

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ РАБОЧЕГО РЕЖИМА

97. Длина пазовой части катушки обмотки статора:

$$l_{п1} = l_1 = 0.155 \text{ м.}$$

98. Средняя ширина катушки обмотки статора:

$$b_{кт} = \pi \cdot \frac{D + h_{п1}}{2p} \cdot \beta = \pi \cdot \frac{0.193 - 0.019}{2} \cdot 0.778 = 0.213 \text{ м.}$$

99. Коэффициенты k_l и $k_{выл}$ для расчёта длины лобовой части катушки обмотки статора (табл. П.24, обмотка насыпная, не изолированы лентой):

$$k_l = 1.2;$$

$$k_{выл} = 0.26.$$

100. Длина вылета прямолинейной части катушек обмотки статора из паза от торца сердечника до начала отгиба лобовой части (стр. 37 для случая, когда насыпная обмотка укладывается в пазы до запрессовки сердечника в корпус):

$$B = 0.01$$

101. Длина изогнутой лобовой части катушки обмотки статора:

$$l_{л1} = k_l \cdot b_{кт} + 2 \cdot B = 1.2 \cdot 0.213 + 2 \cdot 0.01 = 0.275 \text{ м.}$$

102. Длина вылета лобовой части катушки обмотки статора:

$$l_{выл1} = k_{выл} \cdot b_{кт} + B = 0.26 \cdot 0.213 + 0.01 = 0.065 \text{ м.}$$

103. Средняя длина витка обмотки фазы статора:

$$l_{ср1} = 2 \cdot (l_{п1} + l_{л1}) = 2 \cdot (0.155 + 0.275) = 0.86 \text{ м.}$$

104. Длина проводников фазы обмотки статора:

$$L_1 = l_{ср1} \cdot w_1 = 0.86 \cdot 42 = 36.125 \text{ м.}$$

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------------|---------|------|---|--|--|--|-----|--|------|--|--------|--|
| | | | | | КР.1-43.01.03.22с.11 ПЗ | | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата | | | | | | | | | | |
| Разраб. | | Дубровский | | | Определение параметров асинхронной машины для рабочего режима | | | | Лит | | Лист | | Листов | |
| Пров. | | Козлов | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| ГГТУ, гр. 3Э-22с | | | | | | | | | | | | | | |

105. Расчётная температура $\nu_{\text{расч}}$ и удельное сопротивление материала проводника медной обмотки статора $\rho_{\text{м}}$ при расчётной температуре (стр. 37 и табл. П.26):

$$\nu_{\text{расч}} = 115^{\circ}\text{C} \text{ (для класса изоляции B);}$$

$$\rho_{\text{м}} = \frac{1}{41} \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

106. Активное сопротивление обмотки статора:

$$r_1 = k_R \cdot \rho_{\text{м}} \cdot \frac{L_1}{q_{\text{эф}} \cdot a} = 1 \cdot \frac{1}{41} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{36.1251}{3.94 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 0.112 \text{ Ом,}$$

где $k_R = 1$ (стр. 38).

107. Относительное значение активного сопротивления обмотки статора:

$$r_{1*} = r_1 \cdot \frac{I_{1\text{ном}}}{U_{1\text{ном.ф}}} = 0.112 \cdot \frac{100.6}{220} = 0.051 \text{ о. е.}$$

108. Удельное сопротивление материала алюминиевой литой обмотки ротора и короткозамкнутого кольца $\rho_{\text{а}}$ при расчётной температуре $\nu_{\text{расч}} = 115^{\circ}\text{C}$ (стр. 37):

$$\rho_{\text{а}} = \frac{1}{22} \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м (табл. П. 26).}$$

109. Активное сопротивление алюминиевого стержня ротора:

$$r_c = k_R \cdot \rho_{\text{а}} \cdot \frac{l_2}{q_c} = 1 \cdot \frac{1}{22} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0.16}{150.3 \cdot 10^{-6}} = 48.39 \cdot 10^{-6} \text{ Ом,}$$

где $k_R = 1$ (стр. 38).

