

Круговая диаграмма асинхронного двигателя

Задача 3.16. Построить упрощенную круговую диаграмму трехфазного асинхронного двигателя и определить параметры, соответствующие его номинальному режиму работы. Необходимые для построения диаграммы данные приведены в табл. 3.18: номинальная мощность $P_{\text{ном}}$; напряжение на обмотке статора (фазное) $U_{1\text{ф}}$; номинальный ток статора (фазный) $I_{1\text{ф}}$; число полюсов $2p$; активное сопротивление фазной обмотки статора при рабочей температуре r_1 ; ток

Таблица 3.18

Параметр	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$P_{\text{ном}}$, кВт	3,0	12	70	22	250	16
$U_{1\text{ф}}$, В	220	220	220	220	1730	220
$I_{1\text{ф}}$, А	6,3	25	190	54	60	40
$2p$	4	4	4	8	6	8
r_1 , Ом	1,7	0,32	0,035	0,15	0,68	0,15
$I_{0\text{ф}}$, А	1,83	9,7	55	32,8	17,5	9,6
P_0 , Вт	300	565	6500	1340	10 750	950
P'_0 , Вт	283	475	6180	1120	10 125	890
$P_{\text{мех}}$, Вт	200	250	600	370	1350	270
$\cos \varphi_0$	0,24	0,10	0,20	0,064	0,12	0,15
$P_{\text{к}}$, Вт	418	1780	9500	2360	12 160	1740
$U_{\text{к.ф}}$, В	59,5	57,8	58,0	44,0	360	42,0
$\cos \varphi_{\text{к}}$	0,37	0,34	0,30	0,33	0,25	0,34

холостого хода (фазный) $I_{0\text{ф}}$; мощность холостого хода P_0 ; мощность идеального холостого хода $P'_0 = P_0 - 3I_{0\text{ф}}r_1$; механические потери $P_{\text{мех}}$; коэффициент мощности холостого хода $\cos \varphi_0$; мощность короткого замыкания $P_{\text{к}}$; напряжение короткого замыкания (фазное) $U_{\text{к}}$; коэффициент мощности короткого замыкания $\cos \varphi_{\text{к}}$; частота тока 50 Гц.

Решение варианта 1.

1. Углы фазового сдвига токов холостого хода $I_{0\text{ф}}$ и короткого замыкания $I_{1\text{к}}$ относительно напряжения $U_{1\text{ф}}$ (рис. 3.11):

$$\varphi_0 = \arccos 0,24 = 76^\circ;$$

$$\varphi_{\text{к}} = \arccos 0,37 = 68^\circ.$$

2. Ток короткого замыкания (фазный), приведенный к номинальному напряжению,

$$I_{1к} = I_{1ф}(U_{1ф}/U_{к,ф}) = 6,3(220/59,5) = 23 \text{ А.}$$

3. Принимаем масштаб тока исходя из размеров листа бумаги, на котором предполагается построение диаграммы; например, если применяется лист форматом А4 (210 × 297 мм), то масштаб тока $m_i = 0,1 \text{ А/мм}$.

4. Длина векторов тока:
тока холостого хода

$$\overline{OH} = I_{0ф} / m_i = 1,83 / 0,1 = 18,3 \text{ мм;}$$

номинального тока статора

$$\overline{OD}_1 = I_{1ф} / m_i = 6,3 / 0,1 = 63 \text{ мм;}$$

тока короткого замыкания

$$\overline{OK} = I_{1к} / m_i = 23 / 0,1 = 230 \text{ мм.}$$

5. Масштабы мощности и момента

$$m_p = m_1 U_{1ф} m_i = 3 \cdot 220 \cdot 0,1 = 66 \text{ Вт/мм;}$$

$$m_{\text{м}} = 9,55 m_p / n_1 = 9,55 \cdot 66 / 1500 = 0,42 \text{ Н} \cdot \text{м/мм.}$$

6. На оси ординат из точки O строим вектор напряжения $U_{1ф}$ произвольной длины и под углом φ_0 к оси ординат строим вектор тока холостого хода $\overline{OH} = 18,3 \text{ мм}$ и под углом φ_k строим вектор тока короткого замыкания $\overline{OK} = 230 \text{ мм}$.

