**РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

**Алматинский Институт Энергетики и Связи**

**Кафедра ЭиАПУ**

**Курсовая работа**

На тему: «Асинхронные двигатели с фазным ротором»

По дисциплине: «Электрические машины»

 **Выполнил:**  ст.гр БЭк-09-11

 Азимбаев Е.Б.

 Номер зач.кн. 094009

 **Приняла:** Бестерекова А.Т

Алматы, 2011

Содержание

1. Исходные данные……………………………………………………………………3
2. Расчет геометрических размеров и обмоток……………………………………3
	* + 1. Определение главных размеров и выбор электромагнитных нагрузок
			2. Определение числа пазов статора Z1 и обмотки статора
			3. Расчет размеров пазов ротора
			4. Расчет размеров сердечника, числа пазов и обмотки фазного ротора
			5. Расчет размеров пазов ротора

IV. Определение параметров и рабочих характеристик………………………….12

6. Расчет магнитной цепи

7. Активные и индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора

8. Потери в стали, механические и добавочные потери

9. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

V. Список литературы………………………………………………………………....23

**Исходные данные**

Номинальная мощность: Р2н = 5,5 кВт

Исполнение: закр.обд.

Линейное напряжение питающей сети: U1л = 380 В

Соединение обмотки статора: Y

Синхронная частота вращения: n1 = 1500 об/мин

Обмотка ротора: фазная

1. **Определение главных размеров и выбор ЭМ нагрузок**

Расчет асинхронных машин начинают с определения главных размеров:

Внутреннего диаметра статора *D1* и расчетной длины воздушного зазора *lδ*. Внутренний диаметр статора непосредственно связан определенными размерными соотношениями, зависящими от числа полюсов, с наружным диаметром статора *Dа*, в свою очередь определяющим высоту оси вращения *h*.

 В связи с этим выбор главных размеров проводят в следующей последовательности:

1.1 Число пар полюсов:

*, 2p=4.*

1.2 Высота оси вращения определяется по значениям 2р и Р2 с учетом исполнения двигателя (IP44 - закрытые от попадания брызг и предметов диаметром до 1 мм, с внешним обдувом вентилятором)

 h=112 мм.

Далее определим наружный диаметр сердечника статора, исходя из минимальных отходов и припусков на штамповку:

 Da=0.191 м.

1.3 Определяем внутренний диаметр сердечника:

 Из таблицы для 2р=4 

 .

1.4 Полюсное деление :

 *.*

1.5 Расчетная мощность асинхронного двигателя P':

(Предварительно определяем по графикам Ke,  и Cos

 *,*

*где*



 

 

1.6. Выбираем ЭМ нагрузку: линейную токовую нагрузку А и максимальную магнитную индукцию воздушном зазоре B. Предварительно определяем синхронную угловую частоту вращения вала двигателя рад/сек.

 

1.7 Предварительное значение обмоточного коэффициента при большей полюсности . Выбираем среднее значение .

1.8 Значения коэффициента полюсного перекрытия *αδ* и коэффициента формы поля  *kВ* предварительно принимают равными

 *;  ;*

  *(Вδ* и *А1* по рисунку 1.3)

 

1.9 Расчетная длина воздушного зазора с учетом значения *αδ*:

 .

1.10 Критерием правильности выбора главных размеров *D1* и *lδ* служит отношение

 ,

которое находится в пределах (0,5 – 1,5)*м* для принятого исполнения двигателя. На этом выбор главных размеров заканчивается.

1.11 Для расчета магнитной цепи, помимо *lδ*, необходимо определить полную конструктивную длину и длину стали сердечника статора (*l1 и lст1*). В асинхронных двигателях, длина сердечников статоров которых не превышает 0,25 – 0,3 м, радиальных вентиляционных каналов не делают. Для такой конструкции

 *.*

Окончательно принимаем Da=0.191 м, D1=0.13 м, l1=llст=0.09 м

**2 Расчет зубцовой зоны и обмотки статора**

2.1 Число пазов статора выбираем для машины: Тип обмотки статора – однослойная всыпная, форма пазов статора – трапециадальная:

 ,

где *m1* – число фаз обмотки статора (*m1 = 3*);

 *q1* = 3

2.2 Зубцовое деление статора:

 .

2.3 Номинальный фазный ток обмотки статора:

 ,

где  при соединении обмотки «Y».

2.4 Число эффективных проводников на паз:

 ;

 ,

где число параллельных ветвей *а1*= 1.

2.5 Число витков в фазе обмотки статора:

 

2.6 Окончательное значение линейной нагрузки:

 

2.7 Определение обмоточного коэффициента: (для однослойной обмотки укорочение шага =1)

 Коэффициент укорочения обмотки

 

 Коэффициент распределения обмотки

 ,

 Обмоточный коэффициент

 .

2.8 Магнитный поток :

 .

2.9 Уточненное значение магнитной индукции в воздушном зазоре:

 .

2. 10 Сечение эффективного проводника (предварительно):

Плотность тока в обмотке статора предварительно выбираем как

*Δ1 = 6,3*  *А/м.*

 .