110. Активное сопротивление алюминиевого короткозамкнутого кольца:

$$r_{\text{кл}} = \rho_{\text{а}} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{кл.ср}}}{Z_2 \cdot q_{\text{кл}}} = \frac{1}{22} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\pi \cdot 146.68 \cdot 10^{-3}}{43 \cdot 1211 \cdot 10^{-6}} = 0.4022 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

111. Активное сопротивление фазы алюминиевой обмотки ротора:

$$r_2 = r_c + \frac{2 \cdot r_{\text{кл}}}{\Delta^2} = 48.39 \cdot 10^{-6} + \frac{2 \cdot 0.4022 \cdot 10^{-6}}{0.146^2} = 0.8613 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

112. Активное сопротивление ротора, приведённое к числу витков обмотки статора:

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

$$r'_2 = r_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1 \cdot (w_1 \cdot k_{обм1})^2}{Z_2 \cdot k_{ск}^2} = 0.8613 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3 \cdot (42 \cdot 0.928)^2}{43 \cdot 1^2} \\ = 0.037 \text{ Ом.}$$

113. Относительное значение приведённого активного сопротивления ротора:

$$r'_{2*} = r'_2 \cdot \frac{I_{1ном}}{U_{1ном.ф}} = 0.037 \cdot \frac{100.6}{220} = 0.017 \text{ о. е.}$$

114. Радиальные вентиляционные каналы в данном АД отсутствуют, поэтому расчётная длина магнитопровода статора (по (5.14) при $n_k = 0$):

$$l'_\delta = l_1 = 0.155 \text{ м.}$$

115. Коэффициенты k_β и k'_β (стр. 39, формула (5.16) и (5.18)):

$$k'_\delta = 0.25 \cdot (1 + 3 \cdot \beta) = 0.25 \cdot (1 + 3 \cdot 0.778) = 0.833;$$

$$k_\delta = 0.25 \cdot (1 + 3 \cdot k'_\delta) = 0.25 \cdot (1 + 3 \cdot 0.833) = 0.875.$$

116. Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния статора (стр. 40, формула (5.20), рис. П.15):

$$\lambda_{n1} = \frac{h_2}{3 \cdot b_2} \cdot k_\delta + \left(\frac{h_1}{b_1} + \frac{3 \cdot h_{k1}}{b_1 + 2 \cdot b_{ш1}} + \frac{h_{ш1}}{b_{ш1}} \right) \cdot k'_\delta \\ = \frac{15.1}{3 \cdot 8.2} \cdot 0.875 + \left(\frac{0}{8.2} + \frac{3 \cdot 2.1}{8.2 + 2 \cdot 4.0} + \frac{1}{4.0} \right) \cdot 0.833 = 1.07,$$

где $h_1 = 0$ (проводники закреплены пазовой крышкой), и

$$h_2 = h_{п.к} - 2 \cdot b_{из} = 15.9 - 2 \cdot 0.4 = 15.1 \text{ мм (стр. 40, формула (5.21)).}$$

117. Коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния статора:

$$\lambda_{л1} = 0.34 \cdot \frac{q_1}{l'_\delta} \cdot (l_{л1} - 0.64 \cdot \beta \cdot \tau_1) = 0.34 \cdot \frac{6}{0.155} \cdot (0.275 - 0.64 \cdot 0.9 \cdot 0.303) \\ = 1.323.$$

118. Коэффициент ξ (паз статора – закрытый, скос пазов ротора присутствует):

$$\frac{t_{z2}}{t_{z1}} = \frac{14}{17} = 0.824$$

По рисунку П.16 определяем

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

$$k_{\text{СК}} = 1.6$$

$$\begin{aligned}\xi &= 2 \cdot k_{\text{СК}} \cdot k_{\delta} - k_{\text{обм1}}^2 \cdot \left(\frac{t_{z2}}{t_{z1}}\right)^2 \cdot (1 + \beta_{\text{СК}}^2) \\ &= 2 \cdot 1.6 \cdot 0.875 - 1^2 \cdot \left(\frac{14}{17}\right)^2 \cdot (1 + 0.7^2) = 1.929\end{aligned}$$

119. Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки статора:

$$\lambda_{\text{д1}} = \frac{t_{z1}}{12 \cdot \delta \cdot k_{\delta}} \cdot \xi = \frac{17}{12 \cdot 0.9 \cdot 1.15} \cdot 1.929 = 2.699.$$

120. Индуктивное сопротивление фазы обмотки статора:

$$\begin{aligned}x_1 &= 15.8 \cdot \frac{f_1}{100} \cdot \left(\frac{w_1}{100}\right)^2 \cdot \frac{l_{\delta}}{p \cdot q_1} \cdot \sum \lambda_1 = \\ &= 15.8 \cdot \frac{50}{100} \cdot \left(\frac{42}{100}\right)^2 \cdot \frac{0.155}{1 \cdot 6} \cdot (1.07 + 1.323 + 2.699) = 0.183 \text{ Ом.}\end{aligned}$$

