

УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ МАСЛОПРОКАЧИВАЮЩЕГО НАСОСА ТЕПЛОВОЗА

Дрозд А.С.

Научный руководитель: Столярова О.О., к. т. н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: JoeLogBlack@gmail.com

Одной из актуальных проблем электродвигателей постоянного тока в настоящее время является неудовлетворительное тепловое состояние. Решение проблемы заключается в применении разного вида конструкций двигателя.

В статье сравниваются два варианта конструкции электродвигателя. Первый вариант – электродвигатель с классической станиной, выполненной из цельного куска железной трубы с маркой стали Ст3. Во втором варианте рассмотрен двигатель со станиной, выполненной из электротехнической стали 2412 покрытой алюминиевым сплавом или запрессованной в алюминиевую трубу.

Целью работы является анализ теплового состояния двигателя постоянного тока для маслопрокачивающего насоса тепловоза при двух вариантах станины.

В настоящее время практикуется изготовление станин двигателей постоянного тока по первому варианту. Основным достоинством применения железной трубы является низкая стоимость. Существенными недостатками является низкое значение индукции, низкое качество материала, следствием чего является увеличение потерь в обмотках, увеличение массы меди и ухудшается тепловое состояние двигателя.

За базовый электродвигатель был взят четырехполюсный двигатель постоянного тока для маслопрокачивающего насоса тепловоза с номинальной мощностью $P_2=4,6\text{кВт}$, номинальное напряжение $U_n=110\text{В}$, номинальная частота вращения $n=1500\text{ об/мин}$, высота оси вращения $h=160\text{ мм}$. Особенности расчета учтены с помощью [1, 2].

Предлагаемый в статье подход применения станины из электротехнической стали (второй вариант) основан на идеи уменьшения отходов стали при производстве, уменьшения потерь в станине, уменьшение веса. За счет применения электротехнической стали достигается уменьшения плотности токов в обмотках. Покрытие станины алюминием позволяет улучшить отвод тепла через корпус в окружающую атмосферу по средству свободной конвекции.

В качестве расчетной программы используется программа MathCAD. Полученные результаты расчета позволяют утверждать, что при втором варианте станины снизились плотности токов в обмотках. Как следствие этого уменьшение тепловыделения, уменьшение потерь, следовательно, повышение коэффициента полезного действия (КПД). КПД при стальной

станине составляет 81,2%, при станине из электротехнической стали, покрытой алюминиевым сплавом - 82,3%.

Для визуальной оценки теплового состояния двигателя создана модель магнитной цепи в программе Elcut. Программа Elcut позволяет смоделировать нестационарное тепловое состояние электрической машины и предоставляет графическое изображение с возможностью точного определения температуры в каждой точке магнитной цепи, а так же строит зависимость температуры нагрева электродвигателя от времени.

Для построения модели необходимо построить чертеж, задать каждой части модели численные значения объемной мощности тепловыделения, удельную теплопроводность [3], удельную теплоемкость [4]. Затем задаются граничные условия и способы охлаждения. В качестве граничных условий указывается температура охлаждающего воздуха внутри машины и снаружи. Способом охлаждения наружной поверхности является конвекция, внутренней – конвекция с учетом коэффициентов теплоотдачи и скорости движения воздуха. После задания коэффициентов и численных значений накладывается расчетная сетка и выполняется автоматизированный расчет.

Результаты модели теплового состояния электродвигателя при первом варианте станины представлены на рис. 1, при втором варианте станины на рис. 2. Графики зависимости возрастания температуры электродвигателя от времени $T=f(t)$ представлены на рис. 3 и рис. 4 соответственно.

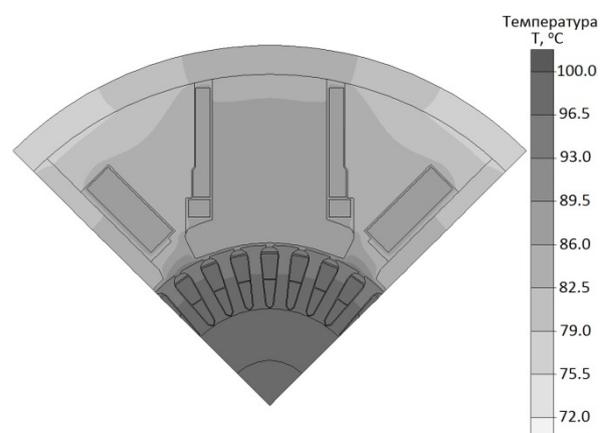


Рис. 1. Модель магнитной цепи электродвигателя при первом варианте станины в программе Elcut

