

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В СЛУЧАЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Шумяцкий В.М., Федоряк Р.В., Ревенко А.В.

Для определения требуемой мощности электродвигателя угольного комбайна необходимо определить температуры перегрева, составляющие его элементы, выявить среди них те, которые в наибольшей степени приближаются по перегревам к допустимым пределам, т.е. являются лимите-рами и по этому фактору определить способ расчета требуемой мощности.

При этом двигатель необходимо рассматривать как динамическую систему, состоящую из ряда тел (элементов), преобразующих случайную функцию электромагнитного момента  $[M_{эм}(t)]$  в другую случайную систему функций перегрева отдельных элементов  $[\tau_i(t)]$ , где первая является входом системы, а вторая – выходом. При этом следует учесть требуемую связь между величиной электромагнитного момента  $M_{эм}(t)$  и количеством тепла, выделяемого в каждом элементе, условия обмена теплом между элементами и окружающей средой, что возможно путем составления соответствующих дифференциальных уравнений.

Такую модель можно представить схемой рис.1.

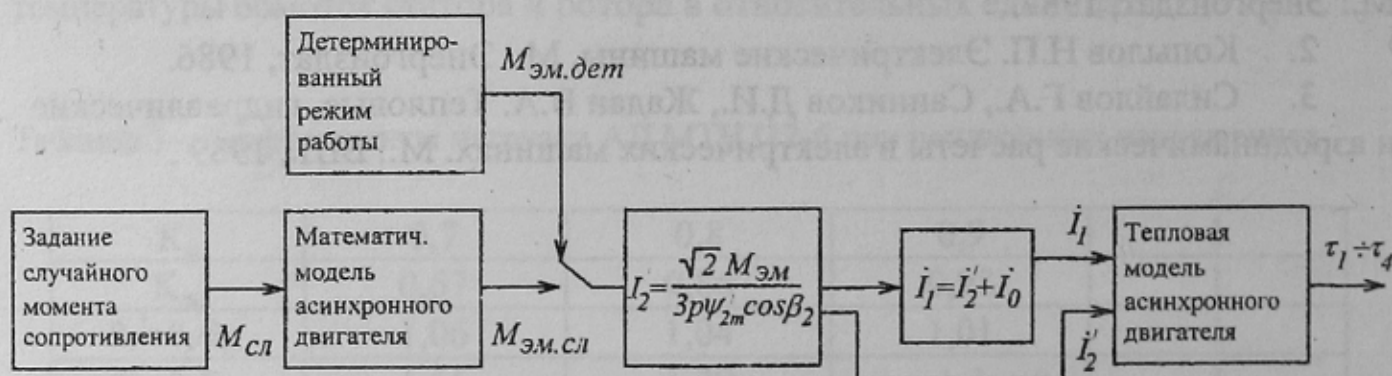


Рисунок 1 – Модель системы электропривода

Ее состав:

Блок Е – тепловая модель самого двигателя. Анализ возможных вариантов схем показал, что двигатель достаточно рассматривать как систему из 4-х тел. На вход ее подаются токи статора ( $I_1$ ) и ротора ( $I_2'$ ). Выходом является температура перегрева  $I_2'$ , соответственно:  $\tau_1$  – температура перегрева лобовой части обмотки статора;  $\tau_2$  – температура перегрева пазовой части обмотки статора;  $\tau_3$  – температура перегрева обмотки ротора;  $\tau_4$  – температура перегрева железа статора и корпуса.

Блок С — позволяет получать токи статора  $I_1$  и ротора  $I'_2$ . В него входят: Звено 1 преобразует электромагнитный момент двигателя  $M_{эм}(t)$  в  $I'_2(t)$

$$I'_2 = \frac{\sqrt{2}M_{эм}}{3p\psi'_{2m} \cos\beta_2}, \quad (1)$$

где  $M_{эм}$  — электромагнитный момент двигателя,

$p$  — число пар полюсов,

$\psi'_{2m}$  — потокосцепление вращающегося поля взаимной индукции с обмоткой ротора,

$\beta_2$  — угол между потоком ротора  $I'_2$  и ЭДС ротора  $E'_2$ .

