

3 РАСЧЕТ ОБМОТКИ, ПАЗА И ЯРМА РОТОРА

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

$$Z_2 = 43.$$

47. Внешний диаметр ротора:

$$D_2 = D - 2 \cdot \delta = 193 - 2 \cdot 0.9 = 191.2 \text{ мм.}$$

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

$$l_2 = l_{\text{СТ2}} = l_{\delta} + 0.005 = 0.155 + 0.005 = 0.16 \text{ м.}$$

49. Зубцовое деление ротора:

$$t_{z2} = \frac{\pi \cdot D_2}{Z_2} = \frac{3,14 \cdot 191.2}{43} = 14 \text{ мм.}$$

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

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

					КР.1-43.01.03.22с.11 ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Расчет обмотки, паза и ярма ротора					Лит	Лист	Листов
Разраб.	Дубровский											
Пров.	Козлов											
Н. контр.												
Утв.												
					ГГТУ, гр. 3Э-22с							

- угол скоса в электрических радианах

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

- 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:

$$\nu_i = \frac{2 \cdot m_1 \cdot w_1 \cdot k_{обм1}}{Z_2 \cdot k_{ск}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 42 \cdot 0.9}{43 \cdot 1} = 5.27.$$

54. Ток в обмотке ротора (предварительное значение):

$$I_2 = k_i \cdot I_{1ном} \cdot \nu_i = 0.92 \cdot 100.6 \cdot 5.27 = 487.749 \text{ А.}$$

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):

$$q_c = \frac{I_2}{J_2} = \frac{487.749}{3.3 \cdot 10^6} = 147.8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 147.8 \text{ мм}^2.$$

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:

$$b_{z2.д} = \frac{B_{\delta} \cdot t_{z2} \cdot l_{\delta}}{B_{z2} \cdot l_{CT2} \cdot k_c} = \frac{0.837 \cdot 14 \cdot 0.16}{1.8 \cdot 0.16 \cdot 0.97} = 6.71 \text{ мм},$$

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

59. Размеры паза ротора:

					КР.1-43.01.03.22с.11 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- диаметр закругления верхней части паза

$$b_1 = \frac{\pi \cdot (D_2 - 2 \cdot h_{ш2} - 2 \cdot h'_{ш2}) - Z_2 \cdot b_{z2}}{Z_2 + \pi} = \frac{\pi \cdot (191.2 - 2 \cdot 0.7 - 2 \cdot 1.0) - 43 \cdot 6.71}{43 + \pi} = 6.533 \text{ мм};$$

- диаметр закругления нижней части паза

$$b_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 \cdot \left(\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot q_c}{\frac{Z_2}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = \sqrt{\frac{6.533^2 \cdot \left(\frac{43}{\pi} + \frac{\pi}{2}\right) - 4 \cdot 147.8}{\frac{43}{\pi} + \frac{\pi}{2}}} = 1.984 \text{ мм},$$

- расстояние между центрами закруглений верхней и нижней частей паза

$$h_1 = (b_1 - b_2) \cdot \frac{Z_2}{2 \cdot \pi} = (6.533 - 1.984) \cdot \frac{43}{2 \cdot \pi} = 31.132 \text{ мм}.$$

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

$$b_1 = 6.5 \text{ мм};$$

$$b_2 = 2.0 \text{ мм};$$

$$h_1 = 31.1 \text{ мм};$$

61. Полная высота паза ротора по (3.18):

$$h_{n2} = h_1 + h_{ш2} + h'_{ш2} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2} = 31.1 + 0.7 + 1.0 + \frac{6.5}{2} + \frac{2.0}{2} = 37.1 \text{ мм}.$$

62. Уточняем ширину зубцов ротора:

$$b'_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot (h_{ш2} + h'_{ш2}) - b_1}{Z_2} - b_1 = \pi \cdot \frac{191.2 - 2 \cdot (0.7 + 1.0) - 6.5}{43} - 6.5 = 6.746 \text{ мм};$$

$$b''_{z2} = \pi \cdot \frac{D_2 - 2 \cdot h_{п2} + b_2}{Z_2} - b_2 = \pi \cdot \frac{191.2 - 2 \cdot 37.1 + 2.0}{43} - 2.0 = 6.694 \text{ мм}.$$

63. Уточнённое значение ширины зубца ротора:

$$b_{z2} = b'_{z2} = b''_{z2} = 6.7 \text{ мм}.$$

64. Уточнённое значение площади поперечного сечения стержня:

					КР.1-43.01.03.22с.11 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

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

$$= \frac{\pi}{8} \cdot (6.5^2 + 2.0^2) + \frac{1}{2} \cdot (6.5 + 2.0) \cdot 31.1 = 150.3 \text{ мм}^2.$$

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

$$J_2 = \frac{I_2}{q_c} = \frac{487.749}{150.3} = 3.245 \text{ А/мм}^2.$$

66. Коэффициент Δ для расчёта тока короткозамкнутого кольца:

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

67. Ток короткозамкнутого кольца ротора:

$$I_{кл} = \frac{I_2}{\Delta} = \frac{487.749}{0.146} = 3340.961 \text{ А.}$$

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

$$J_{кл} = 0.85 \cdot J_2 = 0.85 \cdot 3.45 = 2.758 \text{ А/мм}^2.$$

69. Площадь поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = \frac{I_{кл}}{J_{кл}} = \frac{3340.961}{2.758} = 1211 \text{ мм}^2.$$

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

$$b_{кл} = \frac{q_{кл}}{h_{кл}} = \frac{1211}{44.5} = 27.2 \text{ мм,}$$

- средний диаметр кольца

$$D_{кл.ср} = D_2 - h_{кл} = 191.2 - 44.5 = 146.7 \text{ мм.}$$

70. Расчётное уточнённое значение площади поперечного сечения короткозамкнутого кольца:

$$q_{кл} = b_{кл} \cdot h_{кл} = 27.2 \cdot 44.5 = 1200 \text{ мм}^2.$$