**Липецкий государственный технический университет**

Факультет автоматизации и информатики

Кафедра электропривода

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по электрическим машинам

«Проектирование асинхронного двигателя

с короткозамкнутым ротором»

Вариант 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент |  | Комаров И.А. |
| Группа ЭП-18-1 |  |  |
| Руководитель  К.т.н, доцент |  | Шишлин Д.И. |

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

По дисциплине \_\_\_\_ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Студент группы: ЭП-18-1 Комаров И.А.

Тема**: Проектирование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором**

1. Исходные данные к проекту Вариант 5

Номинальная мощность *P* = 15 кВт

Число фаз - 3

Номинальное напряжение *U*Н= 380 В (*U*Ф= 220 В)

Частота питающего напряжения – 50 Гц

Синхронная скорость 1500 об/мин

Способ охлаждения - самовентиляция IC0 141

Режим работы - длительный

Базовая модель двигатель серии 4А160S4, конструктивное исполнение IM1001, исполнение по защите IP44, класс нагревостойкости изоляции F.

1. Содержание пояснительной записки:

Определение главных размеров; расчет обмотки, электромагнитных нагрузок, числа пазов статора; определение размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора; расчет обмотки, пазов и ярма ротора; расчет намагничивающего тока; расчет параметров рабочего режима двигателя; расчет потерь в стали и механических потерь; расчет рабочих и пусковых характеристик; тепловой расчет двигателя - определение превышений температур.

Перечень графического материала: чертеж общего вида асинхронного двигателя

4. Срок сдачи законченного проекта 14 декабря 2020 г.

Руководитель проекта: к.т.н, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Шишлин Д.И./

Дата выдачи задания: 14 сентября 2020 г.

Содержание

[Аннотация 4](#_Toc532131311)

[Введение 5](#_Toc532131312)

[1 Выбор главных размеров 6](#_Toc532131313)

[2 Определение Z1, w1 и сечение провода обмотки статора 10](#_Toc532131314)

[3 Расчёт размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора 14](#_Toc532131315)

[4 Расчёт ротора 17](#_Toc532131316)

[5 Расчёт намагничивающего тока 20](#_Toc532131317)

[6 Параметры рабочего режима 23](#_Toc532131318)

[7 Расчёт потерь 27](#_Toc532131319)

[8 Расчёт рабочих и пусковых характеристик 30](#_Toc532131320)

[9 Тепловой расчет и расчет вентиляции 42](#_Toc532131321)

[Заключение 46](#_Toc532131322)

[Список используемой литературы 47](#_Toc532131323)

**Аннотация**

Основной задачей проектирования асинхронного двигателя, как и любой электрической машины, является выбор оптимальных параметров (главные размеры, расчет потерь, тепловой и вентиляционный расчеты и др.) проектируемой машины. Ниже представлен расчет параметров асинхронного двигателя. Также собраны в таблицу данные расчета рабочих характеристик асинхронного двигателя и данные расчета пусковых характеристик.

# Введение

Асинхронный двигатель является преобразователем электриче­ской энер­гии в механическую и составляет основу большинства ме­ханизмов использую­щихся во всех отраслях народного хозяйства.

В настоящее время асинхронные двигатели потребляют более 70% выра­ба­тываемой электрической энергии, на их изготовление расходуется большое коли­чество дефицитных материалов: обмоточ­ные меди, изоляции, электриче­ской стали и других затрат.

На ремонт и обслуживание асинхронных двигателей в эксплуата­ции сред­ства составляют более 5% затрат из обслуживания всего ус­тановленного оборудо­вания.

Поэтому создание высокоэкономичных и надежных асин­хронных двигателей является важнейшей за­дачей, Серия 4А подходит в качестве прототипа при проектировании.

# 1 Выбор главных размеров

Число пар полюсов

,

где n1 — синхронная частота вращения, об/мин; *f*— частота питания, Гц.

Высота оси вращения h = 160 мм.

ДиаметрDa = 0,272 м.

Внутренний диаметр статора KD = 0,68.

, м.