Эти величины определяются по данным электромагнитного расчета двигателя

$$\psi'_{2m} = W_2 K_{02} \Phi_m,$$

где  $W_2$  — число витков обмотки фазы ротора, для асинхронного короткозамкнутого двигателя  $W_2=1$ ;

$K_{02}$  — обмоточный коэффициент для основной гармоники индукции ротора;

$\Phi_m$  — поток взаимоиндукции в зазоре, который можно определить:

$$\Phi_m = \frac{2}{\pi} \tau l_b B_m K,$$

где  $\tau$  — полюсное деление;

$l_b$  — расчетная длина машины;

$B_m$  — максимальная индукция в зазоре;

$K$  — коэффициент, учитывающий фактическое значение напряжения на зажимах двигателя;

Звено 2 позволяет определить значение тока статора  $I_1$ .

Блок В дает возможность проверки модели при подаче на нее детерминированного по значению и продолжительности включения электромагнитного момента  $M_{эм.дет.}$

Блок А дает возможность подавать на вход блока С изменяющийся по случайному закону электромагнитный момент  $M_{эм.сл.}$

При этом значение момента сил сопротивления формируется с учетом стохастического характера изменения самого момента и времени работы и пауз системы электропривода. С учетом всего сказанного, математическая модель имеет вид:

$$\left. \begin{aligned}
 I_2' &= \frac{\sqrt{2}M_{эм}}{3p\psi_{2m}' - \cos\beta_2}, \\
 i_1 &= i_2' + i_0, \\
 C_1 \frac{d\tau_1}{dt} + \tau_1 a_{11} - \tau_2 a_{12} - \tau_4 a_{14} &= P_1(t), \\
 C_2 \frac{d\tau_2}{dt} + \tau_2 a_{22} - \tau_3 a_{23} - \tau_1 a_{21} &= P_2(t), \\
 C_3 \frac{d\tau_3}{dt} + \tau_3 a_{33} - \tau_2 a_{32} - \tau_4 a_{34} &= P_3(t), \\
 C_4 \frac{d\tau_4}{dt} + \tau_4 a_{44} - \tau_1 a_{41} - \tau_3 a_{43} &= P_4(t).
 \end{aligned} \right\} (2)$$

Особенностью применяемой математической модели является то, что входными возмущениями при моделировании правой части системы уравнений, описывающих тепловое состояние самого двигателя является ток статора  $I_1$  и ротора  $I_2'$ . поэтому потери  $\tau_1(t) + \tau_4(t)$  выражаются через величины квадратов тока. Определение токов  $I_1$  и  $I_2'$  из решения системы уравнений, описывающих математическую модель системы "питающая сеть – двигатель" позволяет строить взаимную связь тепловых и электромагнитных переходных процессов при случайном характере режимов устойчивой работы.

Достоверность применяемой модели проверялась путем сравнения расчетных значений превышений температур и фактических значений, снятых при стендовых испытаниях на реальном двигателе (ЭДКО4 – 2М). Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения расчетных и фактических значений превышения температур

Параметры детерминированного режима работы	Превышение температуры ( $\tau^\circ$ ), С			Ошибка, %
		опыт	расчет	
$T_{\text{ч}} = 30$ мин $ПВ = 25\%$ $U_{\text{дв}} = 380$ В	обмотка статора	110°	107,3°	2,5

Близкая сходимость результатов моделирования и эксперимента в детерминированном режиме работы (ошибка составляет 2,5%) позволяет считать разработанную тепловую модель адекватной реальному двигателю. Это позволит использовать ее для расчета и анализа перегревов элементов тепловой схемы замещения двигателя в случайных режимах работы и решить задачу выбора мощности двигателя при работе в случайных режимах.