

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР): листов 115, таблиц 13 , рисунков 13, источников литературы 17,2 листа графического материала.

Ключевые слова: двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором, статор, ротор, однослойная обмотка, пусковые реостаты, рабочие и пусковые характеристики.

Объектом исследования является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, запускающийся с помощью пусковых реостатов.

Целью работы является проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для привода конвейера. Проведён электромагнитный, тепловой и механический расчёты, разработана технология производства статора на программу выпуска 2500 шт./год, проведен экономический расчёт производства двигателя 2500 шт./год, проверена безопасность и экологичность проекта, разработаны чертежи по данным разделам.

ВКР рассчитана с помощью программы Mathcad 14, текст выполнен в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010 на белой бумаге формата А4. Чертежи выполнены в графическом редакторе КОМПАС 3DV15 на белой бумаге формата А3.

В процессе разработки определены главные размеры двигателя, энергетические, рабочие и пусковые характеристики. Составлена тепловая схема, и проведен тепловой расчет. Рассчитаны механические характеристики вала на жесткость и прочность. В специальной части проведен расчёт и выбор пусковых сопротивлений. Разработана технология производства статора по заданной программе выпуска 2500 шт./год. Основные конструктивные, технические и технико-экономические характеристики: способ монтажа IM1001 –двигатель на лапах с двумя подшипниковыми щитами; степень защиты IP54 –от попадания влаги внутрь корпуса; система охлаждения IC0141 –с наружным вентилятором, расположенный на валу двигателя; режим работы S1 –продолжительный.

Введение

Скоротечность научно-технического прогресса требует своевременной и повсеместной автоматизации производственных процессов. Следовательно, появляется необходимость в создании электрических машин, соответствующих по своим показателям и характеристикам довольно разнообразным требованиям многочисленных отраслей народного и промышленного хозяйства.

Под созданием электрической машины понимается её проектирование, изготовление и испытание.

Проектирование электрической машины, есть не что иное, как расчет размеров её отдельных частей, деталей, сборочных единиц, обмоток, рабочих, механических характеристик, так же производят оценку различных показателей, например таких, как технико-экономические показатели спроектированной машины, показатели надежности и т.д.

По разным данным, около 70% всей электрической энергии, преобразуемой в механическую вращательного или поступательного движения, потребляется асинхронными электродвигателями. Широкое применение асинхронных двигателей связано с простотой их конструкции, ее технологичностью и минимальными затратами в эксплуатации, по сравнению с другими видами электрических машин, таких как двигатели постоянного тока, синхронными двигателями и т.д.. Основные тенденции в развитии электромашиностроения.

К основным тенденциям можно отнести:

- Применение утоньшенной корпусной изоляции и обмоточных проводов с малой толщиной изоляции. При этом повышается коэффициент заполнения обмоточного пространства медью и соответственно использование объема машины.

- Использование более нагревостойкой изоляции. В настоящее время наибольшее распространение находит изоляция класса F. В машинах, работающих в более тяжелых условиях, распространена изоляция класса H.

- Применение улучшенных марок электротехнической стали. Сейчас часто используют холоднокатаную электротехническую сталь, обладающую большей магнитной проницаемостью и меньшими удельными потерями в сравнении с горячекатаной.

- Усовершенствование охлаждения машин, путем повышения производительности вентиляторов, уменьшения аэродинамического сопротивления воздухопровода, увеличения поверхности охлаждения, усиления теплопередачи путем лучшего заполнения воздушных прослоек в обмотках пропитываемыми лаками и компаундами.

- Усовершенствование методов расчета машин.

- Улучшение конструкции машин, придание рациональной формы, при обеспечении снижения массы и повышения прочности.

Также сюда можно отнести стремление уменьшить динамический момент инерции, увеличение отношения длины сердечника ротора к его диаметру; повышение надежности.

Выпускная квалификационная работа посвящена:

- проектированию трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором;

- разработке технологического процесса сборки проектируемого двигателя;

- расчету экономической целесообразности производства данного электродвигателя;

- рассмотрению вопросов безопасности и экологичности при осуществлении сборки проектируемого двигателя, разработка мер пожарной безопасности и меры защиты окружающей среды.