Полюсное деление

, м.

Расчётная мощность

, Вт,

где Р2 — мощность на валу двигателя, Вт; kE — отношение ЭДС об­мотки статора к номинальному напряжению, которое может быть приближенно определено по рисунку 2. cosφ и η (КПД).

ПринимаемkE = 0,975; η = 0,89 и cosφ = 0,88.

Электромагнитные нагрузки *A* = 33500 А/м, Тл.

Обмоточный коэффициент для однослойной обмотки *k*об1 = 0,95.

Расчётная длина магнитопровода (зазора)

, м.

Синхронная угловая частота двигателя определяется по формуле

, рад/с.

Отношение

.

Значение λ находится в допустимых пределах и определяется по рисунку.

# Определение Z1, w1 и сечение провода обмотки статора

Предельные значения t1max = 14 мм; t1min = 12 мм определяем по рисунку

Число пазов статора

;

.

Принимаем *Z*1=48, тогда

.

Зубцовое деление статора (окончательно)

, м.

Число (целое) эффективных проводников в пазу (предварительно при условии *a* = 1) (нет параллельных ветвей)

, A.

.

Принимаем *a* = 2

.

Окончательные значения числа витков фазы, линейной нагрузки и магнитного потока

;

, А/м;

, Вб.

Индукция в воздушном зазоре

, Тл.

A и находятся в допустимых пределах из рисунка.

Плотность тока в обмотке статора (предварительно) находят из рисунка и равна AJ1 = 183.109.

, А/м2.

Площадь поперечного сечения эффективного проводника (предварительно)

, мм2.

Принимаем *n*эл = 2

, мм2.

Обмоточный провод ПЭТВ определяем по таблице, указанной в методичке.

dэл = 1,18 мм; dиз=1,26 мм; qэл=1,094 мм2;

, мм2.

Плотность тока статора (окончательно)

, А/мм2.

# Расчёт размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора

Паз статора определяем с соотношением размеров, обеспечивающим параллельность боковых граней зубцов.

Принимаем предварительно Bz1=1,95 Тл, Bа=1,65.

, мм.

По таблице для оксидированных листов принимаем *k*с = 0,97.

, мм.

Размеры паза в штампе принимаем bш = 3,7 мм; hш = 1 мм,

где hш высота шлица паза; bш ширина шлица паза.

, мм;

, мм;

, мм;

, мм.

Размеры паза свету с учётом припуска на сборку

, мм;

, мм;

, мм,

где b'п и h'п – размеры паза “в свету”, полученные при расчете заполнения паза проводниками обмотки и изоляцией.

Площадь поперечного сечения паза для размещения проводников

, мм2.

Площадь поперечного сечения прокладок и корпусной изоляции в пазу

, мм2.

Односторонняя толщина изоляции в пазу по таблице (*b*из = 0,4 мм).

Коэффициент заполнения паза

.

находится в допустимых пределах. Уточнение размеров паза не требуется.

# Расчёт ротора

Воздушный зазор мм.

Число пазов ротора *Z*2 = 38.

Внешний диаметр

, м.

Длина магнитопровода ротора L2 = L1 = 0,13 м.

Зубцовое деление

, мм.

Внутренний диаметр ротора равен диаметру вала, так как сердечник ротора непосредственно насаживается на вал (*k*в = 0,23).

, мм.

Ток в стержне ротора

, А,

где 



Площадь поперечного сечения стержня (предварительно)

, мм2.

Плотность тока в литой клетке принимаем J2 = 2,5**.**106 А/м2.

Паз ротора принимаем bш = 1,5 мм, hш = 0,7 мм, h**'**ш = 0,3 мм.

Допустимая ширина зубца при Bz2 = 1,8 Тл

, мм.

Размеры паза

, ;

, мм;

, мм.

Принимаем b1 = 8 мм, b2 = 4 мм, h1 = 23,7 мм.

Полная высота паза:

, мм.

Принимаем *h*п2 = 31 мм.

Сечение стержня

, мм2.

Плотность тока в стержне

, А/м2.

