

Практическая работа № 6

Определение расчетных, эксплуатационных параметров асинхронных двигателей при решении задач

1 Цель работы: освоить методы расчета параметров асинхронных двигателей

2 Оснащение рабочего места:

- методические указания для проведения практических работ;
- калькулятор

3 Краткие теоретические сведения:

Асинхронные машины в основном используются как двигатели, но могут работать в режиме генератора и электромагнитного тормоза.

Различают асинхронные машины двух разновидностей: с короткозамкнутым ротором (наиболее широко распространены); с фазным ротором (сложнее по конструкции и не так часто применяются).

Принцип действия асинхронного двигателя. При подаче напряжения U_1 на обмотку статора в ней начинает протекать ток I_1 , который создает вращающийся магнитный поток Φ_1 . Часто его называют вращающимся магнитным полем, а частоту его вращения - синхронной частотой вращения n_1 . Если частота вращения поля не равна частоте вращения ротора n_2 , магнитные силовые линии пересекают витки обмотки ротора и наводят в них ЭДС E_2 . Так как обмотка ротора замкнута, ЭДС E_2 создает в ней ток ротора I_2 . При взаимодействии тока ротора с вращающимся магнитным полем создается вращающий момент M . Если же частоты вращения поля и ротора одинаковы, ЭДС E_2 не наводится и, следовательно, нет тока I_2 и вращающего момента. Отсюда, непременным условием работы двигателя является неравенство частот вращения магнитного поля статора и самого ротора. Из-за этого условия двигатель называется асинхронным.

Направление момента вращения определяется по правилу левой руки. Для того чтобы изменить направление вращения, необходимо изменить направление вращающегося магнитного поля статора. А для этого надо изменить чередование фаз сетевого напряжения.

Асинхронные двигатели являются основным типом электрических двигателей, применяемых в современных технологических процессах. Электротехническая промышленность выпускает асинхронные двигатели в большом диапазоне мощностей - от нескольких десятков мегаватт, до нескольких ватт.

4 Основные формулы:

Частота вращения магнитного поля статора, об/мин:

$$n_1 = 60 * f_1 / p,$$

где p - число пар полюсов.

Частота вращения ротора, об/мин:

$$n_2 = n_1 * (1 - s)$$

Скольжение:

$$s = (n_1 - n_2) / n_1,$$

ЭДС обмотки статора, В:

$$E_{1\phi} = 4,44 * \Phi * f_1 * w_1 * k_{об1},$$

где Φ - основной магнитный поток, Вб;

w_1 - число последовательно соединенных витков в обмотке статора;

$k_{об1}$ - обмоточный коэффициент.

ЭДС обмотки ротора при номинальной частоте вращения:

$$E_{2s} = 4,44 * \Phi * f_1 * s_{ном} * w_2 * k_{об2} = E_2 * s,$$

где w_2 - число витков в обмотке ротора (для к.з. ротора $w_2 = 0,5$);

$k_{об2}$ - обмоточный коэффициент (для к.з. ротора $k_{об2} = 1$).

ЭДС обмотки неподвижного ротора:

$$E_2 = 4,44 * \Phi * f_1 * w_2 * k_{об2}$$

Частота ЭДС ротора, Гц:

$$f_2 = f_1 * s$$

Полезный момент на валу двигателя при номинальной нагрузке, Н*м:

$$M_{2ном} = 9,55 * P_{ном} / n_2$$

Электромагнитный момент:

$$M_{эм} = P_{эм} / \omega_1,$$

где ω_1 - угловая синхронная скорость вращения, рад/с:

$$\omega_1 = 2\pi * n_1 / 60 = 2\pi * f_1 / p$$

Мощность, потребляемая из сети при номинальной нагрузке, Вт:

$$P_{1ном} = m_1 * U_{1ном} * I_1 * \cos \varphi_{1ном}$$

где m_1 - число фаз обмотки статора;

$\cos \varphi_1$ - коэффициент мощности.

Полезная мощность АД:

$$P_2 = 0,105 * M_2 * n_2$$

Электрические потери в обмотках статора и ротора, Вт:

$$P_{\Sigma 1} = m_1 * I_1^2 * r_1; \quad P_{\Sigma 2} = m_2 * I_2^2 * r_2 = s_{ном} * P_{эм}$$

Номинальное значение электромагнитной мощности, Вт:

$$P_{эм} = 0,105 * M_{ном} * n_1$$

Добавочные потери, Вт:

$$P_{доб} = 0,005 * P_1$$

5 Порядок выполнения работы:

5.1 Изучить краткие теоретические сведения, изложенные в п. 3.

5.2 Изучить основные формулы, изложенные в п. 4.

5.3 Рассчитать параметры асинхронных двигателей в соответствии со своим вариантом (см. таблицу 6.1), используя формулы изложенные в п. 4., и примеры решения задач.