7. Специальная часть

«Тепловой расчёт двигателя при увеличенном моменте нагрузки и ПВ=50%»

При повторно кратковременном режиме эквивалентный момент определяется по формуле;

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{M_1^{2 \times t_1} + M_2^{2 \times t_2} \dots M_k^{2 \times t_k}}{t_1 + t_2 + \dots + t_k}}$$

В данном случае при ПВ=50% и моменте нагрузки $M_{H=1,25}$ от номинального:

-если $P_2=40\ 000$ Вт, то момент $M_H=255$ н_м

-если $P_2=50\ 000$ Вт, то момент $M_H=318$ н_м

При ПВ=50% и моменте 318 н_м во время работы, пауза -50% с моментом $M_H=0$ эквивалентный момент будет:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \times t + M_2^2 \times t}{t+t}} = \sqrt{\frac{t(M_H^2 + M_{H0}^2)}{2t}} = \frac{M_H}{\sqrt{2}} = \frac{318}{1,41} = 226 \text{ нм}$$

При данном $M_{\text{ЭКВ}}$ эквивалентная мощность

$$P_{\text{ЭКВ}} = M_{\text{ЭКВ}} \cdot n / 9550 = 226 \cdot 1500 / 9550 = 35,5 \text{ кВт.}$$

По полученной эквивалентной мощности находим электрические потери в обмотке статора и определяем нагрев обмотки. При этом потери в стали и механические потери не изменяются.

На рисунках 7.1 и 7.2 показан график загрузки двигателя и определение электрических потерь при ПВ50%.

В эквивалентный момент и определение эквивалентной мощности из электромагнитного расчета и расчета потерь статора составлена таблица 7.1