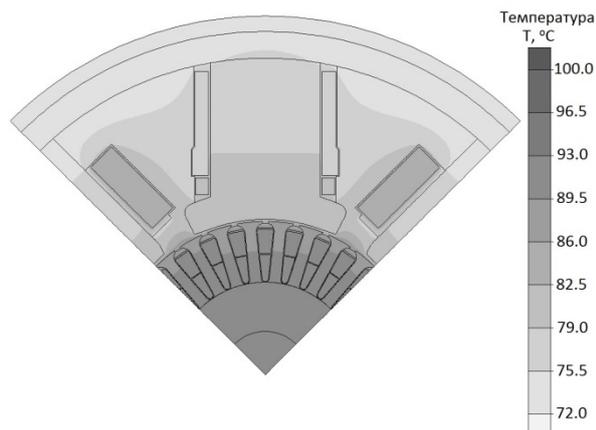


Рис. 2. Модель магнитной цепи электродвигателя при втором варианте станины в программе Elcut

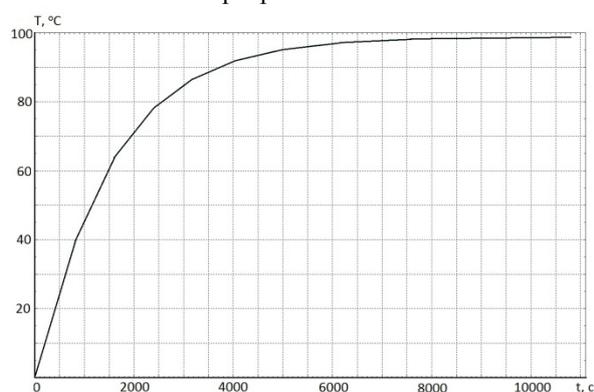


Рис. 3. График зависимости возрастания температуры от времени $T=f(t)$ электродвигателя при первом варианте станины в программе Elcut

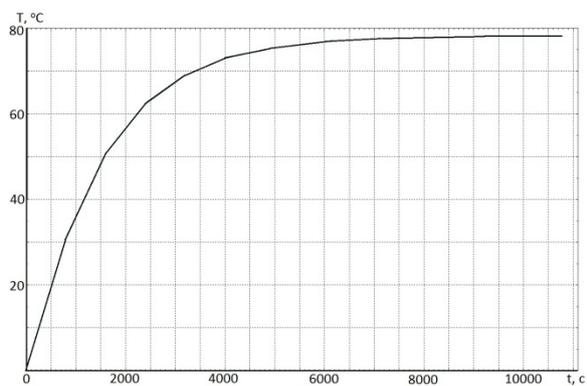


Рис. 4. График зависимости возрастания температуры от времени $T=f(t)$ электродвигателя при втором варианте станины в программе Elcut

Из полученных результатов, представленных на рис. 1-4, видно, что установившаяся температура электродвигателя со станиной из электротехнической стали, покрытой слоем алюминиевого сплава на 18 градусов ниже по сравнению с двигателем со стальной станиной, что является существенным при повышенных требованиях нагрева двигателя. Локальные значения температур представлены на рис. 1 и 2 с разбиением их на 10 оттенков серого, позволяя

наглядно оценить разницу нагрева отдельных частей. Результаты расчетов, выполненные в программе MathCAD, показывают, что температура охлаждающего воздуха внутри электродвигателя над температурой окружающей среды уменьшается с $7,5^{\circ}\text{C}$ до $7,0^{\circ}\text{C}$. Так же результаты расчеты показали, что среднее превышение температуры обмотки возбуждения машины над температурой окружающей среды снизилось с $70,4^{\circ}\text{C}$ до $48,4^{\circ}\text{C}$ и среднее превышение температуры обмотки добавочных полюсов над температурой охлаждающей среды уменьшилось с $69,2^{\circ}\text{C}$ до $68,3^{\circ}\text{C}$. Полученные значения характеризуют о снижении температуры внутри электродвигателя и как следствие уменьшение нагрева машины.

Таким образом, улучшить тепловое состояние электродвигателя для маслопрокачивающего насоса тепловоза можно за счет применения станины из электротехнической стали, покрытой слоем алюминия или запрессованной в алюминиевую трубу. Результатом улучшения является снижение установившейся температуры электродвигателя на 18°C , полученные результатом моделирования в программе Elcut, что влечет за собой повышение надежности изоляции и увеличения срока службы изделия. Следовательно, применение станины из электротехнической стали достигается снижение плотностей тока в обмотке возбуждения, стабилизирующей обмотке и обмотке добавочных полюсов позволяет при изменении параметров обмоток уменьшить массу меди, а значит и стоимость активных частей. Применением станины из электротехнической стали 2412 по сравнению со станиной из стали Ст3 позволяет увеличить КПД электродвигателя на 1,1%, что является экономически целесообразным при эксплуатации. Электродвигатель с улучшенными тепловыми характеристиками можно использовать в более суровых тепловых климатических условиях, например, в жарких странах или рядом с тепловыделяющими установками.

Список литературы:

1. Проектирование электрических машин: учебник для бакалавров/под ред. И. П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. -767 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.
2. Вольдек А. И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. Заведений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л, «Энергия», 1974, 840 с. с ил.
3. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. М.: Мир, 1968. - 464 с.
4. Е. М. Лифшиц Теплоёмкость // под. ред. А. М. Прохорова Физическая энциклопедия. — М.: «Советская энциклопедия», 1998. — Т. 2.