

3 РАСЧЕТ ОБМОТКИ, ПАЗА И ЯРМА РОТОРА

46. Число пазов ротора (по табл. П.12):

$$Z_2 = 24.$$

47. Внешний диаметр ротора:

$$D_2 = D - 2 \cdot \delta = 154 - 2 \cdot 0.6 = 152.8 \text{ мм.}$$

48. Длина сердечника ротора (стр. 7-8):

$$l_2 = l_{\text{СТ2}} = l_{\text{СТ1}} = l_{\delta} = 0.09 \text{ м.}$$

49. зубцовое деление ротора:

$$t_{z2} = \frac{\pi \cdot D_2}{Z_2} = \frac{3,14 \cdot 152.8}{24} = 20.0 \text{ мм.}$$

50. Сердечник ротора двигателя выполнен с непосредственной посадкой на вал (стр. 20-21), поэтому внутренний диаметр сердечника ротора определим по выражению:

$$D_j = D_{\text{в}} = k_{\text{в}} \cdot D_{\text{а}} = 0,23 \cdot 280 = 64 \text{ мм,}$$

где $D_{\text{в}}$ – диаметр вала;

$k_{\text{в}} = 0.23$ – коэффициент, выбранный по табл. П.13.

51. Коэффициент k_i , учитывающий влияние тока намагничивания на отношение токов $\frac{I_1}{I_2}$ (предварительное значение):

$$k_i = 0.2 + 0.8 \cdot \cos \varphi = 0.2 + 0.8 \cdot 0.88 = 0.904.$$

52. По рекомендациям на стр.20 применим в рассчитываемом двигателе скос пазов:

- ширина скоса

$$b_{\text{ск}} = (0.5..1.0) \cdot t_{z2} = 0.7 \cdot 20.0 = 14.0 \text{ мм;}$$

- относительная ширина скоса пазов в долях зубцового деления

$$\beta_{\text{ск}} = \frac{b_{\text{ск}}}{t_{z2}} = \frac{14.0}{24} = 0.7;$$

					КР.1-43.01.03.22с.15 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата							
Разраб.		Кощенко			Расчет обмотки, паза и ярма ротора				Лит	Лист	Листов
Пров.		Козлов									
Н. контр.											
Утв.											
					ГГТУ, гр. 3Э-22с						

- угол скоса в электрических радианах

$$\gamma_{ск} = \beta_{ск} \cdot \frac{2p}{Z_2} = 0.7 \cdot \frac{2}{24} = 0.058,$$

- коэффициент скоса

$$k_{ск} = \frac{2 \cdot \sin(\gamma_{ск}/2)}{\gamma_{ск}} = \frac{2 \cdot \sin(0.058/2)}{0.058} = 1.$$

53. Коэффициент приведения токов:

$$v_i = \frac{2 \cdot m_1 \cdot w_1 \cdot k_{обм1}}{Z_2 \cdot k_{ск}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 100 \cdot 0.91}{24 \cdot 1} = 22.75$$

54. Ток в обмотке ротора (предварительное значение):

$$I_2 = k_i \cdot I_{1ном} \cdot v_i = 0.904 \cdot 36 \cdot 22.75 = 744.489 \text{ А.}$$

55. В качестве обмотки ротора принимаем литую конструкцию с алюминиевыми стержнями и короткозамкнутыми кольцами (стр. 20).

Задаёмся плотностью тока в алюминиевых стержнях ротора (стр. 22):

$$J_2 = 3.3 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2.$$

56. Площадь поперечного сечения стержня (предварительное значение):

$$q_c = \frac{I_2}{J_2} = \frac{744.489}{3.3 \cdot 10^6} = 225.6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 225.6 \text{ мм}^2.$$

57. В данном двигателе применяются трапецеидальные закрытые пазы (рис. 3.2, стр. 23). Принимаем:

- ширина шлица паза $b_{ш2} = 1.5 \text{ мм}$ (стр. 23);

- высота шлица паза $h_{ш2} = 0.7 \text{ мм}$ (стр. 23);

- высота перемычки над пазом $h'_{ш2} = 0.7$ (стр. 24).

По табл. П.7 принимаем значение магнитной индукции в зубцах ротора при постоянном сечении $B_{z2}=1,9 \text{ Тл}$.

58. Допустимая ширина зубца ротора:

$$b_{z2.0} = \frac{B_\delta \cdot t_{z2} \cdot l_\delta}{B_{z2} \cdot l_{CT2} \cdot k_c} = \frac{0.759 \cdot 20 \cdot 0.09}{1.9 \cdot 0.09 \cdot 0.97} = 8.23 \text{ мм},$$

где $k_c = 0.97$ – коэффициент заполнения сталью магнитопровода ротора (табл. П.8).