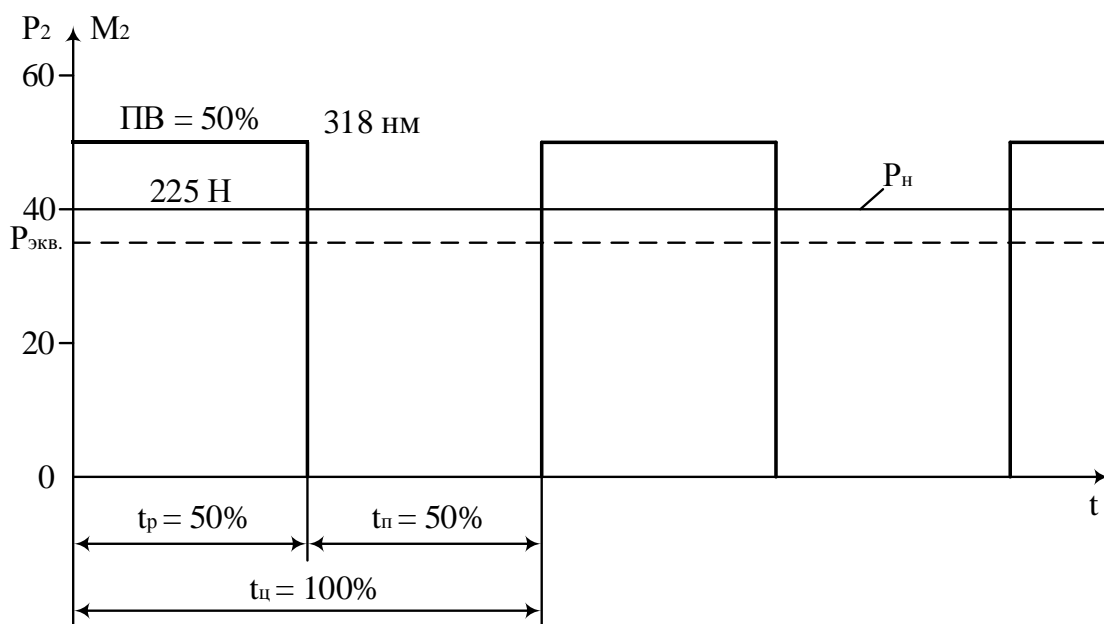


Рисунок 7.1

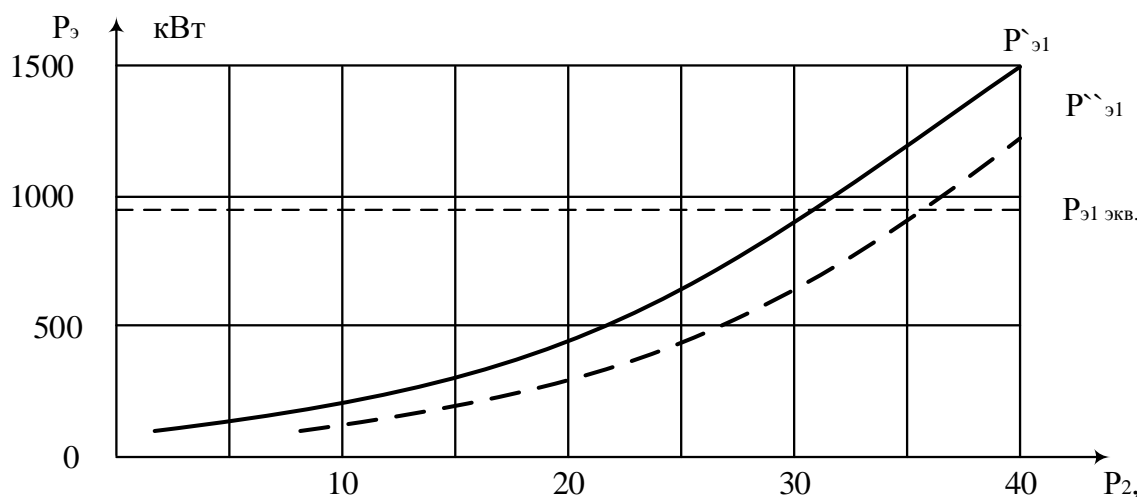


Рисунок 7.2

Таблица 7.1.

P_2 , кВт	10	20	30	40
$P'_{\text{э1}}$, Вт	85	340	764	1498
$P''_{\text{э1}}$, Вт	210	310	812	1352

Из графиков определяем электрические потери в обмотке статора, при эквивалентной мощности $P_{\text{э1 экв.}} = 950$ Вт.

Тепловой расчет и вентиляционный расчет

Превышение температуры внутренней поверхности сердечника статора над температурой воздуха внутри двигателя.

2.1 Электрические потери в обмотке статора делятся на потери в пазовой части :

$$P'_{\dot{y}.i.1} = k_p \cdot P_{y1} \cdot \frac{2 \cdot l_{\delta}}{l_{cd1}} = 1,07 \cdot 1352 \cdot \frac{2 \cdot 0,208}{0,997} = 603,6 \text{ Вт} \quad (2.1)$$

Превышение температуры внутренней поверхности сердечника статора над температурой воздуха внутри двигателя:

$$\Delta V_{нов} = K \cdot \frac{P'_{\dot{y}.i.1} + P_{ст.очн}}{\pi \cdot D \cdot l_{\delta} \cdot \alpha_1}, \quad (2.2)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи с поверхности, зависит от D_a [1,450]

$$\alpha_1 = 158 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

K – коэффициент, учитывающий, что часть потерь в сердечнике статора и в пазовой части обмотки передаётся через станину непосредственно в окружающую среду, зависит от $2p$, $K = 0,2$ тогда:

$$\Delta V_{\dot{y}.i.1} = 0,2 \cdot \frac{603,6 + 688,46}{3,14 \cdot 0,24 \cdot 0,208 \cdot 115} = 14,3^\circ\text{C} \quad (2.3)$$

Расчётный периметр поперечного сечения паза статора, равный для полузакрытых трапециевидальных пазов:

$$\Pi_1 = 2 \cdot h_{н.к.} + b_1 + b_2 = 2 \cdot 0,022 + 9 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ м} \quad (2.4)$$

2.2. Перепад температуры в изоляции пазовой части обмотки статора :

$$\Delta V_{из.п1} = \frac{P'_{\dot{y}.i.1}}{Z_1 \cdot \Pi_1 \cdot l_{\delta}} \cdot \left(\frac{b_{из.п1}}{\lambda'_{\text{эке}}} + \frac{b_1 + b_2}{16 \cdot \lambda'_{\text{эке}}} \right), \quad (2.5)$$

где $\lambda_{\text{экв}}$ - средняя эквивалентная теплопроводность пазовой изоляции; для классовнагревомтой кости В, F и Н

$$\lambda_{\text{экв}} = 0,16 \text{ Вт / (м} \cdot \text{}^{\circ}\text{C)},$$

$\lambda'_{\text{экв}}$ – среднее значение коэффициента теплопроводности внутренней изоляции катушки насыпной обмотки из эмалированных проводников,

$$\lambda'_{\text{экв}} = 1,3 \text{ Вт / (м} \cdot \text{}^{\circ}\text{C)}, \text{ зависит от соотношения [1,451]:}$$

$$d/d_{\text{из}} = 1,18 \cdot 10^{-3} / 1,26 \cdot 10^{-3} = 0,937, \quad (2.6)$$

