

Задача 2(8). Двигатель параллельного возбуждения, номинальное напряжение которого $U_{ном}$ при номинальной нагрузке потребляет ток $I_{ном}$, а при холостом ходе I_0 . Номинальная частота вращения $n_{ном}$, сопротивление обмотки якоря $R_я$, сопротивление цепи возбуждения $R_в$. Магнитные и механические потери принять постоянными при всех режимах работы двигателя.

Определить: номинальную мощность двигателя P_n на валу, номинальный вращающий момент $M_{ном}$, номинальный КПД $\eta_{ном}$, значение пускового момента при токе $I_{пуск} = 2I_{ном}$ и соответствующее значение пускового реостата, а также частоту вращения якоря при $I_{я.ном}$, но при введенном в цепь возбуждения добавочном сопротивлении, увеличивающем заданное в условии задачи значение $R_в$ на 30%. Построить естественную механическую характеристику двигателя.

Дано: $U_{ном} = 220$ В; $I_{ном} = 32$ А; $I_0 = 2.8$ А; $R_я = 0.94$ Ом; $R_в = 120$ Ом; $n_{ном} = 1600$ об/мин

Решение

1. Номинальная, потребляемая мощность из сети

$$P_{1ном} = U_{ном} \cdot I_{ном} = 220 \cdot 32 = 7040 \text{ Вт}$$

2. Потери в цепи якоря и цепи возбуждения

Ток обмотки возбуждения

$$I_в = \frac{U_{ном}}{R_в} = \frac{220}{120} = 1.833 \text{ А}$$

Ток якоря

$$I_{я.ном} = I_{ном} - I_в = 32 - 1.833 = 30.167 \text{ А}$$

Потери в цепи якоря

$$\Delta P_{я.ном} = R_я I_{я.ном}^2 = 0.94 \cdot 30.167^2 = 855.4 \text{ Вт}$$

Потери в цепи возбуждения

$$\Delta P_в = R_в I_в^2 = 120 \cdot 1.833^2 = 403.2 \text{ Вт}$$

3. Магнитные и механические потери

$$\Delta P_{мех} + \Delta P_{м} = P_0 - \Delta P_{я0} - \Delta P_в$$

Потери холостого хода

$$P_0 = U_{ном} \cdot I_0 = 220 \cdot 2.8 = 616 \text{ Вт}$$

Потери в обмотке якоря при холостом ходе двигателя

$$\Delta P_{я0} = R_я (I_0 - I_в)^2 = 0.94 \cdot (2.8 - 1.833)^2 = 0.88 \text{ Вт}$$

Магнитные и механические потери

$$\Delta P_{мех} + \Delta P_{м} = 616 - 0.88 - 403.3 = 211.8 \text{ Вт}$$

4. Потери в двигателе

$$\Delta P = \Delta P_{\text{я.ном}} + \Delta P_{\text{э}} + (\Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{м}}) = 855.4 + 403.3 + 211.8 = 1470.5 \text{ Вт}$$

5. Номинальная мощность на валу двигателя

$$P_{\text{ном}} = P_{1\text{ном}} - \Delta P = 7040 - 1471 = 5569 \text{ Вт}$$

6. Номинальный КПД

$$\eta_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{1\text{ном}}} = \frac{5569}{7040} = 0.791$$

7. Номинальный вращающий момент

$$M_{\text{ном}} = 9.55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} = 9.55 \cdot \frac{5569}{1600} = 33.24 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

8. Пусковой ток двигателя при пуске без реостата

$$I_{\text{пуск}} = \frac{U_{\text{ном}}}{R_{\text{я}}} = \frac{220}{0.94} = 234 \text{ А}$$

9. Пусковой ток якоря при условии, чтобы пусковой ток был в 2 раза больше номинального

$$I_{\text{я.пуск}} = 2 \cdot I_{\text{ном}} - I_{\text{э}} = 2 \cdot 32 - 1.833 = 62.17 \text{ А}$$