Таблица 6.1 - Варианты для решения задач

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
№ задач	1;2;4;6;10	1;3;5;7;10	1;4;6;9;10	1;5;7;6;10	1;6;8;7;10	1;7;9;8;10	1;8;2;9;10	1;9;3;2;10	1;2;5;3;10	1;3;6;4;10	1;4;7;5;10	1;5;8;6;10	1;6;9;7;10	1;7;2;8;10	1;8;3;9;10	

Задачу №1 - не учитывать специальности 2-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»

Задачи:

Задача 1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором работает от сети переменного тока напряжением $U_n=380\text{В}$ частотой $f_1=50\text{Гц}$. При номинальной нагрузке ротор двигателя вращается с частотой $n_{ном}$; перегрузочная способность двигателя λ_M а кратность пускового момента $M_p/M_{ном}$ (см. таблицу 6.2). Рассчитать значения параметров и построить механическую характеристику двигателя в относительных единицах $M^*=f(s)$, если электромагнитная мощность в режиме номинальной нагрузки равна $P_{эм}$. Определить при каком снижении напряжения двигатель утратит перегрузочную способность.

Таблица 6.2 - Варианты для задачи 1

Параметры	Вариант															
	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_{эм}$, кВт	7,5	15	11	4,0	15	1,1	30	3,0	7,5	37	15	4,0	1,1	3,0	37	2
n , об/мин	1440	2940	960	1420	720	2920	580	1430	730	575	2940	1420	2920	1430	575	1465
λ_M	2,2	1,9	2,0	2,2	2,0	1,9	1,8	2,2	1,7	1,8	1,9	2,2	1,9	2,2	1,8	2,3
$M_p/M_{ном}$	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	1,2	1,4	1,0	0,9	1,0	1,4	1,0	1,2	1,0	1,0	2
$2p$	4	2	6	4	8	2	10	4	8	10	2	4	2	4	10	4

Решение варианта *:

Расчет ведем в относительных единицах по упрощенной формуле

$$M^* = 2 / [(s/s_{кр}) + (s_{кр}/s)],$$

где $M^* = M/M_{ном}$ - относительное значение электромагнитного момента.

1 Находим номинальное скольжение:

$$s_{н} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04$$

2 Находим критическое скольжение:

$$S\ddot{\theta} = S\ddot{\omega} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,04 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,17$$

3 Рассчитаем относительные значения момента при скольжениях: $s_{ном}=0,04$; $s_{сп}=0,17$; $s=0,2$; $s=0,5$; $s=0,8$; $s=1$

$$M^*_{ном} = 2 / [(s/s_{сп}) + (s_{сп}/s)] = 2 / [(0,04/0,17) + (0,17/0,04)] = 0,45$$

$$M^*_{сп} = 2 / [(0,17/0,17) + (0,17/0,17)] = 1$$

$$M^*_{0,2} = 2 / [(0,2/0,17) + (0,17/0,2)] = 0,98$$

$$M^*_{0,5} = 2 / [(0,5/0,17) + (0,17/0,5)] = 0,61$$

$$M^*_{0,8} = 2 / [(0,8/0,17) + (0,17/0,8)] = 0,4$$

$$M^*_{1} = 2 / [(1/0,17) + (0,17/1)] = 0,32$$

Таблица 6.3 - Результаты вычислений

Параметр	Значения параметров					
	0,04	0,17	0,2	0,5	0,8	1,0
M^*	0,45	1,0	0,98	0,61	0,4	0,32
$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	47,7	105	103	64	42	66,8

4 Результаты расчета приведены в таблице 6.3. По полученным данным рассчитаны фактические значения момента и построена механическая характеристика $M^* = f(s)$ двигателя (рисунок 6.1).

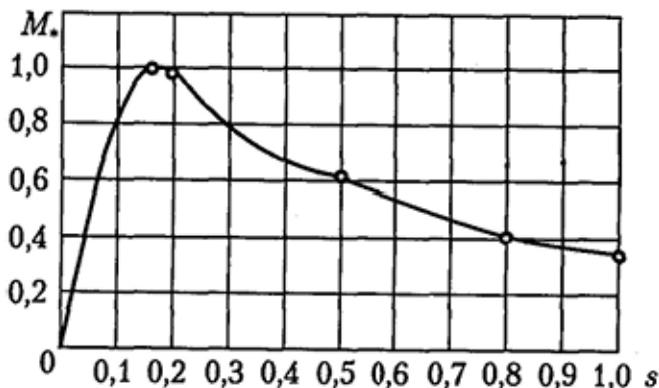


Рисунок 6.1 - Механическая характеристика АД

В связи с тем, что приближенная формула относительного значения момента при больших скольжениях дает заметную ошибку, величину пускового момента, соответствующую скольжению $s = 1,0$, определим по номинальному значению момента

$$M_{ном} = 9,55 P_{эм} / n_1 = 9,55 \cdot 7500 / 1500 = 47,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Следовательно,

$$M_{п} = M_{ном} \cdot 1,4 = 47,7 \cdot 1,4 = 66,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Относительное значение пускового момента

