

УДК 629.42

В.И. НОСКОВ, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПИ", Харьков

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА

Разработана тепловая модель тягового двигателя тепловоза 2ТЭ116, построенная на основных принципах теории нагревания однородного твердого тела.

Полученная модель позволяет проводить исследования теплового состояния тягового двигателя для различных условий эксплуатации и создать систему регулируемого охлаждения. Ил.: 6. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: тепловая модель, тяговый двигатель, регулируемое охлаждение.

Постановка проблемы и анализ литературы. Необходимость создания тепловой модели для анализа процессов, протекающих в системе охлаждения тягового двигателя (ТД), обусловлена тем, что интенсивность теплоотдачи в основном зависит от номера позиции контроллера машиниста (КМ), а следовательно, и от потерь мощности в двигателе, и от скорости движения. Установлено, что необходимость в принудительном охлаждении ТД возникает в основном на высоких позициях КМ, или при длительном нахождении на средних позициях. Однако, большую часть времени тепловоз эксплуатируется либо в режиме холостого хода, или при низких позициях КМ. Проблемами математического моделирования тепловых процессов в электрических машинных занимались многие ученые: Алексеев А.Е., Данько В.Г., Иоффе А.Б., Космодамианский А.С., Костенко М.П., В.Д., Некрасов О.А., Рапопорт О.Л., Филиппов И.Ф., Щербаков В.В., Яковлев А.И. и др. [1 – 8]. В трудах этих ученых разработаны достоверные методы расчета тепловых полей в электрических машинах в установившихся и переходных режимах работы, позволяющие производить тепловые расчеты с высокой точностью. Тем не менее, использование на тепловозе предлагаемых моделей связано с определенными трудностями. Поэтому предложена к реализации упрощенная тепловая модель, учитывающая основные характеристики ТД и их условия эксплуатации.

Целью статьи является создание тепловой модели ТД, построенной на основных принципах теории нагревания однородного твердого тела.

Основной раздел. Тепловая энергия, выделяемая ТД, обусловлена различными потерями и вызывает нагревание частей двигателя. Интенсивность нагревания ТД зависит от количества выделяемой тепловой энергии за единицу времени, и характеризуется мощностью теплового потока и теплоемкостью. Мощность теплового потока

пропорциональна мощности двигателя. Интенсивность теплоотдачи обусловлена теплопроводностью самого двигателя и окружающей среды, теплорассеивающими способностями его поверхности, а также скоростью движения тепловоза. За счет теплоемкости ТД и незначительной доли пассивного охлаждения температура обмоток и корпуса ТД может существенно повышаться, что может привести к выходу из строя ТД. Как правило, температура окружающей среды ниже температуры ТД, однако теплоотдача, обусловленная процессами лучеиспускания и конвекции, в полной мере будет эффективна только при наличии принудительного охлаждения, как это реализовано в существующих конструкциях тепловозов.

При разработке математической модели были приняты допущения: тепловая энергия равномерно распределяется по всему объему ТД и рассеяние тепла происходит равномерно по всей поверхности двигателя.

Предположим, что в ТД, имеющем вначале процесса нагрева температуру окружающей среды, за единицу времени выделяется тепловая энергия A калорий, которую назовем тепловым потоком. Часть выделяемого тепла вызывает повышение температуры ТД, а остальная – рассеивается в окружающую среду. Рассеиваемое тепло определяется разностью температур и характеризуется общей теплоотдачей B двигателя. Обозначив теплоемкость двигателя C в кал/°С, как количество тепла, которое поглощается при его нагревании на 1°, а теплоотдачу B в кал/°С, как количество тепла, отдаваемого за единицу времени при разности температур двигателя τ и окружающей среды в 1°, можно представить тепловой процесс за время dt в виде уравнения теплового баланса

$$A dt = C d\tau + B \tau dt.$$

Левая часть представляет собой тепловую энергию, которая выделяется двигателем за бесконечно малый промежуток времени dt . Тепловой поток A кал/сек представляет собой мощность потерь в отдельных частях двигателя ΔP [Вт/сек], B [Вт/°С] и C [Вт·сек/°С] – соответственно теплоотдача и теплоемкость ТД.

Машинная модель строится на базе математической модели теплового баланса. На рис. 1 представлена структура машинной модели.

