

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Кирильчик Д.Н.
НИ ТПУ, ИШЭ, А1-28,
E-mail: dnk12@tpu.ru

Основной методикой расчета теплового состояния электрической машины является составление тепловой схемы замещения и решение уравнений теплопроводности, в основу которых положен закон сохранения энергии. [1; 2]

$$dQ_1 + dQ_2 = dQ, \quad (1)$$

где dQ_1 – количество теплоты, [Дж], введенное в элементарный объем путем теплопроводности за время; dQ_2 – количество теплоты, [Дж], которое за время выделилось в элементарном объеме за счет внутренних источников; dQ – изменение внутренней энергии, [Дж], содержащегося в элементарном объеме.

Основной закон теплопроводности устанавливает количество тепла, проходящее через поверхность dF за время $d\tau$ в зависимости от $grad$ и свойств материала.

$$\partial \bar{q} = -\lambda grad(t), \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности (теплофизическая характеристика материала), [Вт/(м·°C)].

Градиент температуры есть вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равный частной производной от температуры по этому направлению. За положительное направление градиента принимается направление возрастания температур:

$$grad(t) = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta t}{\Delta n} \right|. \quad (3)$$

Плотность теплового потока через плоскую стенку:

$$q = \lambda(t_1 - t_2) / \delta, \quad (4)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, [Дж/кг·°C]; δ – толщина стенки, [м]; t_1, t_2 – температуры тела на границах, [°C].

Тепловая схема замещения строится по аналогии с законом Ома для электрической цепи. [2, С. 125]

Рис. 1 иллюстрирует симметрированную тепловую схему магнитоэлектрического двигателя.

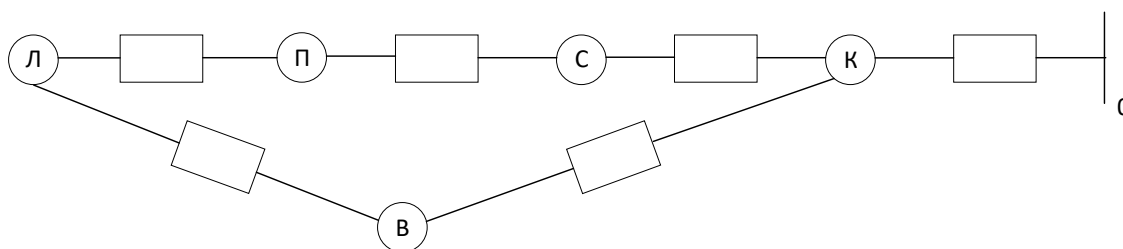


Рис. 1. Симметрированная тепловая схема замещения электродвигателя:
Л – суммарные потери в лобовых частях обмотки; П – потери пазовой части;
С – потери сердечника; К – потери корпуса; В – потери воздуха

Результаты программного моделирования представлены на рис. 2.

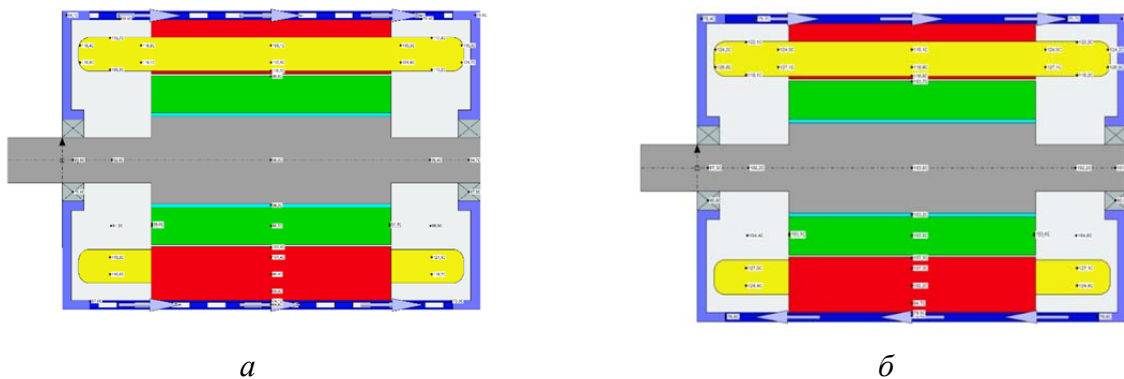


Рис. 2. Циркуляционная модель охлаждения с радиальными спиралевидными (а) и продольными (б) каналами

Устройство каналов охлаждения иллюстрирует рис. 3.

