

О ЗАКОНЕ НАРАСТАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ СЕРИИ А02 ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Б. А. ИТКИН, Э. К. СТРЕЛЬБИЦКИЙ

(Рекомендована научным семинаром кафедр
электрических машин и общей электротехники)

Скорость нарастания температуры в обмотке статора асинхронного двигателя при заторможенном роторе — $T_v(t)_3$ является одной из основных характеристик машины. При оценках влияния износа двигателя от аварийных режимов и для правильного выбора защиты его необходимо также знать скорость нарастания температуры в обмотке статора при стоянке машины на двух фазах — $T_v(t)_2$.

В статье приводятся законы изменения $T_v(t)_3$ и $T_v(t)_2$ для наиболее распространенных двигателей новой серии А02-52-4; А02-42-4; А02-32-4 и А0Л2-11-4.

Обычно расчетное значение скорости нарастания температуры при заторможенном роторе определяется по известной формуле ВНИИЭМ

$$T_{v3} = \frac{\Delta^2}{200}, \quad (1)$$

где Δ — плотность тока в обмотке статора при коротком замыкании двигателя на 3 фазах.

Надо отметить, что в ряде случаев определенная по (1) T_{v3} не дает нужной точности при расчете превышения температуры в обмотке статора Θ при коротком замыкании

$$\Theta = T_{v3}t, \quad (2)$$

где t — продолжительность аварийного режима.

Формула (1) дает однозначное значение T_{v3} и получена исходя из предположения отсутствия теплоотдачи и неизменности величины тока за время короткого замыкания. Проведенные нами экспериментальные исследования нагрева асинхронных двигателей А02 при аварийных режимах показали, что в общем случае нельзя принимать допущение о неизменности скорости нарастания температуры в процессе всего короткого замыкания. При $t > 5-10$ секунд T_v уменьшается из-за увеличившейся теплоотдачи и уменьшения величины тока из-за увеличения омического сопротивления обмоток статора и ротора от нагрева.

Для опытного определения $T_v(t)_3$ и $T_v(t)_2$ была использована схема [1], которая позволяет производить измерение средней температуры обмотки без отключения электродвигателя от сети. Схема [1] была нами дополнена установкой гальванометров осциллографа Н700, что позволило производить непрерывную запись омического сопротивления. Математическая обработка данных осциллограмм показала, что

изменение превышения температуры при коротком замыкании можно представить полиномом 2-й степени от времени

$$\Theta = T_{v0}t - at^2 + \Theta_{\text{нач}}, \quad (3)$$

где T_{v0} — начальная скорость нарастания температуры;
 a — коэффициент уравнения (3);

$\Theta_{\text{нач}}$ — начальное превышение температуры обмотки статора.

Закон изменения скорости нарастания температуры находится дифференцированием (3)

$$T_v(t) = T_{v0} - 2at. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены значения T_{v0} и a при трех- и двухфазных коротких замыканиях как с холодного, так и с горячего состояний исследованных двигателей, полученные обработкой экспериментальных данных по методу наименьших квадратов.

Таблица 1

Тип двигателя	Вид к.з.	С холодного состояния			С горячего состояния		
		T_{v0} °C/сек.	a	$\Theta_{\text{нач}}$ °C	T_{v0} °C/сек.	a	$\Theta_{\text{нач}}$ °C
A02-52-4	3-ф.	6,2	0,0192	0,83	6,189	0,0125	41,6
	2-ф.	3,667	0,0048	4,6	3,554	0,0021	42,7
A02-42-4	3-ф.	5,863	0,0117	0	5,343	0,0076	43,9
	2-ф.	3,25	0,073	0	3,056	0,0074	51,6
A02-32-4	3-ф.	4,512	0,016	1,36	4,407	0,0193	48,4
	2-ф.	3,31	0,0151	0	3,278	0,0148	39,8
A012-11-4	3-ф.	3,975	0,0215	2,1	3,658	0,0197	49
	2-ф.	3,02	0,0137	0,42	2,545	0,0128	44,7

В случае отсутствия опытных данных значение T_{v0} приближенно определяется по (1).

Осциллографирование тока короткого замыкания и последующая обработка экспериментальных данных по методу наименьших квадратов показала, что изменение тока в процессе аварийного режима хорошо описывается уравнением

$$I(t) = I_{\text{нач}} - k_2 t + k_3 t^2, \quad (5)$$

где $I_{\text{нач}}$ — начальный ток короткого замыкания;

k_2, k_3 — коэффициенты уравнения (5).

В табл. 2 дается отношение k_2 и k_3 к начальному току для рассматриваемых двигателей при трех- и двухфазных коротких замыканиях.

Для трехфазного режима с холодного состояния приведены абсолютные значения токов, в остальных случаях дается их отношение к этому току.

Таблица 2

Тип двигателя	Вид к. з.	С холодного состояния			С горячего состояния		
		$I_{\text{нач}}$	$K_2 \cdot 10^{-2}$	$K_3 \cdot 10^{-4}$	$I_{\text{нач}}$	$K_2 \cdot 10^{-2}$	$K_3 \cdot 10^{-4}$
			$I_{\text{нач}}$	$I_{\text{нач}}$		$I_{\text{нач}}$	$I_{\text{нач}}$
A02-52-4	3-ф.	146, 17 а	0,629	0,54	0,956	0,452	0,107
	2-ф.	0,85	0,402	0,16	0,816	0,384	1,31
A02-42-4	3-ф.	85, 8 а	0,51	0,2575	0,957	1,03	1,84
	2-ф.	0,743	0,171	0,0879	0,693	0,232	0,121
A02-32-4	3-ф.	41, 48 а	0,559	0,335	0,895	0,447	0,243
	2-ф.	0,834	0,327	0,159	0,77	0,329	0,131
A0Л2-11-4	3-ф.	7,84 а	0,667	0,408	0,918	0,708	0,472
	2-ф.	0,866	0,529	0,323	0,774	0,429	0,198

Сравнение опытных данных и расчета превышения температуры при коротком замыкании по обычно применяемой формуле [2]

$$\Theta = (235 + \vartheta_{\text{н}}) (e^{K_1 \Delta t} - 1), \quad (6)$$

где $\vartheta_{\text{н}}$ — начальная температура обмотки,

$K_1 = 1,98 \cdot 10^{-5}$ (для обмоток из меди),

показало, что значения Θ по (6) при $t > 20$ секунд получаются завышенными на 10÷20%.

Выводы

1. Скорость нарастания температуры в обмотке статора асинхронного двигателя при заторможенном роторе на трех и двух фазах не остается постоянной и меняется по (4).

2. Полученные уравнения (3) и (5) с опытными значениями коэффициентов позволяют значительно повысить точность расчета превышения температуры, износа и выбора уставки срабатывания защиты при аварийных режимах двигателей новой серии A02.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Шарипов. Устройство для измерения омических сопротивлений обмоток электрических машин при наличии переменной э.д.с., сборник ЦИТЭИН, № Э-61-72/21, 1961.

2. Г. Готтер. Нагревание и охлаждение электрических машин, ГЭИ, 1961.