

### 3 РАСЧЕТ ОБМОТКИ, ПАЗА И ЯРМА РОТОРА

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

$$Z_2 = 43.$$

47. Внешний диаметр ротора:

$$D_2 = D - 2 \cdot \delta = 193 - 2 \cdot 1 = 191.0 \text{ мм.}$$

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

$$l_2 = l_{\text{СТ2}} = l_{\delta} = 0.133 = 0.133 \text{ м.}$$

49. зубцовое деление ротора:

$$t_{z2} = \frac{\pi \cdot D_2}{Z_2} = \frac{3,14 \cdot 191.0}{43} = 14 \text{ мм.}$$

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

$$D_j = D_B = k_B \cdot D_a = 0,23 \cdot 350 = 81 \text{ мм,}$$

где  $D_B$  – диаметр вала;

$k_B = 0.23$  – коэффициент, выбранный по табл. П.13.

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

$$k_i = 0.2 + 0.8 \cdot \cos \varphi = 0.2 + 0.8 \cdot 0.9 = 0.92.$$

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

- ширина скоса

$$b_{\text{СК}} = (0.5..1.0) \cdot t_{z2} = 0.7 \cdot 14 = 9.8 \text{ мм;}$$

- относительная ширина скоса пазов в долях зубцового деления

$$\beta_{\text{СК}} = \frac{b_{\text{СК}}}{t_{z2}} = \frac{9.8}{14} = 0.7;$$

					<b>КР.1-43.01.03.22с.09 ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Гулевич				Расчет обмотки, паза и ярма ротора	Лит	Лист
Пров.	Козлов						
Н. контр.						<b>ГГТУ, гр. 3Э-22с</b>	
Уте.							

- угол скоса в электрических радианах

$$\gamma_{ск} = \beta_{ск} \cdot \frac{2p}{Z_2} = 0.7 \cdot \frac{2}{43} = 0.033,$$

- коэффициент скоса

$$k_{ск} = \frac{2 \cdot \sin(\gamma_{ск}/2)}{\gamma_{ск}} = \frac{2 \cdot \sin(0.033/2)}{0.033} = 1.$$

53. Коэффициент приведения токов:

$$v_i = \frac{2 \cdot m_1 \cdot w_1 \cdot k_{обм1}}{Z_2 \cdot k_{ск}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 0.9}{43 \cdot 1} = 7.54.$$

54. Ток в обмотке ротора (предварительное значение):

$$I_2 = k_i \cdot I_{1ном} \cdot v_i = 0.92 \cdot 69.2 \cdot 7.54 = 480.027 \text{ А.}$$

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):

$$q_c = \frac{I_2}{J_2} = \frac{480.027}{3.3 \cdot 10^6} = 145.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 145.5 \text{ мм}^2.$$

57. В данном двигателе применяются трапециевидальные 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  $h'_{ш2} = 1.0$  (стр. 24).

По табл. П.7 принимаем значение магнитной индукции в зубцах ротора при постоянном сечении  $B_{z2} = 1.8 \text{ Тл}$ .

58. Допустимая ширина зубца ротора:

$$b_{z2.0} = \frac{B_\delta \cdot t_{z2} \cdot l_\delta}{B_{z2} \cdot l_{CT2} \cdot k_c} = \frac{0.71 \cdot 14 \cdot 0.133}{1.8 \cdot 0.133 \cdot 0.97} = 5.46 \text{ мм},$$

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

59. Размеры паза ротора:

					КР.1-43.01.03.22с.09 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- диаметр закругления верхней части паза

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (D_2 - 2 \cdot h_{ш2} - 2 \cdot h'_{ш2}) - Z_2 \cdot b_{z2}}{Z_2 + \pi} = \frac{\pi \cdot (191.0 - 2 \cdot 0.7 - 2 \cdot 1.0) - 43 \cdot 5.46}{43 + \pi} = 7.685 \text{ мм};$$

- диаметр закругления нижней части паза

$$b_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 \cdot \left(\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot q_c}{\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = \sqrt{\frac{7.685^2 \cdot \left(\frac{43}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot 145.5}{\frac{43}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = 4.574 \text{ мм},$$

- расстояние между центрами закруглений верхней и нижней частей паза

$$h_1 = (b_1 - b_2) \cdot \frac{Z_2}{2 \cdot \pi} = (7.685 - 4.574) \cdot \frac{43}{2 \cdot \pi} = 21.289 \text{ мм}.$$

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

$$b_1 = 7.7 \text{ мм};$$

$$b_2 = 4.6 \text{ мм};$$

$$h_1 = 21.3 \text{ мм};$$

61. Полная высота паза ротора по (3.18):

$$h_{п2} = h_1 + h_{ш2} + h'_{ш2} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} = 21.3 + 0.7 + 1.0 + \frac{7.7}{2} + \frac{4.6}{2} = 29.2 \text{ мм}.$$

62. Уточняем ширину зубцов ротора:

$$b'_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot (h_{ш2} + h'_{ш2}) - b_1}{Z_2} - b_1 = \pi \cdot \frac{191.0 - 2 \cdot (0.7 + 1.0) - 7.7}{43} - 7.7 = 5.444 \text{ мм};$$

$$b''_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot h_{п2} + b_2}{Z_2} - b_2 = \pi \cdot \frac{191.0 - 2 \cdot 29.2 + 4.6}{43} - 4.6 = 5.424 \text{ мм}.$$

63. Уточнённое значение ширины зубца ротора:

$$b_{z2} = b'_{z2} = b''_{z2} = 5.4 \text{ мм}.$$

64. Уточнённое значение площади поперечного сечения стержня:

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

$$= \frac{\pi}{8} \cdot (7.7^2 + 4.6^2) + \frac{1}{2} \cdot (7.7 + 4.6) \cdot 21.3 = 162.6 \text{ мм}^2.$$

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

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} = \frac{480.027}{162.6} = 2.952 \text{ А/мм}^2.$$

66. Коэффициент  $\Delta$  для расчёта тока короткозамкнутого кольца:

$$\Delta = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot p}{Z_2} = 2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 2}{43} = 0.146.$$

67. Ток короткозамкнутого кольца ротора:

$$I_{кл} = \frac{I_2}{\Delta} = \frac{480.027}{0.146} = 3288.064 \text{ А.}$$

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

$$J_{кл} = 0.85 \cdot J_2 = 0.85 \cdot 2.952 = 2.509 \text{ А/мм}^2.$$

69. Площадь поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = \frac{I_{кл}}{J_{кл}} = \frac{3288.064}{2.509} = 1310 \text{ мм}^2.$$

69. Размеры короткозамкнутых колец (рис. 3.3):

- высота кольца по (3.24)

$$h_{кл} = 1.2 \cdot h_{n2} = 1.2 \cdot 29.2 = 35 \text{ мм},$$

- ширина кольца

$$b_{кл} = \frac{q_{кл}}{h_{кл}} = \frac{1310}{35} = 37.4 \text{ мм},$$

- средний диаметр кольца

$$D_{кл.ср} = D_2 - h_{кл} = 191.0 - 35 = 156 \text{ мм.}$$

70. Расчётное уточнённое значение площади поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = b_{кл} \cdot h_{кл} = 37.4 \cdot 35 = 1300 \text{ мм}^2.$$