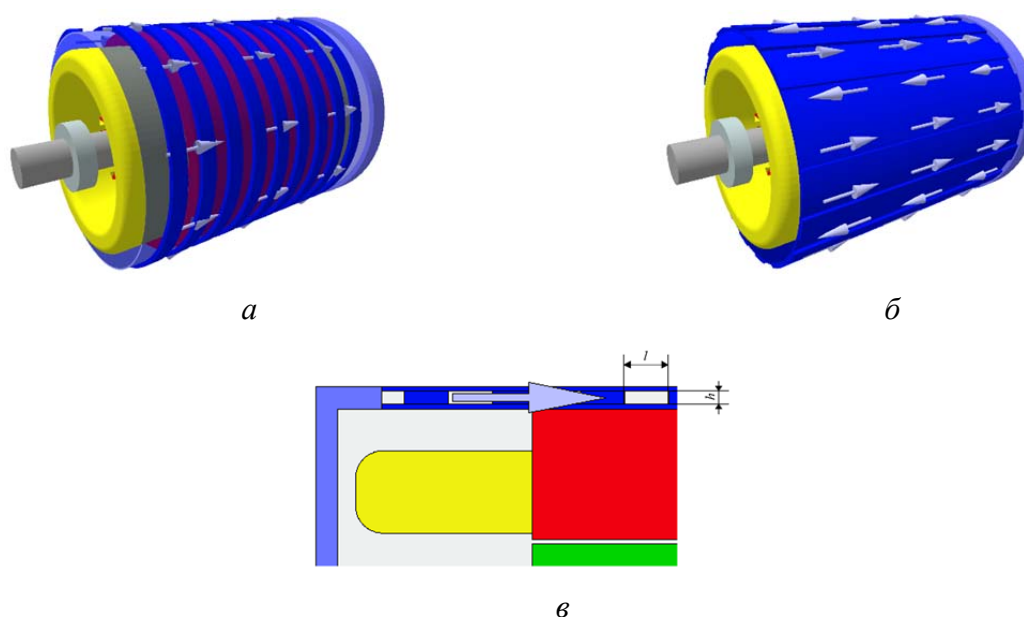


Рис. 3. Внутреннее устройство каналов охлаждения спиралевидного (а) и продольного (б) вида, а также указание наименований величин (в)

Значения температур для программных моделей, представленных с радиальным и спиралевидным исполнением каналов, а также температуры аналитической модели расчета для радиальных каналов приведены в таблице 1

Таблица 1

Сравнения температур программных и аналитической модели

Исследуемый узел	Программная модель		Аналитический расчет для радиальных каналов
	Радиальные спиралевидные каналы	Продольные каналы	
Лобовая часть	115 °С	125 °С	117,7 °С
Пазовая часть	108 °С	112 °С	110,1 °С
Магнитопровод	86,8 °С	100 °С	88,8 °С
Внутренний воздух	83,4 °С	104 °С	86,7 °С

Заключение

Анализ температурного поля электродвигателя при двух конфигурациях циркуляционной системы охлаждения показывает, что при использовании продольных каналов температура узлов электрической машины возрастает на $\approx 10 \dots 25$ %. Прежде всего, это связано с суммарной площадью поверхности теплопередачи: при одинаковых размерах каналов $l = 10$ [мм], $h = 3$ [мм], размеры площадей равны 56840 [мм²] для радиальных и 51000 [мм²] для продольных каналов соответственно.

Помимо этого, продольные каналы, в сравнении с радиальными, обладают конструктивным недостатком – большая сложность подвода хладагента, что скажется на массогабаритных показателях системы в целом.

Список литературы

1. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учеб. для вузов по спец. «Электромеханика» / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.: ил.

2. Теплопередача, вентиляционные и тепловые расчеты в электромеханике: учеб. пособие / А.В. Тюков, Т.В. Честюнина, Ю.Г. Бухгольц. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 248 с.