Короткозамыкающие кольца. Площадь поперечного сечения

, мм2;

, A,

где ;

.

Размеры замыкающих колец:

мм;

;

;

.

# Расчёт намагничивающего тока

Магнитное напряжение воздушного зазора

, А,

где *B*δ — индукция в воздушном зазоре, рассчитанная по окончательно принятому числу витков в фазе обмотки ** и обмоточ­ному коэффициенту  определенному для принятой в машине об­мотки;

 – воздушный зазор, м;

– коэффициент воздушного зазора: ,

при .

Значения индукций

, Тл;

 , Тл;

 и - ширина зубца ротора, м.

, Тл;

 , Тл,

где **— коэффициент заполнения сердечника ротора сталью;

 — расчетная высота ярма ротора, м.

Расчетная высота ярма ротора при определяется

, мм.

Магнитные напряжения зубцовых зон статора и ротора

, А;

, А,

где * и* — расчетная высота зубца статора: мм; мм.

— расчетная напряженность поля в зубце, А.

Напряженность поля в зубце определяют по кривым намагничивания для зубцов принятой при проектирова­нии марки стали.

Для стали 2013  А/м при Тл;  А/м при Тл.

Коэффициент насыщения зубцовой зоны

.

Полученное значение  позволяет предварительно оценить правильность выбранных размерных соотношений и обмоточных данных проектируемой машины.

Магнитные напряжения ярм статора и ротора

, А;

Где  — длина средней магнитной силовой линии в ярме статора:

, м;

где ** — высота ярма статора, м.

— напряженность поля при индукции  по кривой намагничива­ния для ярма, принятой при проектировании стали.

Для стали 2013  А/м при Тл.

Для стали 2013  А/м при Тл.

 А;

Где — напряженность поля в ярме при индукции по кривой намагничивания для ярма принятой при проектировании стали. Индукция в ярме ротора, Тл;

-длина силовых линий в ярме: , м;

 - высота ярма ротора: , м.

Магнитное напряжение на пару полюсов

- суммарное магнитное напряжение магнитной цепи (на пару полюсов)

, А.

Коэффициент насыщения магнитной цепи

.

Намагничивающий ток

, А.

Относительное значение

.

# Параметры рабочего режима

Активное сопротивление фазы обмотки статора

, Ом.

Для класса нагревостойкости изоляции F расчетная величина . Для меди Омм.

Где  — общая длина эффективных проводников фазы обмотки:  м;

при  м; м; м; 1,4 для 2p=4 .

 — площадь поперечного сечения эффективного проводника, м.

Длина вылета лобовой части катушки

мм, где .

— средняя ширина катушки: м.

 — укорочение шага обмотки ротора;

 — коэффициент, значение которого берут из таблицы в зависимости от числа полюсов машины и наличия изоляции в лобовых частях;

 — длины вылета прямолинейной части катушек из паза от торца сердечника до начала отгиба лобовой части: ****0,01 м.

Относительное значение

.

Активное сопротивление фазы алюминиевой обмотки ротора

Ом.

При 

, Ом;, Ом,

где для литой алюминиевой обмотки ротора Омм.

 – средний диаметр замыкающих колец, м;

 – сечение стержня, м2;

 – коэффициент увеличения активного сопротивления стержня от действия эффекта вытеснения тока;

 – площадь поперечного сечения замыкающего кольца, м2;

 – удельное сопротивление материала стержня и замыкающих колец, при расчетной температуре.

Приводим  к числу витков обмотки статора

 Ом.

Относительное значение

.

Индуктивное сопротивление фазы обмотки статора



где

;

при мм; мм; ;  мм; ;;м.

Коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния

,

где  — число пазов на полюс и фазу;

 - длина лобовой части витка обмотки;

=1 — укорочение шага обмотки, для которой проводится расчет, т. е. обмотки статора или фазного ротора.

Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния для обмоток статора и фазного ротора

;

,

для и  1.

Относительное значение

.

Индуктивное сопротивление фазы ротора



где

;

при мм; мм; мм; ; мм;мм; мм2;  (для рабочего режима).

Коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния



 – средний диаметр замыкающих колец, м;

 – сечение стержня, м2;

Δ— коэффициент приведения токов в кольце к току в стержне;

 и  — средние высота и ширина колец.

Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки, короткозамкнутого ротора



, т.к. , .

.

Приводим  к числу витков обмотки статора

 Ом.

Относительное значение

.

# Расчёт потерь

Основные потери в стали



где Вт/кг — удельные потери;

 и — индукция в ярме и средняя индукция в зубцах статора, Тл;

,  – масса стали ярма и зубцов статора:

, кг;

, кг,

где **** — высота ярма статора: м;

 — расчетная высота зубца статора, м;

****— средняя ширина зубца статора, м:

 — удельная масса стали; в расчетах принимают  кг/м3;

- показатель степени, учитывающий зависимость потерь в стали от частоты перемагничивания;

 и  – коэффициенты, учитывающие влияние на потери в стали неравномерности распределения потока по сечениям участков магнитопровода и технологических факторов: , .

Поверхностные потери в роторе

, Вт;

, Вт,

где .

, Тл,

где для .

Пульсационные потери в зубцах ротора

, Вт;

 — масса стали зубцов ротора:  кг.

Амплитуда пульсаций индукции в среднем сечении зубцов для зубцов ротора , Тл;

— средняя индукция в зубцах ротора, Тл;

.

Сумма добавочных потерь в стали

, Вт.

Полные потери в стали

, Вт.

Механические потери

, Вт,

где коэффициент .

Добавочные потери при номинальном режиме

, Вт;

 - коэффициент полезного действия двигателя.

Ток холостого хода двигателя

, А.

При определении активной составляющей тока холостого хода принимают, что потери на трение и вентиляцию и потери в стали при холостом ходе двигателя такие же, как и при номинальном режиме. Тогда

, А;

Электрические потери в статоре при холостом ходе приближенно принимаются равными: , Вт;

Реактивная составляющая тока холостого хода: .

Коэффициент мощности при холостом ходе

.

# Расчёт рабочих и пусковых характеристик

Найдём расчетное сопротивление r12 и сопротивление взаимной индуктивности x12

, Ом;

, Ом.

Комплексный коэффициент с1 находим по приближённой формуле, так как 



.

Активная составляющая тока синхронного холостого хода

, А.

Найдём расчетные величины, обозначенные в формуляре а, а', b и b'. Формулы для их определения зависят от принятого (точного или приближенного) метода расчета с1. Если , то можно использовать приближенный метод:

, Ом;

, Ом;

, Ом;

, Ом.

Потери, не меняющиеся при изменении скольжения

 Вт.

Принимаем  и рассчитываем рабочие характеристики, задаваясь *s* = 0,05; 0,01; 0,015; 0,02; 0,026; 0,03. Результаты расчёта сведены в таблицу 1, по которой уточняется скольжение *s*н. Номинальные данные спроектированного двигателя: Р2н = 15 кВт, U1н = 220/380 В, I1н = 16,8 А, соs φн =0,88, ηн =0,89.