Сопротивление пускового реостата

$$R_{\text{р}} = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{я.пуск}}} - R_{\text{я}} = \frac{220}{62.17} - 0.94 = 2.6 \text{ Ом}$$

10. Пусковой момент при пуске с реостатом (полагаем магнитный поток в двигателе постоянным)

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{ном}} \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{я.ном}}} = 33.24 \cdot \frac{64}{30.17} = 70.5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

11. Построение естественной механической характеристики двигателя

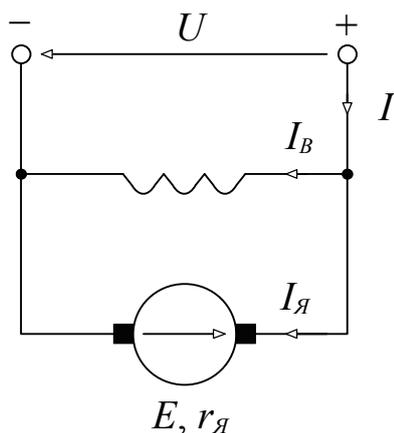


Рис. 1

Режим двигателя (рис. 1)

$$U = E + R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}.$$

ЭДС якоря

$$E = c_E \cdot n \cdot \Phi,$$

где

c_E – коэффициент ЭДС (зависит от конструктивных особенностей машины);
 n – частота вращения якоря (об/мин);
 Φ – магнитный поток одного полюса.

Уравнение скоростной характеристики $n(I_{\text{я}})$ имеет вид

$$n = \frac{U}{c_E \cdot \Phi} - \frac{R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}}{c_E \cdot \Phi} \quad (1)$$

Скорость идеального холостого хода ($I_{\text{я}} = 0$)

$$n_0 = \frac{U}{c_E \cdot \Phi} \quad (2)$$

Номинальная частота вращения

$$n_{\text{ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{c_E \cdot \Phi} - \frac{R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я.ном}}}{c_E \cdot \Phi} \quad (3)$$

Из (2) и (3) находим частоту вращения идеального холостого хода

$$n_0 = n_{\text{ном}} \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}} - R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я.ном}}} = 1600 \cdot \frac{220}{220 - 0.94 \cdot 30.17} = 1837 \text{ об/мин.}$$

Механический момент M двигателя постоянного тока примерно равен электромагнитному моменту $M_{\text{ЭМ}}$

$$M \approx M_{\text{ЭМ}} = c_M \cdot I_{\text{я}} \cdot \Phi, \quad (5)$$

где

c_M – коэффициент момента (зависит от конструктивных особенностей машины).

Подставив (5) в (1), получим зависимость $n(M)$ для двигателей параллельного возбуждения

$$n = \frac{U}{c_E \cdot \Phi} - \frac{R_{\text{я}}}{c_E \cdot c_M \cdot \Phi^2} \cdot M. \quad (6)$$

Угловая скорость вращения якоря через число оборотов в минуту даётся выражением

$$\Omega = \frac{\pi}{30} n$$

График зависимости $\Omega(M)$ – прямая линия (рис. 2) – строим по двум точкам:

a) $M = 0$; $n = n_0 = 1837$ об/мин; $\Omega = \Omega_0 = 192.3$ 1/с;

б) $M = M_{ном} = 33.243$ Н·м; $n = n_{ном} = 1600$ об/мин; $\Omega = \Omega_{ном} = 167.6$ 1/с.

Естественная механическая характеристика двигателя

$$\begin{aligned} \Omega(M) &= \Omega_0 - \frac{\Omega_0 - \Omega_{ном}}{M_{ном}} \cdot M = \\ &= 192.3 - \frac{192.3 - 167.6}{33.24} \cdot M = \\ &= 192.3 - 0.7459 \cdot M \text{ (1/с)} \end{aligned}$$

