

РАССЕИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ОТ 1 до 70 вт

Б. И. БУРШТЕИН, О. П. МУРАВЛЕВ, Э. К. СТРЕЛЬБИЦКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Качество асинхронных электродвигателей малой мощности характеризуется точностью соблюдения следующих показателей: пускового и максимального моментов, пускового и номинального токов, к. п. д. и скорости вращения, которые мы в дальнейшем называем выходными параметрами. Рассеивание выходных параметров обусловлено колебаниями входных параметров: основных и локальных размеров машины, характеристик применяемых материалов (величина воздушного зазора, диаметр провода, удельное сопротивление материала обмоток и т. п.).

Для расчета влияния технологических погрешностей на рассеивание выходных параметров необходимо знать, с одной стороны, точностные характеристики основных технологических процессов изготовления электрических машин, а с другой — систему уравнений, связывающую отклонения входных и выходных параметров. В настоящей статье приводятся результаты исследования разброса параметров двигателей серии УАД мощностью от 1 до 70 вт. Количество машин каждого типоразмера — 12—30.

Необходимые уравнения для расчета допусков на входные и выходные параметры будут получены после уточнения методики расчета асинхронных двигателей малой мощности, погрешность расчета по которой в настоящее время составляет 30—50 проц. и более.

В табл. 1 и 2 представлены данные статистической обработки результатов типовых испытаний и сравнение их с заданными значениями по ТУ. Условные обозначения приведены в приложении 1.

Соотношение средних значений выходных параметров и заданных по ТУ очень различно для разных параметров и машин. В одних случаях, например, для пускового момента УАД-72 в однофазном режиме существует запас в 5,4 раза; в других — среднее значение очень близко к допустимому и велика вероятность появления брака (номинальный ток трехфазного режима УАД-52, ток короткого замыкания трехфазного режима УАД-42, к. п. д. однофазного режима УАД-42 и др.).

Параметры электрической машины зависят от ряда факторов, в том числе и случайных. В силу этого сами параметры имеют случайный характер, что обуславливает статистический подход к их определению.

На основании большого числа типовых и контрольных испытаний установлено, что все рассматриваемые нами входные и выходные параметры подчиняются нормальному закону распределения.

Таблица 1

Режим	Выходные параметры		Тип двигателя						
			УАД-12	УАД-22	УАД-32	УАД-42	УАД-52	УАД-62	УАД-72
Трехфазный	P_n , Вт		1,5	4,0	7,0	13	20	40	70
	M_n	ТУ >	2,5	2,0	2	2	2	1,5	1,5
	M_n	среднее	3,85	2,50	3,00	3,05	3,49	2,88	2,66
	M_m	ТУ >	2,5	2	2	2	2	1,5	1,5
	M_n	среднее	5,61	3,90	3,10	3,31	3,51	3,30	2,66
	η	ТУ >	0,14	0,28	0,30	0,45	0,55	0,60	0,65
	η	среднее	0,244	0,306	0,369	0,509	0,581	0,698	0,743
	I_n , а	ТУ <	0,055	0,10	0,10	0,16	0,16	0,25	0,40
	I_n , а	среднее	0,034	0,067	0,090	0,112	0,150	0,226	0,347
	n , $\frac{\text{об}}{\text{сек}}$	ТУ >	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
I_k	среднее	2753	2742	2738	2772	2794	2826	2807	
I_k	ТУ <	2	2	2,5	3,2	4,5	6,0	6,0	
I_n	среднее	1,51	1,70	2,01	2,95	3,52	4,63	5,01	
Однофазный	P_n , Вт		1,0	2,5	6,0	10	16	25	40
	M_n	ТУ >	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1
	M_n	среднее	2,33	1,40	1,36	0,69	0,56	0,70	0,54
	M_m	ТУ >	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	M_n	среднее	4,28	3,01	2,82	2,48	1,97	2,75	2,43
	η	ТУ >	0,10	0,20	0,25	0,44	0,50	0,54	0,60
	η	среднее	0,165	0,232	0,288	0,468	0,554	0,578	0,680
	I_n , а	ТУ <	0,055	0,060	0,11	0,13	0,19	0,30	0,42
	I_n , а	среднее	0,034	0,066	0,094	0,115	0,168	0,268	0,365
	n , $\frac{\text{об}}{\text{сек}}$	ТУ >	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
I_k	среднее	2797	2769	2808	2815	2796	2873	2858	
I_k	ТУ <	2	2	2,5	3,2	3,5	4,0	5,0	
I_n	среднее	1,41	1,51	1,65	2,45	2,76	3,10	3,73	

Разброс параметров будем оценивать с помощью половины поля рассеивания

$$\delta_i = \frac{300\sigma_i}{x_i} [\%], \quad (1)$$

где σ_i — среднеквадратическое отклонение;