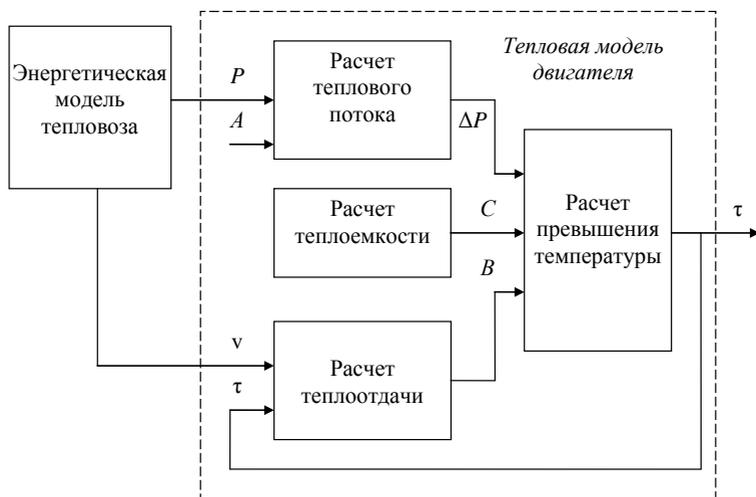


Рис. 1. Структурная схема машинной модели системы охлаждения ТД

Из уравнения теплового баланса тепловой поток Adt определяется потерями в ТД, для расчета которых используется сигнал активной мощности P , значение К.П.Д. двигателя и скорость движения тепловоза (v). В результате рассчитывается значение теплового потока ΔP [Вт]. Схема модели расчета теплового потока реализована в виде следующей цепи (рис. 2).

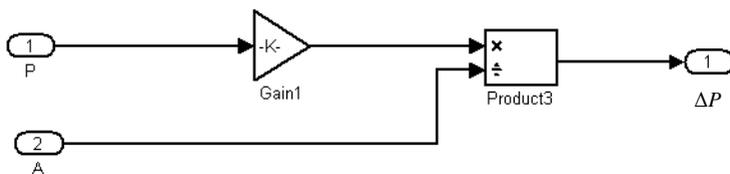


Рис. 2. Схема модели расчета теплового потока ΔP

Для расчета теплоемкости C используется общая масса двигателя и удельная теплоемкость составляющих материалов (медь и сталь) (рис. 3).

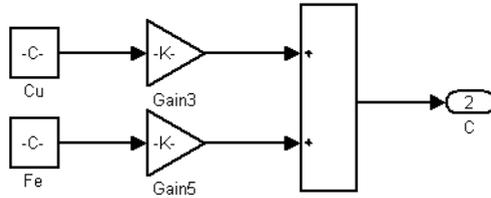


Рис. 3. Расчет теплоемкости C

Теплоотдача B определяется с учетом площади рассеивающей поверхности S , коэффициента теплорассеяния α и скорости тепловоза v . Фрагмент модели, реализующий расчет теплоотдачи, показан на рис. 4.

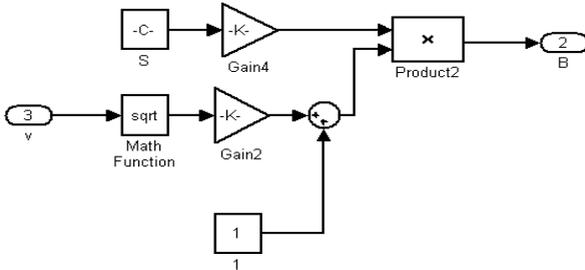


Рис. 4. Расчет теплоотдачи B

В результате разработана модель, которая показана на рис. 5, где приняты следующие обозначения: $T_0 = \tau_0$ – температура двигателя с учетом температуры окружающей среды, $T_d = \tau$ – температура двигателя.

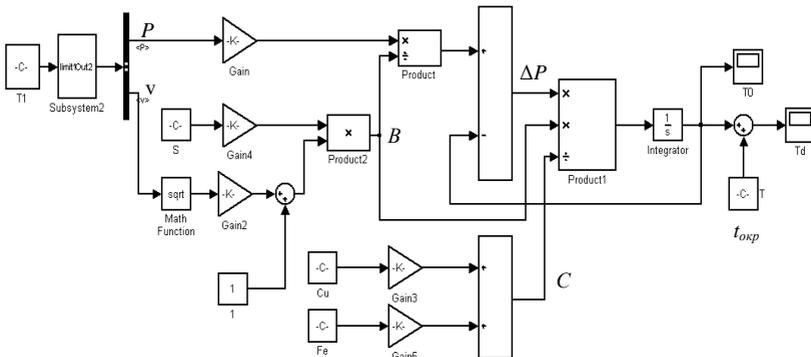


Рис. 5. Машинная тепловая модель двигателя

На рис. 6 приведены графики превышения температуры двигателя τ , и температуры двигателя τ_0 с учетом температуры окружающей среды $t_{\text{окр}} = 20^\circ\text{C}$ при отсутствии обдува двигателя.