121. Относительное значение индуктивного сопротивления фазы статора

$$x_{1*} = x_1 \cdot \frac{I_{1\text{ном}}}{U_{1\text{ном.ф}}} = 0.183 \cdot \frac{100.6}{220} = 0.084 \text{ о. е.}$$

122. Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния короткозамкнутого ротора (рис. П.18, рекомендации на стр. 41-42):

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{н2}} &= \left[\frac{h_0}{3 \cdot b_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot b_1^2}{2 \cdot q_c}\right) + 0,66 - \frac{b_{\text{м2}}}{2 \cdot b_1} \right] \cdot k_{\delta} + \frac{h_{\text{м2}}}{b_{\text{м2}}} + 1.12 \cdot 10^6 \cdot \frac{h_{\text{м2}}}{I_2} \\ &= \left[\frac{31.9}{3 \cdot 8.2} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot 8.2^2}{8 \cdot 150.3}\right) + 0,66 - \frac{1.5}{2 \cdot 8.2} \right] \cdot 1 + \frac{0.7}{1.5} + 1.12 \cdot 10^6 \\ &\quad \cdot \frac{0.001}{487.749} = 4.4,\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}h_0 &= h_1 + \frac{b_2}{2} - 0,1 \cdot b_2 = 31.1 + \frac{2.0}{2} - 0,1 \cdot 2.0 \\ &= 31.9 \text{ мм (рис. П. 18 и рис. 3.2, формула (5.29));} \\ k_{\delta} &= 1 \text{ по стр. 41.}\end{aligned}$$

123. Коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния ротора:

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

$$\lambda_{л2} = \frac{2,3 \cdot D_{кл.ср}}{Z_2 \cdot l_{\delta} \cdot \Delta^2} \cdot \lg \frac{4,7 \cdot D_{кл.ср}}{h_{кл} + 2 \cdot b_{кл}}$$

$$= \frac{2,3 \cdot 0.14668}{43 \cdot 0.155 \cdot 0.146^2} \cdot \lg \frac{4,7 \cdot 0.14668}{0.0445 + 2 \cdot 0.027206} = 2.002.$$

124. Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки ротора:

$$\lambda_{\partial 2} = \frac{t_{z2}}{12 \cdot \delta \cdot k_{\delta}} \cdot \xi = \frac{14}{12 \cdot 0.9 \cdot 1.125} \cdot 0.981 = 1.13$$

где

$$\xi = 1 + \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{\pi \cdot p}{Z_2} \right)^2 - \frac{\Delta_Z}{1 - \left(\frac{p}{Z_2} \right)^2} = 1 + \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 2}{43} \right)^2 - \frac{0.02}{1 - \left(\frac{2}{43} \right)^2} = 0.981,$$

где $\Delta_Z = 0,02$ по рисунку П.17.

125. Коэффициент проводимости скоса:

$$\lambda_{ск} = \frac{t_{z2} \cdot \beta_{ск}^2}{12 \cdot k_{\delta} \cdot k_{\mu}} = \frac{14 \cdot 0.7^2}{12 \cdot 1.125 \cdot 1.285} = 0.395.$$

126. Индуктивное сопротивление фазы обмотки ротора:

$$x_2 = 7,9 \cdot f_1 \cdot l_{\delta} \cdot \sum \lambda_2 \cdot 10^{-6}$$

$$= 7,9 \cdot 50 \cdot 0.155 \cdot (4.4 + 2.002 + 1.13 + 0.395) \cdot 10^{-6}$$

$$= 485.4 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

127. Индуктивное сопротивление фазы обмотки ротора, приведённое к числу витков обмотки статора:

$$x'_2 = x_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1 \cdot (w_1 \cdot k_{обм1})^2}{Z_2 \cdot k_{ск}^2} = 485.4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4 \cdot 3 \cdot (42 \cdot 0.928)^2}{43 \cdot 1^2}$$

$$= 0.206 \text{ Ом.}$$

128. Относительное значение индуктивного сопротивления фазы ротора:

$$x'_{2*} = x'_2 \cdot \frac{I_{1ном}}{U_{1ном.ф}} = 0.206 \cdot \frac{100.6}{220} = 0.094 \text{ о. е.}$$