Таблица 2

Значения половины поля рассеивания δ_i выходных параметров в процентах к среднему значению

Выходной параметр	Режим работы	
	трехфазный	однофазный
$\frac{M_{II}}{M_{II}}$	24,3 — 58,2	55,7 — 72,0
$\frac{M_{III}}{M_{II}}$	20,0 — 49,7	31,3 — 60,6
η	13,4 — 24,2	15,4 — 32,9
I_{II}	11,4 — 37,9	11,0 — 17,6
$\frac{I_{III}}{I_{II}}$	12,6 — 49,6	13,8 — 29,8
p_{II}	2,46 — 4,12	1,83 — 3,98

\bar{x}_i — среднее значение рассматриваемого параметра.

Величины σ_i и \bar{x}_i определяются при статистической обработке результатов испытаний.

Как видно из табл. 2, при однофазном режиме разброс $\frac{M_{II}}{M_{II}}$, $\frac{M_{III}}{M_{II}}$ и η превышает разброс этих же величин при трехфазном режиме, т. е. эти характеристики для однофазного режима асинхронного двигателя более чувствительны к отклонениям технологического процесса.

Сравнение разброса выходных параметров двигателей малой мощности с разбросом аналогичных параметров асинхронных короткозамкнутых двигателей мощностью от 0,6 до 10 квт [1] показывает, что первые имеют значительно больший разброс — в 1,5—4 раза.

Разброс входных параметров для серии УАД был определен по методике [1], а для воздушного зазора — рассчитан по допустимым отклонениям на обработку ротора и статора:

$\delta_{w_1} = 0—4,0\%$; $\delta_{I_m} = 0,44—0,52\%$; $\delta_{I_1} = 4,80—0,071_1$; $\delta_{I_2} = 3,48—0,0529I_2$;

где I_1 и I_2 в мм для пределов изменения 20—60 мм.

$\delta_{\phi} = 19—26\%$; $\delta_{\phi_{A1}} = 20—40\%$; $\delta_{z_2} = 0$

Отклонение диаметра провода определяется по ГОСТу.

Разброс входных параметров рассматриваемых асинхронных микродвигателей практически такой же, как и у серийных асинхронных двигателей мощностью 0,6—10 квт. С другой стороны, разброс выходных параметров значительно больше у микродвигателей. Это можно объяснить или тем, что асинхронные микродвигатели более чувствительны к отклонениям входных параметров или мы не учитываем ряд специфических факторов для этих машин. Оценить доленое влияние каждого входного параметра на выходные можно с помощью коэффициентов влияния входных параметров на выходные, как это сделано для серийных асинхронных двигателей малой и средней мощности [2], но для этого необходимо иметь достаточно точную методику расчета параметров асинхронных микродвигателей. Поэтому создание такой методики расчета асинхронных микродвигателей является первоочередной задачей, без решения которой нельзя разработать методику

расчета допусков на входные и выходные параметры и наметить рекомендации по уменьшению разброса выходных параметров.

Выводы

1. Разброс выходных параметров рассматриваемых асинхронных микродвигателей мощностью от 1 до 70 Вт больше, чем асинхронных двигателей мощностью 0,6—10 кВт при практически одинаковом разбросе входных параметров.

2. Уменьшение поля рассеивания выходных параметров целесообразно с точки зрения повышения качества асинхронных микродвигателей и приближения средних значений параметров к допустимым, что обещает большую экономию активных и конструктивных материалов при массовом производстве асинхронных микродвигателей. Решению этой задачи должна предшествовать работа по уточнению методики расчета асинхронных микродвигателей, которая в настоящее время проводится.

Приложение 1

Условные обозначения

P_n — номинальная мощность;
 M_n — номинальный момент;
 $M_{п}$ — пусковой момент;
 M_m — максимальный момент;
 I_n — номинальный ток;
 I_k — ток короткого замыкания;
 n_n — номинальная скорость вращения;
 η — коэффициент полезного действия;
 δ_i — половина поля рассеивания i -го параметра;
 w_1 — число витков обмотки статора;
 $d_{пр}$ — диаметр провода обмотки статора;
 l_m — средняя длина витка обмотки статора;
 δ — величина воздушного зазора;
 $\rho_{ле}$ — удельное сопротивление алюминия обмотки ротора;
 l_1 — длина статора;
 l_2 — длина ротора;
 Z_2 — число стержней ротора.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. П. Муравлев. Исследование влияния точностных характеристик техпроцесса на качество и надежность асинхронных электродвигателей. Диссертация, Томск, 1966.
2. О. П. Муравлев, Э. К. Стрельбицкий. Обеспечение необходимой точности при производстве асинхронных двигателей, «Электротехника», 1966, № 7.