Таблица 1 – Результат расчета рабочих характеристик АД

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формула | Ед.изм | Скольжение | | | | | | |
| 0,005 | 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,03 | sн=0,026 |
|  | Ом | 115,46 | 57,732 | 38,488 | 28,866 | 23,093 | 19,244 | 22,205 |
|  | Ом | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | Ом | 116,58 | 58,848 | 39,604 | 29,982 | 24,209 | 20,36 | 23,321 |
|  | Ом | 3,845 | 3,845 | 3,845 | 3,845 | 3,845 | 3,845 | 3,845 |
|  | Ом | 116,64 | 58,973 | 39,79 | 30,228 | 24,512 | 20,72 | 23,635 |
|  | А | 3,2578 | 6,4436 | 9,5501 | 12,571 | 15,502 | 18,34 | 16,078 |
|  | - | 0,9995 | 0,9979 | 0,9953 | 0,9919 | 0,9876 | 0,9826 | 0,9867 |
|  | - | 0,033 | 0,0652 | 0,0966 | 0,1272 | 0,1569 | 0,1856 | 0,1627 |
|  | А | 3,547 | 6,7209 | 9,7964 | 12,76 | 15,602 | 18,312 | 16,154 |
|  | А | 4,7714 | 5,0841 | 5,5868 | 6,2631 | 7,0957 | 8,0673 | 7,2795 |
|  | А | 5,9454 | 8,4272 | 11,278 | 14,214 | 17,139 | 20,011 | 17,719 |
|  | А | 3,2904 | 6,508 | 9,6456 | 12,697 | 15,657 | 18,523 | 16,238 |
|  | кВт | 4,0436 | 7,6618 | 11,168 | 14,547 | 17,786 | 20,876 | 18,416 |
|  | кВт | 0,1172 | 0,2354 | 0,4216 | 0,6698 | 0,9738 | 1,3274 | 1,0408 |
|  | кВт | 0,0184 | 0,0719 | 0,158 | 0,2737 | 0,4163 | 0,5826 | 0,4477 |
|  | кВт | 0,0115 | 0,0231 | 0,0414 | 0,0657 | 0,0955 | 0,1302 | 0,1021 |
|  | кВт | 0,6151 | 0,7984 | 1,0889 | 1,4772 | 1,9536 | 2,5082 | 2,0586 |
|  | кВт | 3,4286 | 6,8633 | 10,079 | 13,069 | 15,832 | 18,368 | 16,357 |
|  | - | 0,8479 | 0,8958 | 0,9025 | 0,8984 | 0,8902 | 0,8799 | 0,8882 |
|  | - | 0,5966 | 0,7975 | 0,8687 | 0,8977 | 0,9103 | 0,9151 | 0,9117 |

Построение рабочих характеристик приведено на рисунках 1-4.

Рисунок 1 – Зависимость cosφ от P1

Рисунок 2 - Зависимость I1 от P1

Рисунок 3 - Зависимость η от P1

Рисунок 4 – Зависимость s от P1

Расчёт пусковых характеристик. Рассчитываем точки характеристик, соответствующие скольжениям s = 1; 0,8; 0,5; 0,2; 0,1. Данные расчёта точек сведены в таблицу 2. Подробный расчёт приведён для скольжения s = 1.

Таблица 2 - Данные расчёта пусковых характеристик АД

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетная формула | Ед.изм | Скольжение *s* | | | | | |  |
| 1 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | sкр  =0,18 |
|  | - | 1,972 | 1,764 | 1,444 | 0,831 | 0,764 | 0,624 | 0,837 |
|  | - | 0,86 | 0,59 | 0,27 | 0,54 | 0,303 | 0,135 | 0,436 |
|  | - | 1,592 | 1,394 | 1,169 | 1,358 | 1,358 | 1,079 | 1,284 |
|  | - | 1,4 | 1,266 | 1,114 | 1,242 | 1,242 | 1,054 | 1,192 |
|  | Ом | 0,793 | 0,717 | 0,631 | 0,704 | 0,704 | 0,597 | 0,675 |
|  | - | 0,75 | 0,82 | 0,9 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,97 |
|  | - | 0,782 | 0,801 | 0,824 | 0,838 | 0,838 | 0,847 | 0,844 |
|  | Ом | 1,116 | 2,372 | 2,439 | 2,481 | 2,481 | 2,506 | 2,498 |
|  | Ом | 1,633 | 1,643 | 1,654 | 1,667 | 1,681 | 1,696 | 1,674 |
|  | Ом | 0,631 | 0,633 | 0,638 | 0,642 | 0,663 | 0,672 | 0,653 |
|  | - | 1,005 | 1,00502 | 1,00506 | 1,0051 | 1,00526 | 1,00533 | 1,00518 |
|  | Ом | 1,902 | 2,006 | 2,374 | 4,641 | 5,82 | 7,105 | 4,876 |
|  | Ом | 2,273 | 2,274 | 2,3 | 2,317 | 2,353 | 2,377 | 2,336 |
|  | А | 128,217 | 125,295 | 114,952 | 73,257 | 60,532 | 50,721 | 70,285 |
|  | А | 104,654 | 102,427 | 94,547 | 63,731 | 54,783 | 48,195 | 61,599 |
|  | - | 6,229 | 6,097 | 5,628 | 3,793 | 3,261 | 2,569 | 3,667 |
|  | - | 0,8503 | 0,7344 | 0,5439 | 0,246 | 0,168 | 0,10012 | 0,21754 |