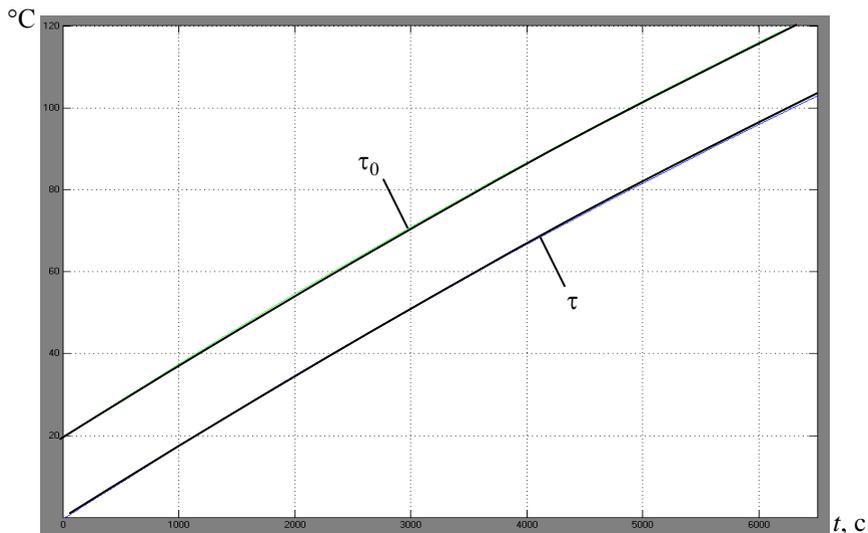


Рис. 6. Графики превышения температуры двигателя τ и температура двигателя τ_0 с учетом температуры окружающей среды без обдува двигателя

Выводы: с учетом проведенного анализа существующих систем охлаждения ТД и особенностей схемы охлаждения тепловоза 2ТЭ116 разработана математическая модель системы тепловоза. В основу разработки тепловой модели ТД тепловоза положена теория нагревания электрических машин, которая, в свою очередь, базируется на основных принципах теории нагревания однородного твердого тела.

На базе математической модели разработана машинная модель, построенная на основе модели теплового баланса. На полученной модели проведены исследования системы ТД тепловоза для различных режимов работы и температур окружающей среды. Даны рекомендации по созданию системы регулируемого охлаждения ТД тепловоза 2ТЭ116.

Список литературы: 1. Борисенко А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах // А.И. Борисенко, В.Г. Данько, А.И. Яковлев. – Л.: Энергия, 1974. – 560 с. 2. Алексеев А.Е. Тяговые электрические машины и преобразователи // А.Е. Алексеев. – Л.: Энергия, 1987. – 432 с. 3. Луков Н.М. Математическая модель системы охлаждения тяговых электрических машин локомотивов как объекта регулирования температуры / Н.М. Луков,

В.М. Попов, А.С. Космодамианский. – М.: РГОТУПС, 1998. – 16 с. Деп. в ВИНТИ 06.11.98, №3217 – В98. **4.** *Космодамианский А.С.* Теоретические основы и разработка систем регулирования температуры тяговых электрических машин локомотивов / *А.С. Космодамианский* / Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – М., 2002. – 285 с. **5.** *Некрасов О.А.* Взаимосвязь между условиями работы электроподвижного состава и нагреванием обмоток тяговых двигателей / *О.А. Некрасов* // Труды ВНИИ ж.-д. транспорта. – Вып. 576. – 1977. – С. 4 – 65. **6.** *Щербаков В.В.* Моделирование теплового состояния тягового электродвигателя для прогнозирования ресурса / *В.В. Щербаков, О.Л. Рапопорт, А.Б. Цукублин* // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – №7. – С. 156 – 159. **7.** *Филонов С.П.* Тепловоз 2Т116. Издание второе, переработанное и дополненное / *С.П. Филонов* и др. – М.: Транспорт, 1985. **8.** *Рутштейн А.М.* Опытный тепловоз ВЛ85 / *А.М. Рутштейн, А.А. Щупак, А.А. Бабин* // Электрическая и тепловая тяга. – 1991. – №1. – С. 38 – 40.

УДК 629.42

Тепловая модель тягового двигателя тепловозу / Носков В.І. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2012. – № 62 (968). – С. 142 – 147.

Розроблена теплова модель тягового двигуна тепловозу 2ТЕ116, яка побудована на основних принципах теорії нагрівання однорідного твердого тіла.

Отримана модель дозволяє проводити дослідження теплового стану тягового двигуна для різних умов експлуатації, та створити систему регульованого охолодження. Іл.: 6. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: теплова модель, тяговий двигун, регульоване охолодження.

UDC 629.42

Thermal model traction engine locomotive / Noskov V.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modeling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – № 62 (968). – P. 142 – 147.

Developed a thermal model of the locomotive traction motor 2TE116 based on core principles of the theory of heating a homogeneous solid.

The resulting model allows the study of the thermal state of the traction motor for a variety of operating conditions, and establish a system of regulated cooling. Figs.: 6. Refs.: 8 titles.

Keywords: thermal model, traction motor, controlled cooling.

Поступила в редакцію 12.12.2012