тогда:

$$\Delta V_{\text{э.л.1}} = \frac{603,6}{48 \cdot 0,06 \cdot 0,208} \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{0,16} + \frac{(9+7) \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 1,1} \right) = 4,06^{\circ} \text{C} \quad (2.7)$$

2.3. Перепад температуры по толщине изоляции лобовых частей:

$$\Delta V_{\text{из.л1}} = \frac{P'_{\text{э.л.1}}}{2 \cdot Z_1 \cdot \Pi_1 \cdot l_{\delta}} \cdot \left(\frac{b_{\text{из.л1}}}{\lambda_{\text{экв}}} + \frac{h_{\text{л1}}}{12 \cdot \lambda'_{\text{экв}}} \right),$$

$$\Delta V_{\text{э.л.1}} = \frac{748,4}{2 \cdot 48 \cdot 0,06 \cdot 0,208} \cdot \left(\frac{0,05 \cdot 10^{-3}}{0,16} + \frac{0,022}{12 \cdot 1,3} \right) = 1,07^{\circ} \text{C} \quad (2.8)$$

2.4. Превышение температуры наружной поверхности лобовых частей над температурой воздуха внутри двигателя:

$$\Delta V_{\text{в.л.1}} = \frac{K \cdot P'_{\text{э.л.1}}}{2 \cdot \pi \cdot D \cdot l_{\text{в.л.1}} \cdot \alpha_1} = \frac{0,2 \cdot 748,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,24 \cdot 0,093 \cdot 115} = 9,28^{\circ} \text{C} \quad (2.9)$$

где $P'_{\text{э.л.1}}$ - электрические потери в обмотке статора в пазовой части находятся по [1,с.449] с учетом того, что изоляция обмотки класса нагрев стойкости F, $P'_{\text{э.л.1}} = 951,88 \text{ Вт}$.

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой воздуха внутри двигателя [1,с.452]:

$$\Delta v'_1 = \frac{(\Delta v_{нов.л} + \Delta v_{уз.л1}) \cdot 2 \cdot l_\delta + (\Delta v_{уз.л1} + \Delta v_{нов.л1}) \cdot 2 \cdot l_\delta}{l_{сп1}} \quad (2.10)$$

$$\Delta v'_1 = \frac{(14,3 + 4,06) \cdot 2 \cdot 0,208 + (9,28 + 1,07) \cdot 2 \cdot 0,208}{0,997} = 12,05^\circ C$$

2.5. Превышение температуры воздуха внутри машины над температурой окружающей среды определяется в предположении, что температура корпуса равна температуре воздуха внутри машины [1, с.453]:

$$\Delta v_B = \frac{\sum P'_B}{s_{кор} \cdot \alpha_B}, \quad (2.11)$$

где $\sum P'_B$ - сумма потерь, отводимых в воздух внутри двигателя:

$$\sum P'_B = \sum P' - (1 - K) \cdot (P'_{э.л.1} + P_{ст.осн}) - 0,9 \cdot P_{мех}, \quad (2.12)$$

$$\sum P' = \sum P + (k_\rho - 1) \cdot (P_{y1} + P_{y2}) = 3070 + (1,07 - 1) \cdot (1352 + 688,5) = 3212,8 \text{ Вт}, \quad (2.13)$$

тогда:

$$\sum P'_B = [-0,9 \cdot 237 + 3212,8 - (1 - 0,2) \cdot (603,6 + 688,462)] = 1965,88 \text{ Вт}, \quad (2.14)$$

$s_{кор}$ - эквивалентная поверхность охлаждения корпуса [1, с.453]:

$$s_{кор} = (\pi \cdot D_a + 8 \cdot \Pi_p) \cdot (l_\delta + 2 \cdot l_{выл}) = (3,14 \cdot 0,358 + 8 \cdot 0,38) \cdot (0,208 + 2 \cdot 0,093) = 1,642 \text{ м}^2$$

где Π_p - условный периметр поперечного сечения рёбер корпуса двигателя [1, с.453], $\Pi_p = 0,38 \text{ м}$, зависит от h ,

