

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ РОЛЬГАНГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ВАКУУМЕ

Г. А. СИПАЙЛОВ, М. Н. УЛЯНИЦКИЙ, С. А. ШЕЛЕХОВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрические машины и общей электротехники)

Рольганговые электродвигатели серии АР вследствие простоты конструкции и высокой надежности получили широкое распространение в металлургической промышленности. Эти двигатели изготавливаются в закрытом исполнении с естественным воздушным охлаждением и имеют ребристую поверхность щитов и станин. Специфической особенностью конструкции является наличие на станине кольцевых ребер, имеющих трапециевидный профиль.

Решение одной из важнейших задач, связанных с увеличением мощности двигателей в тех же габаритах, связано с увеличением эффективности теплоотдачи с их поверхности. В настоящее время в технической литературе отсутствуют достаточно полные и достоверные данные по охлаждению машин подобной конструкции. Все потери, выделяющиеся в двигателях серии АР, передаются с их поверхности в окружающую среду путем естественной конвекции и теплового излучения. В связи с оребрением поверхности теплоотдачи конвекцией и излучением в данном случае имеют разные площади. Как показали результаты ориентировочных расчетов, примерно 25—30 проц. потерь, рассеиваемых с поверхности машины, приходится на долю теплового излучения. Поэтому для получения достоверных результатов при тепловых расчетах необходимо достаточно точное определение количества тепла, передаваемого в окружающую среду путем теплового излучения.

Решение уравнений, описывающих лучистый теплообмен в системе серых тел, достаточно сложно и возможно только численными методами. Для упрощения решения задачи обычно делаются различные допущения [1]. Поэтому было решено провести экспериментальное исследование теплового излучения оребренных корпусов машин.

Коэффициент теплоотдачи излучением определяется на основании закона Стефана-Больцмана

$$\alpha_{л} = \frac{\varepsilon C_0}{\theta} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{град.}} \quad (1)$$

где

$\theta$  — среднее превышение температуры поверхности °С.

$T_1$  и  $T_2$  — температуры поверхности тела и окружающей среды в °К;

$C_0$  — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;  
 $C_0 = 5,77 \text{ }^\circ\text{К}^4 \text{ М}^2$  [2];

$\varepsilon$  — степень черноты поверхности.

Для чугунных окрашенных поверхностей значение  $\varepsilon$  находится в

довольно широких пределах: 0,7—0,9 [3]. В связи с этим проведено экспериментальное определение значения  $\epsilon$ . Существенным было также и определение той оребренной поверхности, которую следует принимать за поверхность теплового излучения. Осложняющим обстоятельством является и то, что оребренная поверхность имеет неодинаковую температуру. Проще всего предположить, что на данный случай можно принять положение теории о том, что в качестве поверхности излучения берется поверхность, проходящая по вершинам ребер, а в качестве расчетной температуры принять среднюю температуру ребристой поверхности. Однако эти допущения также нуждались в экспериментальной проверке.

Исследование теплового излучения было проведено опытным путем на двух макетах двигателей АРФ четвертого габарита с 11 и 14 ребрами на станинах. Высота и толщина ребер были одинаковыми. Макеты двигателей собирались с одними и теми же щитами.

В этих двух макетах оребренная поверхность станин была разная, а поверхность для излучения, определяемая как описанная по вершинам ребер станин, принималась одинаковой, не зависящей от количества ребер.

Испытания макетов двигателей проводились в металлической вакуумной камере при давлении  $10^{-3}$ — $10^{-5}$  мм рт. ст. При таком давлении практически все тепло (более 99 проц.) передается в окружающую среду лучеиспусканием [4]. Макет двигателя с помощью теплоизолирующих подвесок закреплялся в центре камеры. На станине устанавливалось 36 медно-константановых термопар: у основания ребер, по их вершинам и по середине высоты; на одном щите помещалось 14 термопар. Схема закладки термопар представлена на рис. 1.

