]$.

Перечень ссылок

1. Борисенко А. И., Данько В. Г., Яковлев А. И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах – М.: Энергия 1974.- 560 с.

2. Сипайлов Г. А., Санников Д. И., Жадан В. А., Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах – М.: Высшая школа 1989.- 239 с.

3. Гольдберг О. Д., Гурин Я. С., Свириденко И. С., Проектирование электрических машин – М.: Высшая школа 1984.-431 с.