

Механическая характеристика асинхронного двигателя

Задача 3.12. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии А2, работающий от сети частотой 50 Гц напряжением 380 В при соединении обмотки статора «звездой», имеет номинальные параметры, приведенные в табл. 3.14: полезная мощность $P_{ном}$, частота вращения $n_{ном}$, КПД $\eta_{ном}$, коэффициент мощности $\cos \varphi_{1ном}$; кратность пускового тока $I_{п} / I_{ном}$, кратности пускового $M_{п} / M_{ном}$ и максимального $M_{max} / M_{ном}$ моментов; активное сопротивление фазной обмотки статора при температуре 20 °С $r_{1,20}$. Требуется рассчитать параметры и построить механическую характеристику двигателя $n_2 = f(M)$. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания принять равным

$$\cos \varphi_k = 0,5 \cos \varphi_{1ном}$$

Решение варианта с двигателем А2-71-4.

1. Потребляемая двигателем мощность в режиме номинальной нагрузки

$$P_{1ном} = P_{ном} / \eta_{ном} = 22 / 0,9 = 24,4 \text{ кВт.}$$

Таблица 3.14

Тип двигателя	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	$\eta_{ном}$, %	$\cos \varphi_{1ном}$	$I_{п} / I_{ном}$	$\frac{M_{п}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$r_{1,20}$, Ом при 20 °С
А2-61-2	17	2900	88,0	0,88	7	1,2	2,2	0,1900
А2-62-2	22	2900	89,0	0,88	7	1,1	2,2	0,1540
А2-71-2	30	2900	90,0	0,90	7	1,1	2,2	0,1170
А2-72-2	40	2900	90,5	0,90	7	1,0	2,2	0,0770
А2-81-2	55	2900	91,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0540
А2-82-2	75	2900	92,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0347
А2-91-2	100	2920	93,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0209
А2-92-2	125	2920	94,0	0,90	7	1,0	2,2	0,0144
А2-61-4	13	1450	88,5	0,88	7	1,3	2,0	0,2700
А2-62-4	17	1450	89,5	0,88	7	1,3	2,0	0,1890
А2-71-4	22	1455	90,0	0,88	7	1,2	2,0	0,1700

2. Потребляемый двигателем ток в режиме номинальной нагрузки

$$I_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / (3 U_1 \cos \varphi_{1\text{ном}}) = \\ = 24\,400 / (3 \cdot 220 \cdot 0,88) = 42 \text{ А.}$$

3. Пусковой ток двигателя

$$I_{\text{п}} = I_{\text{ном}} (I_{\text{п}} / I_{\text{ном}}) = 42 \cdot 7 = 294 \text{ А.}$$

4. Сопротивление короткого замыкания двигателя

$$Z_{\text{к}} = U_1 / I_{\text{п}} = 220 / 294 = 0,75 \text{ Ом.}$$

5. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания

$$\cos \varphi_{\text{к}} = 0,5 \cdot 0,88 = 0,44; \sin \varphi_{\text{к}} = 0,895.$$

6. Активная и индуктивная составляющие сопротивления короткого замыкания

$$x_{\text{к}} = Z_{\text{к}} \sin \varphi_{\text{к}} = 0,75 \cdot 0,895 = 0,67 \text{ Ом;}$$

$$r_{\text{к}} = Z_{\text{к}} \cos \varphi_{\text{к}} = 0,75 \cdot 0,44 = 0,33 \text{ Ом.}$$

7. Сопротивление фазной обмотки статора при рабочей температуре

$$r_1 = r_{1,20} [1 + \alpha(\theta_{\text{раб}} - 20)] = 0,17 [1 + 0,004(75 - 20)] = 0,21 \text{ Ом,}$$

где $\theta_{\text{раб}} = 75^\circ\text{C}$ — рабочая температура; $\alpha = 0,004$ — температурный коэффициент сопротивления меди.

8. Скольжение в режиме номинальной нагрузки

$$s_{\text{ном}} = (n_1 - n_{\text{ном}}) / n_{\text{ном}} = (1500 - 1455) / 1500 = 0,03.$$

9. Приведенное значение активного сопротивления фазы обмотки ротора

$$r'_2 = r_{\text{к}} - r_1 = 0,33 - 0,21 = 0,12 \text{ Ом.}$$

10. Номинальное значение электромагнитного момента определяем по формуле

$$M = \frac{m_1 U_1^2 r'_2 p}{2\pi f_1 s_{\text{ном}} \left[\left(r_1 + r'_2 / s_{\text{ном}} \right)^2 + x_{\text{к}}^2 \right]} = \\ = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,12 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,03 \left[(0,21 + 0,12 / 0,03)^2 + 0,67^2 \right]} = 204 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

11. Максимальный момент

$$M_{\text{max}} = 204 \cdot 2 = 408 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

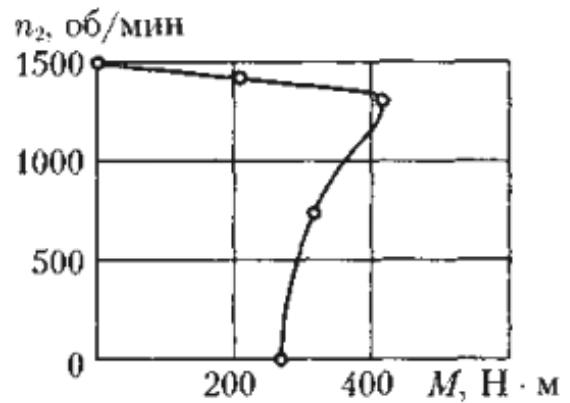


Рис. 3.9. Механическая характеристика асинхронного двигателя

12. Пусковой момент

$$M_{\Pi} = 204 \cdot 1,2 = 245 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

13. Критическое скольжение

$$\begin{aligned} s_{\text{кр}} &= s_{\text{ном}} \left[M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} + \sqrt{(M_{\text{max}} / M_{\text{ном}})^2 - 1} \right] = \\ &= 0,03 \left[2 + \sqrt{2^2 - 1} \right] = 0,11. \end{aligned}$$

14. Момент при скольжении $s = 0,5$

$$\begin{aligned} M &= \frac{m_1 U_1^2 r_2' p}{2\pi f_1 s \left[(r_1 + r_2'/s)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,12 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 \left[(0,21 + 0,12/0,5)^2 + 0,69^2 \right]} = 341 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

15. Рассчитав частоту вращения по формуле

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

получаем результаты расчета параметров для построения механической характеристики двигателя:

Скольжение	0	0,03	0,11	0,5	1,0
Частота вращения, об/мин	1500	1455	1335	750	0
Момент, Н · м	0	204	410	341	245

16. По полученным данным строим механическую характеристику $n_2 = f(M)$, представленную на рис. 3.9.