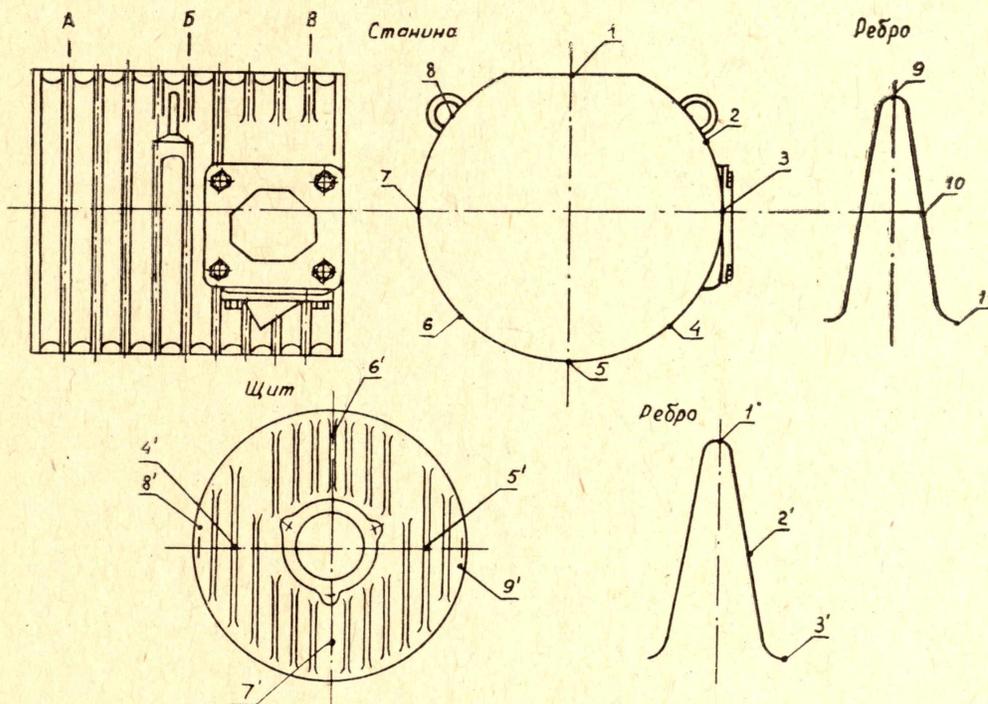


Рис. 1. Схема закладки термопар

За температуру окружающей среды принималась температура стенок камеры, которая определялась с помощью термопар, расположенных на ее внутренней поверхности.

Нагревание макетов двигателей осуществлялось с помощью спира-

ли, устанавливаемой по оси в середине станины; длина спирали примерно равна длине обмотанного пакета статора.

Методика измерений принималась такой же, как и при исследовании в разреженном воздухе неоребрённых корпусов [4]. Исследования каждого из макетов проводились при двух значениях мощности тепло-рассеяния. Расчетное определение количества тепла, рассеиваемого в окружающую среду наружной поверхностью макета двигателя, производилось по следующей формуле:

$$P_{\text{л}} = \alpha_{\text{лст}} S_{\text{лст}} \theta_{\text{ст}} + \alpha_{\text{лщ}} S_{\text{лщ}} \theta_{\text{щ}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{л}}$  — поверхность излучения, индексы Ст и щ — соответственно станина и щиты.

При расчетах по формуле [2] за поверхность излучения принималась поверхность, проходящая по вершинам ребер, а за расчетную температуру — средняя температура ребристой поверхности. Определение  $\alpha_{\text{л}}$  производилось по формуле [1].

Поскольку при установившемся тепловом режиме все тепло, выделившееся в машине, передается в окружающую среду теплоизлучением, то величина потерь, рассчитанная по формуле (2), должна соответствовать электрическим потерям в спирали. Это позволяет путем сравнения опытных и рассчитанных при разных значениях  $\epsilon$  величин мощности определить действительное значение коэффициента черноты поверхности.

Как показало сравнение опытных и расчетных значений  $P_{\text{л}}$ , лучшие совпадения результатов получаются при  $\epsilon = 0,72$  (см. таблицу).

Таблица 1

Количество ребер на станине	Мощность нагревателя, вт	Расчетная мощность излучения, вт	Процент отклонения
11	119	123	+3,5
11	225	223	-1,0
14	222	222	0,0
14	400	387	-3,0

Поскольку расхождения опытной и расчетной мощности излучения находятся в пределах, вполне допустимых для теплотехнических исследований, можно считать доказанным, что для рольганговых двигателей принятые допущения о способе определения поверхности излучения и ее температуры являются оправданными.

### Вывод

При тепловых расчетах закрытых электрических машин с естественным охлаждением, имеющих оребрённый корпус, за поверхность излучения следует принимать огибающую поверхность, проходящую по вершинам ребер, при этом для всей поверхности принимается средняя температура.

Коэффициент черноты поверхности  $\epsilon$  для двигателей, имеющих чугунную окрашенную оболочку, равняется 0,72.

### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Гак. Коэффициент теплоотдачи закрытых двигателей без наружной вентиляции, перевод ЦБТИЭ П-5259, 1959.
2. А. Г. Блох. Основы теплообмена излучением, М.—Л., ГЭИ, 1962.
3. С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский. Справочник по теплопередаче, ГЭИ, 1959.
4. М. Н. Ульяницкий. Определение коэффициента теплоотдачи корпусов электрических машин при естественном охлаждении в разреженном воздухе, Известия высших учебных заведений, «Электромеханика», № 6, 1966.
5. С. А. Шелехов. Исследование асинхронных двигателей для привода роликов. Кандидатская диссертация, 1967.