$$M_{п*} = M_{п}/M_{ном} = 66,8/105 = 0,63,$$

где максимальное значение момента

$$M_{ном} = M_{ном} * \lambda_{м} = 47,7 \cdot 2,2 = 105 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5 Известно, что величина электромагнитного момента прямо пропорциональна U_1^2 . Поэтому при кратности пускового момента $M_{п}/M_{ном}=1,4$ пусковой момент окажется равным номинальному, если напряжение питания уменьшится до значения

$$U'_{1r} = U_{1r} / \sqrt{1,4} = 380/1,18 = 322 \text{ В}$$

В итоге даже незначительное дальнейшее снижение напряжения приведет к тому, что при номинальном нагрузочном моменте на валу двигателя пуск не произойдет. Что же касается перегрузочной способности двигателя, то, учитывая, что $\lambda_{м} = 2,2$, она будет утрачена при уменьшении напряжения сети до величины

$$U'_1 = \frac{U_1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{380}{\sqrt{2,2}} = 257 \text{ В}.$$

Задача 2

Определить ЭДС, наведенную в фазе статора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (E_1), фазную ЭДС в обмотке неподвижного (E_2) и вращающегося (E_{2s}) ротора, если $w_1=400$; $f=50$ Гц; $\Phi=0,01$ Вб; $n_r=1460$ об/мин; $w_2=0,5$; $K_{об1}=0,93$; $K_{об2}=1$.

Задача 3

Асинхронный двигатель имеет следующие параметры $P_{н}=22$ кВт; КПД=91 %; $M_{п}/M_{н}=1,9$ Н*м; $S=0,04$; $2p=2$. Определить потребляемую мощность, номинальный и пусковой моменты?

Задача 4

Определить номинальную мощность асинхронного двигателя, номинальный и пусковой токи если $I_1=60$ А; $U_{н}=380$ В; $\cos \varphi=0,82$; КПД=90 %; $I_{п}/I_{н}=7$.

Задача 5

Асинхронный двигатель развивает электромагнитную мощность $P_{эм}=15$ кВт при $s=0,04$; $2p=2$. Определить потери в меди ротора, электромагнитный момент и механическую мощность двигателя?

Задача 6

Определить переменные потери в асинхронном двигателе, при: $P_{н}=22$ кВт; $U_{н}=380$ В; КПД=92 %; $\cos \varphi = 0,83$ в номинальном режиме, если $R_1=0,09$ Ом; $R_2=2R_1$.

Решение варианта *:

1 ЭДС обмотки статора:

$$E1\phi = 4,44 * \Phi * f1 * w1 * k = 4,44 * 0,028 * 50 * 18 * 0,95 = 106,294 \text{ В}$$

2 ЭДС обмотки ротора при номинальной частоте вращения

$$E2s = 4,44 * \Phi * f1 * S_{ном} * w2 * k_{062} = 4,44 * 0,028 * 50 * 0,04 * 0,5 * 1 = 0,124 \text{ В.}$$

3 ЭДС обмотки неподвижного ротора:

$$E2 = \frac{E2s}{S_{ii}} = \frac{0,12}{0,04} = 3,108 \text{ В}$$

4 Частота ЭДС ротора при номинальном скольжении:

$$f2 = f1 * S_{ном} = 50 * 0,04 = 2 \text{ Гц.}$$

5 Синхронная частота, вращения:

$$n1 = \frac{f1 * 60}{p} = \frac{50 * 60}{2} = 1500 \text{ об/мин}$$

6 Номинальная частота вращения ротора:

$$n_{ном} = n1 * (1 - S_{ном}) = 1500 * (1 - 0,04) = 1440 \text{ об/мин}$$

5.4 Оформить отчет.

5.5 Сделать вывод по работе.

6 Содержание отчета:

6.1 Название и цель работы.

6.2 Краткие теоретические сведения.

6.3 Расчеты параметров асинхронных двигателей.

6.4 Ответы на контрольные вопросы.

6.5 Вывод по работе.

7 Контрольные вопросы:

7.1 Объясните, что такое свойство обратимости асинхронной машины.

7.2 Поясните, чем отличается асинхронный двигатель с фазным ротором от асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

7.3 Охарактеризуйте режимы работы асинхронной машины.

7.4 Назовите условие устойчивой работы асинхронного двигателя.

7.5 Поясните, как изменяется максимальный момент асинхронного двигателя при падении напряжения сети.

7.6 Поясните, как изменяется пусковой момент асинхронного двигателя при увеличении активного сопротивления обмотки ротора.

Литература

1. Кацман М. М. Электрические машины: Учеб. для студентов средн. проф. учебных заведений. – 3-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2001.- 463 с.: ил.
2. Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д. Электрические машины.- Мн.: Дизайн ПРО, 2000.- 256с.: ил.
3. Кацман М. М. Сборник задач по электрическим машинам: Учеб. для студ. учреждений сред. проф. образованию.-М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 160с.