7. Из точки H параллельно оси абсцисс проводим прямую, на которой откладываем отрезок \overline{HC} , равный диаметру окружности токов

$$D_c = (U_{1ф}/x_k) / m_i = (220/8,78) / 0,1 = 250 \text{ мм,}$$

где

$$x_k = z_k \sin \varphi_k = (U_{к,ф}/I_{1ф}) \sin \varphi_k = (59,5/6,3) 0,93 = 8,78 \text{ Ом.}$$

Здесь $\sin \varphi_k = 0,93$.

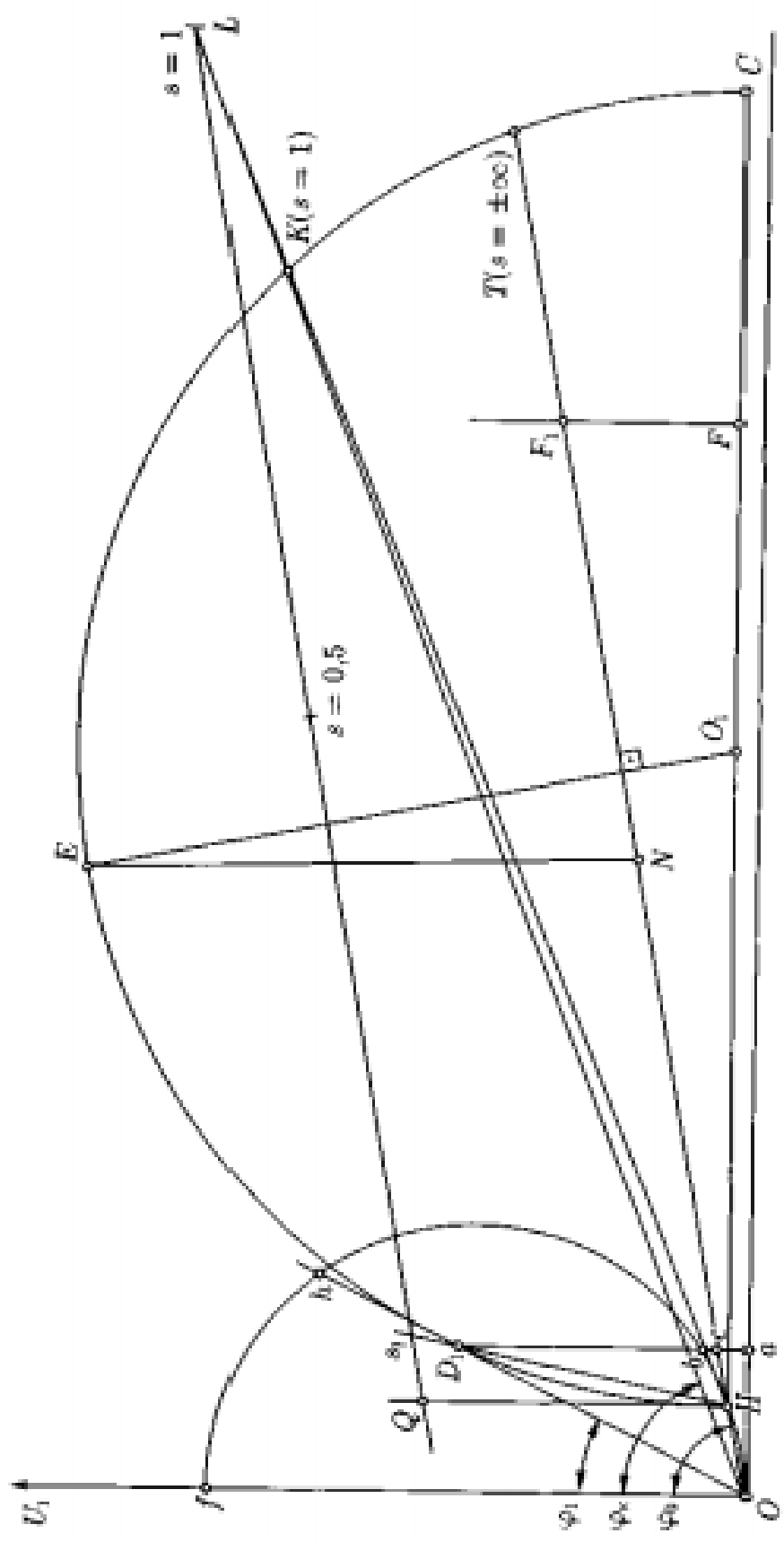


Рис. 3.11. Круговая диаграмма асинхронного двигателя

8. Из точки O_1 , лежащей посередине диаметра окружности, радиусом $HC/2$ проводим полуокружность токов. При этом точки H и K оказываются на этой полуокружности. Соединяем точки H и K и получаем *линию полезной мощности* \overline{HK} .