α_B - коэффициент подогрева воздуха, учитывающий теплоотдающую способность поверхности корпуса и интенсивность перемешивания воздуха внутри машины [1, с.450],

$$\alpha_B = 24 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ C), \text{ зависит от } D_a, \quad (2.15)$$

тогда:

$$\Delta v_B = \frac{1965,88}{1,642 \cdot 24} = 49,9^0 \text{ C} \quad (2.16)$$

2.6. Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды [1, с.453]:

$$\Delta v_1 = \Delta v'_1 + \Delta v_B = 12,05 + 49,9 = 61,95^0 \text{ C} \quad (2.17)$$

Для класса нагрев стойкости F (ТН155) допускаемое превышение температуры обмотки статора составляет $61,95^0 \text{ C}$, $\Delta \theta_1 \leq 0,8 \cdot 115 = 92^0 \text{ C}$

Вентиляционный расчёт асинхронных двигателей, так же как и тепловой, на первоначальном этапе проектирования, может быть выполнен приближённым методом, который заключается в сопоставлении расхода воздуха, необходимого для охлаждения двигателя и расхода, который может быть получен при данной конструкции и размерах двигателя.

2.7 Требуемый для охлаждения расход воздуха [1, с.456]:

$$\theta_B = \frac{k_m \cdot \sum P'_B}{1100 \cdot \Delta v_B} \quad (2.18)$$

где k_m – коэффициент, учитывающий изменение условий охлаждения по длине поверхности корпуса, обдуваемого наружным вентилятором:

$$k_m = m' \cdot \sqrt{\frac{n}{100} \cdot D_a} = 2,5 \cdot \sqrt{\frac{1500}{100} \cdot 0,358} = 5,793, \quad (2.19)$$

где $m' = 2,5$ для двигателей с $2 \cdot p = 4$ при $h = 200$ мм .

тогда:

$$\theta_B = \frac{5,79 \cdot 1965,88}{1100 \cdot 49,9} = 0,207 \frac{\text{л}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{с}} \quad (2.20)$$

2.8 Расход воздуха, обеспечиваемый наружным вентилятором:

$$\theta'_B = 0,6 \cdot D_a^3 \cdot \frac{n_1}{100} = 0,6 \cdot (0,358)^3 \cdot \frac{1500}{100} = 0,413 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.21)$$

$\theta'_B = 0,413 > \theta_A = 0,207$ Необходимое условие для охлаждения машин выполнено.

Нагрев двигателя находится в допустимых пределах. Вентилятор обеспечивает необходимый расход воздуха.

Спроектированный двигатель отвечает поставленным в техническом задании требованиям.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован трехфазный асинхронный двигатель для привода насоса мощностью $P_{2H} = 40$ кВт, частотой вращения $n = 1500$ об/мин, числом полюсов $2p = 4$, напряжением $U_n = 380$ В.

В электромагнитном расчете были выбраны главные размеры, определены параметры двигателя, масса активных материалов, потери и КПД, а также рассчитаны рабочие и пусковые характеристики. Кратность пускового тока и максимального момента удовлетворяют требованиям, предъявляемым к двигателю.

Обмотка статора выбрана двухслойной, катушечной из жестких секций. Для обмотки статора применена изоляция класса F, которая допускает длительный нагрев обмотки статора до 115° С. Короткозамкнутая обмотка ротора – литая из алюминия.

Механический расчет вала показал, что жесткость, прочность и критическая частота вращения вала удовлетворяют требуемым условиям.

Тепловой расчет показал, что у двигателя имеется температурный запас в 30% при нагреве обмотки статора, а вентилятор обеспечивает расход воздуха почти с двукратным запасом.

При выполнении технологической части выпускной квалификационной работы была разработана технология общей сборки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Рассчитаны размерные цепи, оценена технологичность конструкции асинхронного двигателя. Выбрано оборудование и оснастка. Определены нормы времени и необходимое количество оборудования для выполнения требуемой программы выпуска.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ опасных и вредных факторов. Освещены вопросы, связанные с чрезвычайной ситуацией, охраной окружающей среды. Произведен расчет освещения.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» освещены вопросы технико-экономического обоснования производства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Произведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения инженерных сооружений с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В целом спроектированный трехфазный асинхронный двигатель для привода насоса удовлетворяет требованиям, определенным заданием.