Ω , 1/с

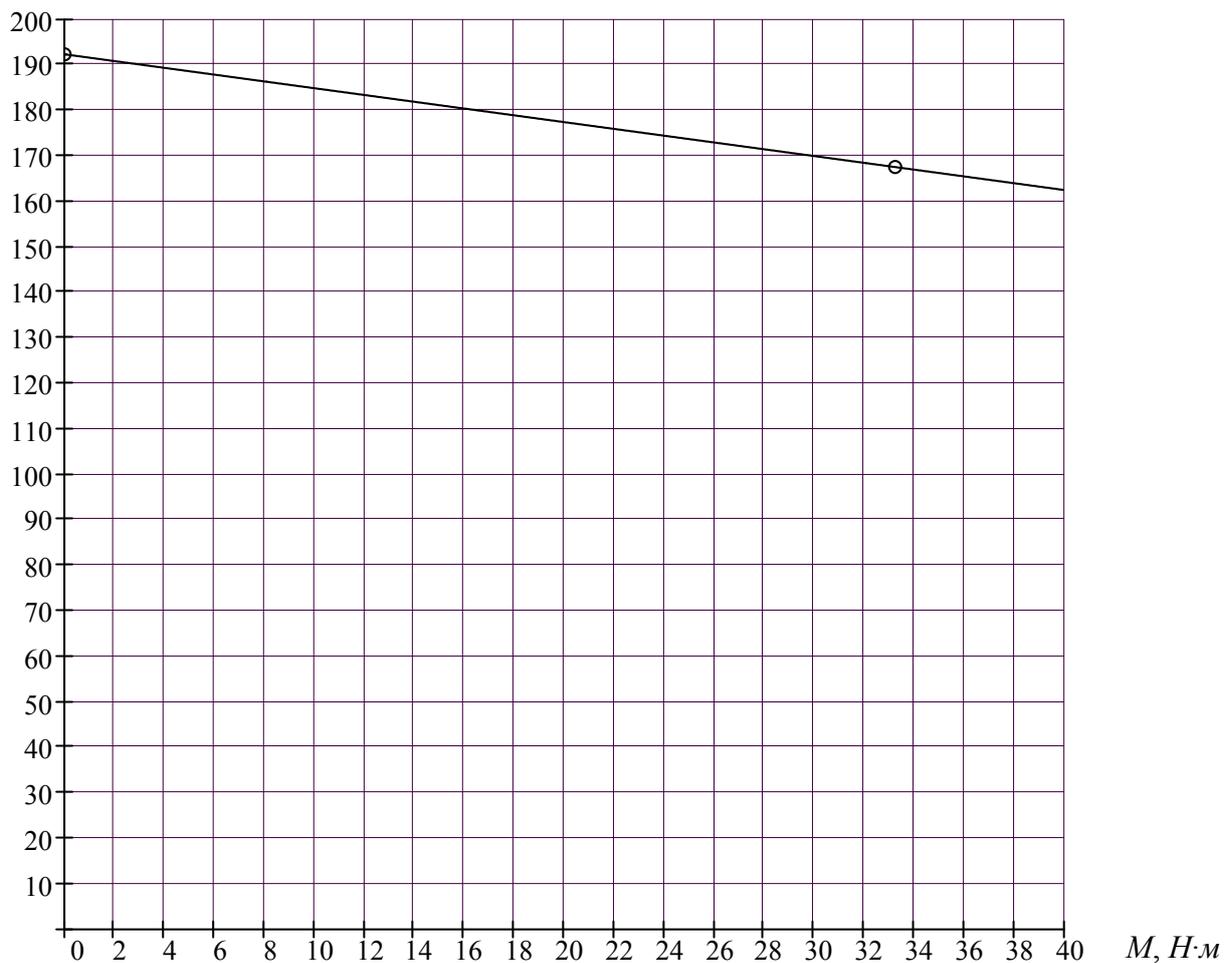


Рис. 2 – Зависимость $\Omega(M)$

12. При введении в обмотку возбуждения добавочного сопротивления ток в обмотке возбуждения уменьшится в 1.3 раза. Так как магнитная цепь обмотки возбуждения обладает нелинейной характеристикой, можно утверждать, что магнитный поток Φ одного полюса уменьшится. Из формулы (3) при постоянном $I_{я.ном}$ следует, что $n_{ном}$ возрастет.