Построение пусковых характеристик приведено на рисунках 5, 6.

Рисунок 5 – Зависимость I\* от s

Рисунок 6 – Зависимость M\* от s

Параметры находятся с учётом вытеснения тока . Вычислим ξ - приведенную высоту стержня

,

где hс - высота стержня в пазу

, мм.

Для  находим по рисунку φ =0,86 ; по рисунку 17 φ' = *k*д=0,75 , где kд - коэффициент демпфирования.

В расчетах условно принимают, что при действии эффекта вытеснения ток ротора распределен равномерно, но не по всему сечению стержня, а лишь по его верхней части, ограниченной высотой *h*r, имеющей сечение *q*r

, мм;

, мм2;

, мм.

Коэффициент kr показывает, на сколько увеличилось активное сопротивление пазовой части стержня rcξ при неравномерной плотности тока в нем по сравнению с его сопротивлением rс при одинаковой плотности по всему сечению стержня

.

Коэффициент общего увеличения сопротивления фазы ротора под влиянием эффекта вытеснения тока

.

Приведённое активное сопротивление ротора с учётом действия эффекта вытеснения тока:

, Ом.

Индуктивное сопротивление обмотки ротора *x*'2ξ при φ' = kд= 0,8. Для его расчёта найдём сначала коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния обмотки короткозамкнутого ротора



при s=1 предварительно принимаем ;

Кх - изменение индуктивного сопротивления фазы обмотки ротора от действия эффекта вытеснения тока

;

, Ом.

Ток ротора без учёта влияния насыщения, принимая 

, А.

Учёт влияния насыщения на параметры. Принимаем для s = 1 коэффициент насыщения kнас =1,35 и I1 ≈ I'2 и приводим расчёт для А. Для меньших  снижают до 1,1.

Средняя МДС обмотки, отнесенную к одному пазу обмотки статора



где I1 - ток статора, соответствующий расчетному режиму, без учета насыщения; а - число параллельных ветвей обмотки статора; uп1 - число эффективных проводников в пазу статора; k’β - коэффициент, учитывающий уменьшение МДС паза; ky - коэффициент укорочения шага обмотки.

Фиктивная индукция потока рассеяния в воздушном зазоре

, Тл,

где коэффициент

.

По рисунку находим для Bφδ =6,683 Тл κδ =0,5 .

Значение дополнительного эквивалентного раскрытия пазов статора

, мм.

Для полузакрытого паза высота клиновой части паза

, мм;

.

Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния обмотки статора с учетом влияния насыщения

,

где λп1 - проводимость, рассчитанная без учета насыщения.

Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки статора с учетом влияния насыщения:

.

Индуктивное сопротивление фазы обмотки статора с учетом влияния насыщения:

, Ом;

.

Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния ротора с учетом влияния насыщения и вытеснения тока

,

где с2 - дополнительное раскрытие:

, мм.

Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния при насыщении для ротора

.

Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния  ротора с учетом влияния насыщения

.

Приведенное индуктивное сопротивление фазы обмотки ротора с учетом влияния вытеснения тока и насыщения

, Ом;

.

Сопротивление взаимной индукции обмоток в пусковом режиме

, Ом.

Расчёт токов и моментов, где для упрощения расчетных формул в отличие от обозначений в расчете рабочих характеристик принято:

;

, Ом;

, Ом.

Ток в обмотке ротора

, А;

, А.

Характеризующие пусковые данные машины кратность тока и момента при заданном s

;

.

Относительные значения подходят.