59. Размеры паза ротора:

					КР.1-43.01.03.22с.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- диаметр закругления верхней части паза

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (D_2 - 2 \cdot h_{ш2} - 2 \cdot h'_{ш2}) - Z_2 \cdot b_{z2}}{Z_2 + \pi}$$

$$= \frac{\pi \cdot (152.8 - 2 \cdot 0.7 - 2 \cdot 0.3) - 24 \cdot 8.23}{24 + \pi} = 10.177 \text{ мм};$$

- диаметр закругления нижней части паза

$$b_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 \cdot \left(\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot q_c}{\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = \sqrt{\frac{10.177^2 \cdot \left(\frac{24}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot 225.603}{\frac{24}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = 2.367 \text{ мм},$$

- расстояние между центрами закруглений верхней и нижней частей паза

$$h_1 = (b_1 - b_2) \cdot \frac{Z_2}{2 \cdot \pi} = (10.177 - 2.367) \cdot \frac{24}{2 \cdot \pi} = 29.835 \text{ мм}.$$

60. Округлим до десятых и примем окончательные значения b_1 , b_2 и h_1 :

$$b_1 = 10.2 \text{ мм};$$

$$b_2 = 2.4 \text{ мм};$$

$$h_1 = 29.8 \text{ мм};$$

61. Полная высота паза ротора по (3.18):

$$h_{n2} = h_1 + h_{ш2} + h'_{ш2} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} = 29.8 + 0.7 + 0.3 + \frac{10.2}{2} + \frac{2.4}{2} = 37.1 \text{ мм}.$$

62. Уточняем ширину зубцов ротора:

$$b'_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot (h_{ш2} + h'_{ш2}) - b_1}{Z_2} - b_1$$

$$= \pi \cdot \frac{152.8 - 2 \cdot (0.7 + 1) - 10.2}{24} - 10.2 = 8.204 \text{ мм};$$

$$b''_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot h_{п2} + b_2}{Z_2} - b_2 = \pi \cdot \frac{152.8 - 2 \cdot 37.7 + 2.4}{24} - 2.4$$

$$= 8.203 \text{ мм}.$$

63. Уточнённое значение ширины зубца ротора:

$$b_{z2} = b'_{z2} = b''_{z2} = 8.2 \text{ мм}.$$

64. Уточнённое значение площади поперечного сечения стержня:

$$q_c = \frac{\pi}{8} \cdot (b_1^2 + b_2^2) + \frac{1}{2} \cdot (b_1 + b_2) \cdot h_1$$

$$= \frac{\pi}{8} \cdot (10.2^2 + 2.4^2) + \frac{1}{2} \cdot (10.2 + 2.4) \cdot 29.8 = 230.9 \text{ мм}^2.$$

65. Плотность тока в стержне ротора (уточнённое значение):

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} = \frac{744.489}{230.9} = 3.224 \text{ А/мм}^2.$$

66. Коэффициент Δ для расчёта тока короткозамкнутого кольца:

$$\Delta = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot p}{Z_2} = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 1}{24} = 0.261.$$

67. Ток короткозамкнутого кольца ротора:

$$I_{кл} = \frac{I_2}{\Delta} = \frac{744.489}{0.3} = 2851.9 \text{ А.}$$

68. Плотность тока в короткозамкнутых кольцах принимаем согласно рекомендациям на стр. 27:

$$J_{кл} = 0.85 \cdot J_2 = 0.85 \cdot 3.224 = 2.741 \text{ А/мм}^2.$$

69. Площадь поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = \frac{I_{кл}}{J_{кл}} = \frac{2851.9}{2.741} = 1041 \text{ мм}^2.$$

69. Размеры короткозамкнутых колец (рис. 3.3):

- высота кольца по (3.24)

$$h_{кл} = 1.2 \cdot h_{п2} = 1.2 \cdot 37.1 = 44.5 \text{ мм},$$

- ширина кольца

$$b_{кл} = \frac{q_{кл}}{h_{кл}} = \frac{1041}{44.5} = 23.4 \text{ мм},$$

- средний диаметр кольца

$$D_{кл.ср} = D_2 - h_{кл} = 152.8 - 44.5 = 108.3 \text{ мм.}$$

70. Расчётное уточнённое значение площади поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = b_{кл} \cdot h_{кл} = 23.4 \cdot 44.5 = 1041 \text{ мм}^2.$$