9. На окружности токов отмечаем точку D_1 (точка номинального режима нагрузки двигателя). Для этого из точки O откладываем отрезок $\overline{OD_1} = 63$ мм.

10. На средней части отрезка $\overline{O_1C}$ отмечаем точку F , в которой восстанавливаем перпендикуляр к диаметру \overline{HC} . На этом перпендикуляре отмечаем отрезок

$$\overline{FF_1} = \overline{HF}(r_1 / x_k) = 180(1,7 / 8,78) = 35 \text{ мм.}$$

11. Из точки H через точку F_1 проводим прямую до пересечения с окружностью токов в точке T , соответствующей скольжению $s = \pm \infty$. Полученная линия \overline{HT} является *линией электромагнитной мощности (момента)*.

12. Из точки O_1 опускаем перпендикуляр на линию \overline{HT} и продолжаем его до пересечения с окружностью токов в точке E . Полученная таким образом точка E соответствует максимальному моменту, так как отрезок \overline{EN} в масштабе моментов представляет собой максимальный момент двигателя, а отношение отрезков

$$\overline{EN} / \overline{D_1c} = M_{\max} / M_{\text{ном}}$$

— перегрузочную способность двигателя.

13. Точка D_1 на окружности токов соответствует режиму номинальной нагрузки двигателя. Прямоугольный треугольник OD_1a представляет собой *треугольник токов*: сторона $\overline{OD_1}$ — номинальный ток статора (см. п. 4), сторона $\overline{D_1a}$ — активная составляющая тока статора, сторона \overline{Oa} — реактивная (индуктивная) составляющая тока статора.

14. Для определения коэффициента мощности двигателя $\cos \varphi_1$ делаем дополнительные построения: на оси ординат радиусом 50 мм проводим полуокружность, а линию $\overline{OD_1}$ продолжаем до пересечения с этой полуокружностью в точке h . Отношение отрезка $\overline{Oh} = 88$ мм к диаметру полуокружности определяет значение коэффициента мощности в режиме номинальной нагрузки:

$$\cos \varphi_1 = \overline{Oh} / 100 = 88 / 100 = 0,88.$$

15. Для определения скольжения и частоты вращения ротора двигателя также необходимы дополнительные построения: из точки H параллельно оси ординат проводим линию \overline{HQ} , затем из точки Q параллельно линии электромагнитной мощности \overline{HT} проводим линию до пересечения с продолжением линии полезной мощности \overline{HK} в точке L . Полученная таким образом линия \overline{QL} представляет собой *шкалу скольжения*: в точке холостого хода H скольжение $s = 0$, а в точке короткого замыкания K скольжение $s = 1$. Продолжив

отрезок $\overline{HD_1}$ до пересечения со шкалой скольжения, получим на шкале скольжения точку s_1 , которая определит скольжение двигателя в режиме номинальной нагрузки $s_1 = 0,045$. Частота вращения при этом равна

$$n_{ном} = 1500(1 - 0,045) = 1430 \text{ об/мин.}$$

16. Номинальная мощность двигателя (проверка)

$$P_{ном} = \overline{D_1 b} m_p = 46 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 3,0 \text{ кВт.}$$

17. Потребляемая в номинальном режиме мощность

$$P_{1ном} = \overline{D_1 a} m_p = 55 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ кВт.}$$

18. КПД двигателя в номинальном режиме

$$\eta_{ном} = \overline{D_1 b} / \overline{D_1 a} = 46/55 = 0,84.$$

19. Электромагнитный момент в номинальном режиме

$$M_{ном} = \overline{D_1 c} m_m = 51 \cdot 0,42 = 21,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$