Критическое скольжение определяется после расчета всех точек пусковых характеристик по средним значениям сопротивлений *x*1нас и *x*2ξнас, соответствующим скольжениям *s* = 0,2 – 0,1:

.

Максимальный момент двигателя вначале определяют по приближенному значению критического скольжения

2,5.

Кратности пускового момента и пускового тока спроектированного двигателя удовлетворяют ГОСТ 19523-74.

# Тепловой расчет и расчет вентиляции

Превышение температуры внутренней поверхности сердечника статора над температурой воздуха внутри двигателя

, °C,

где коэффициент, учитывающий, что часть потерь в сердечнике статора и в пазовой части обмотки передается через станину непосредственно в окружающую среду K= 0,2. Потери в пазовой части P'э.п1:

, Вт,

где из табл.1 для sн находим Pэ1= 1000 Вт; по рисунку из методички, коэффициент теплоотдачи с поверхности *α*1 = 108 Вт/(м2**.**ºС); коэффициент увеличения потерь *k*ρ = 1,07.

Перепад температуры в изоляции пазовой части обмотки статора:



где расчетный периметр поперечного сечения паза статора

, м.

Для изоляции класса F средняя эквивалентная теплопроводность пазовой изоляции λэкв = 0,16 Вт/(м⋅ºС); для  находим λ'экв = 1,1 Вт/(м⋅ºС).

Перепад температуры по толщине изоляции лобовых частей

°C,

где потери в лобовых частях катушек P'э.л1:

, Вт.

Периметр условной поверхности охлаждения лобовой части одной катушки  м; односторонняя толщина изоляции лобовой части катушки при отсутствии изоляции в лобовых частях *b*из.л1 = 0.

Превышение температуры наружной поверхности лобовых частей над температурой воздуха внутри машины

, °C.

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой воздуха внутри машины



Превышение температуры воздуха внутри машины над температурой окружающей среды:

, °C,

где  - сумма потерь, отводимых в воздух внутри двигателя и  - сумма всех потерь в двигателе при номинальном режиме и расчетной температуре:



, Вт.

Эквивалентная поверхность охлаждения корпуса

, м2.

Определяем условный периметр поперечного сечения ребер корпуса двигателя Пр = 0,33 м2, коэффициент подогрева воздуха αв = 20 Вт/( м2**.**ºС).

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды

, °С.

Значение находится в допустимых пределах.

Расчет вентиляции, требуемой для охлаждения расход воздуха

, м3/с,

где km - коэффициент, учитывающий изменение условий охлаждения по длине поверхности корпуса, обдуваемого наружным вентилятором:

.

Расход воздуха, обеспечиваемый наружным вентилятором

, м3/с.

Расход воздуха Q'в должен быть больше требуемого для охлаждения машины Qв:

.

# Заключение

В курсовом проекте проведен расчет асинхронного двигателя в соответствии с техническим заданием.

Спроектированный асинхронный двигатель удовлетворяет требованиям ГОСТ по энергетическим показателям cosφн= 0,88; КПД = 0,89. Получены следующие параметры: *M*\*п = 0,557; *I*\*п = 6,229; *s*н = 0,026; *s*кр = 0,18; ΔQ1 = 91,71o. Постоянная Арнольда CA получилась как у базового двигателя (αδ = 0,64)

м3/(с**.**Вт).

По пусковым характеристикам видно, что кратности пускового момента и пускового тока спроектированного двигателя удовлетворяют ГОСТ 19523-74.

Превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды не превосходит 100° С. Вентилятор обеспечивает необходимый расход воздуха.

Спроектированный двигатель отвечает поставленным в техническом задании требованиям.

# Список используемой литературы

1. Проектирование электрических машин: Учеб. для вузов / И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. И.П. Копыло-ва. М.: Энергия, 1980. 496 с.

2. Проектирование электрических машин: Учеб. для вузов / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. И.П. Копылова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2002. 757 с.

3. Справочник. Асинхронные двигатели серии 4А /А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. М: Энергоиздат, 1982. 504 с.