

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Студ. Мукиенко М.М., гр. ВВ-197

Научный руководитель: к.т.н., доц. Максименко Я.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Тепловое состояние деталей оказывает существенное влияние на габариты, удельную мощность и другие конструктивные показатели энергетических установок (ЭУ). Численные методы расчета температурных полей позволяют проводить детальный анализ теплового состояния отдельных деталей и ЭУ в целом с целью их совершенствования.

В качестве объекта исследования взят якорь синхронного электрического генератора, в пазах которого размещены обмотки, в которых возбуждается электрический ток. Сила электрического тока изменяется в зависимости от нагрузки генератора, и вслед за этим изменяется тепловой режим обмоток якоря электрической машины. Охлаждение якоря осуществляется за счет самовентилиации машины и за счет принудительного обдува со стороны присоединения привода.

Анализ теплового режима обмоток якоря выполняется путем решения уравнения теплопроводности Фурье с заданными граничными условиями. Для установившегося теплового режима решается стационарное уравнение Фурье. В силу цилиндрической симметрии конструкции электрической машины уравнение Фурье целесообразно записывать в цилиндрических координатах:

$$\frac{\lambda_r}{r} \frac{\partial^2 T}{\partial r \partial (\ln r)} + \lambda_\theta \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \lambda_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \pm w(r, z, \theta) = 0, \quad (1)$$

где λ с индексами r, θ, z – теплопроводность элементов якоря в радиальном, тангенциальном и аксиальном направлениях соответственно, w – удельное тепловыделение источника или теплопоглощение стока. Знак минус соответствует стоку (например, поглощению тепла за счет вентиляции обмоток), знак плюс – источнику (например, выделению тепла в проводе за счет прохождения электрического тока или выделению тепла в магнитопроводе за счет перемагничивания и токов Фуко). В нашем анализе мы пренебрегаем нелинейностью свойств материалов машины и считаем теплопроводность и плотность источников не зависящими от температуры.

Граничными условиями к уравнению (1) являются:

$$q = -\lambda_n \frac{\partial T}{\partial n} \quad (2)$$

$$\alpha(T_f - T) = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \quad (3)$$

где q – локальный тепловой поток на поверхности элемента машины, λ_n – теплопроводность материала детали в направлении нормали к ее поверхности, $\frac{\partial T}{\partial n}$ – градиент температуры в

направлении нормали к поверхности, T_f – температура теплоносителя (охлаждающего потока воздуха), α – коэффициент теплообмена между поверхностью детали и теплоносителем.

Для решения задачи выбран метод конечных разностей. Использовалась программа решения уравнения теплопроводности, написанная в лаборатории математического моделирования кафедры физики ОГАСА на языке PASCAL (компилятор Borland Delphi).

В результате решения уравнений (1) – (3) были построены распределения превышения

представлены графики превышения температуры вдоль оси якоря для двух проводников секции обмотки: проводника № 2 (наружный проводник) и №8 (проводник, находящийся приблизительно в центре паза якоря).

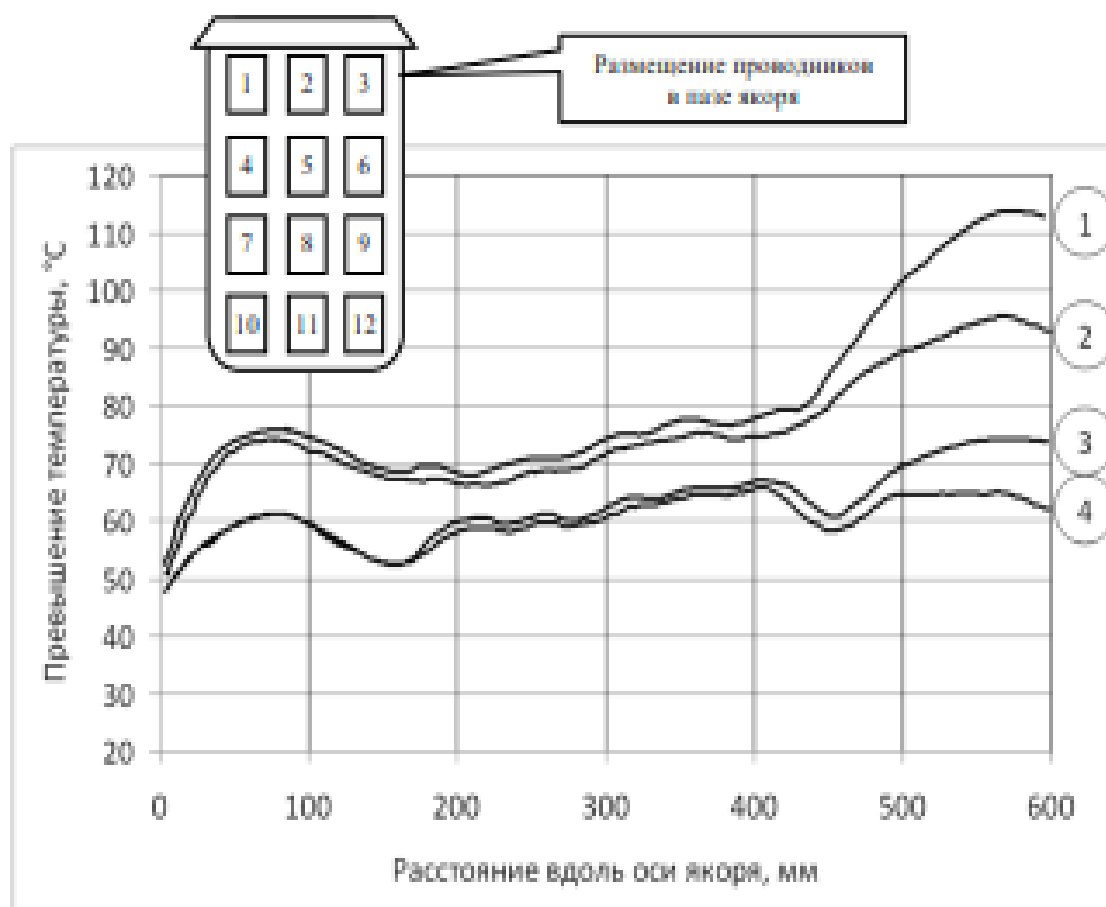


Рис. 1. Распределение превышения температур над температурой внешней среды в проводниках №2 и №8 секции обмотки якоря (крыльчатка самовентиляции расположена слева ($L = 0$), привод присоединяется справа): кривые 1 и 2 – проводник №8, кривые 3 и 4 – проводник №2; кривые 1 и 3 – режим самовентиляции; кривые 2 и 4 – режим дополнительного принудительного обдува со стороны присоединения привода.

Из графиков видно, что превышение температуры проводников со стороны присоединения привода выше, чем со стороны крыльчатки самовентиляции. При этом превышение температуры для внутреннего проводника №8 существенно выше, чем для внешнего проводника №2. В связи с этим было принято решение промоделировать принудительную продувку якоря через продуваемую решетку в корпусе машины со стороны присоединения привода. За счет этого удалось снизить превышение температуры проводника №8 в лобовой части обмотки на 20°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мареев В.В., Станкова Е.Н. Основы метода конечных разностей / СПб: изд-во Санкт Петербургского университета, 2012.– 64 с.
2. Грозь С.М., Максименюк Я.А., Челабчи В.Н. К вопросу исследования динамики теплового состояния деталей РЭА / Сборник «Методы и средства решения крайних задач», Рига: изд-во Рижского политехнического института, 1978.