По таблице приложения выбирается ближайший по сечению стандартный проводник, этим окончательно определяется диаметр .

1. **Расчет размеров пазов статора**

3.1 Минимальная ширина зубца:

 .

где = 0,97 для *h =112 мм;*

= *1,75 Тл.*

3.2 Высота ярма статора:

 ,

 где *= 1,4 Тл.*

3.3 Высота зубца (паза):

 ,

 Высота паза  = .

3.4 Наименьшая ширина паза:

,

.

3.5 Наибольшая ширина паза:

,

.

3.6 Ширина шлица *bш1* должна быть такой, чтобы можно было уложить в пазы катушки по одному проводу, отсюда ширина шлица:

.

где *= 0,2 мм*

3.7 Высота шлица:

 Высота шлица  выбирается из промежутка  Угол *β=450* при высоте оси вращения *h ≤250 мм.*

3.8 Высота клиновой части паза

.

3.9 Площади поперечного сечения паза в свету (*мм2*) определяются с учетом припусков на шихтовку и сборку сердечников

**



где *ΔhП = 0,0001 м;*

 *ΔbП = 0,0001 м.*

3.10 Класс изоляции обмотки статора для h=112: класс нагревостойкости B.

3.11 Площадь поперечного сечения пазовой изоляции;



где =*0,2 мм* – толщина изоляции;

для однослойных обмоток коэффициент *а = 1.*

Площадь поперечного сечения паза, занимаемая обмоткой

 .

* 1. Коэффициент заполнения паза

 .

3.13 Полученное значение коэффициента заполнения находится в рекомендуемых пределах .

Значение коэффициента превышает рекомендуемый предел. Поэтому необходимо изменит диаметр провода с изоляцией . Изменим на 



3.14 Индукция в зубце:

 .

3.15 Индукция в ярме статора

 ,

 .

1. **Расчет размеров сердечника, числа пазов и обмотки фазного ротора**

4. 1 Воздушный зазор

 ,

 Наружный диаметр сердечника ротора

 .

4.2 Внутренний диаметр сердечника ротора (он же диаметр вала)

.

4.3 Конструктивная длина сердечника и длина стали сердечника

 ,

.

4.4 Число фаз обмотки статора

 .

4.5 Число пазов на полюс и фазу

 .

4.6 Число пазов ротора

 .

4. 7 В двигателе с h=112м применяется двухслойная петлевая обмотка с мягкими секциями, которые выполняются из круглого провода и укладываются в полузакрытые трапецеидальные пазы.

 4.8 Число витков обмотки (предварительно):

,

 где ,

 ,

 .

 Эффективное число проводников в пазу

 ,

 где число параллельных ветвей *а2 =1.*

 Уточненное число витков обмотки

 ,

 Уточненное значение Э.Д.С. *Е2*

 ,

4.9 Ток обмотки ротора .

 4.10 Сечение эффективного проводника (предварительно)

  .

 Для закрытых двигателей (степень защиты *IP44*) .

 4.11 Число элементарных проводников в эффективном проводнике в всыпных обмотках (с мягкими секциями)

 ,

 .

 Сечение элементарного проводника и его диаметр .

 4.12 Плотность тока в обмотке ротора (уточненное значение)

 .

**5 Расчет размеров пазов ротора**

5.1 Расчет размеров трапецеидального полузакрытого паза ротора со всыпной обмоткой производится так же, как и для статора.

 Ширина зубца ротора:

 ,

 ,

 где = *1,9 Тл.*

 5.2 Предварительная высота паза ротора для *h < 200 мм*

 .

 5.3 Минимальная ширина паза

 ,

 .

 5.4 Ширина шлица

 ,

и его высота *hш2 = 0,0012 (м); β =450*.

 5.5 Высота клиновой части

 .

 5.6 Максимальная ширина паза

 ,

 .

 5.7 Площадь поперечного сечения паза

 **

  .

Площадь поперечного сечения пазовой изоляции

 для двухслойных обмоток коэффициент *а = 1,6.*

Площадь поперечного сечения паза, занимаемая обмоткой

 .

Коэффициент заполнения паза

 .

5.8 Индукция в ярме ротора

 ,

 .

 **6 Расчет магнитной цепи**

 6.1 МДС на магнитную цепь на пару полюсов определяется как сумма магнитных напряжений всех перечисленных участков магнитной цепи

 .

 6.2 Магнитное напряжение воздушного зазора на пару полюсов

 ,

 где коэффициент воздушного зазора

 ,

 ,

 .



 6.3 Магнитное напряжение зубцового слоя статора

 ,

 .

 *А/м -* напряженность магнитного поля в зубцах статора определяется при трапециадальных пазах непосредственно по приложению *С* (при высоте оси вращения *h ≤ 250 мм* применяется сталь *2013*)

 6.4 Магнитное напряжение зубцового слоя ротора

 ,

 .

 *А/м* - напряженность магнитного поля в зубцах ротора определяется при трапециадальных пазах по приложению *С* для индукции по п.5.1

 6.5 Магнитное напряжение ярма статора

 ,

 .

 =400 *А/м* определяется по приложению  для индукции по п.3.21.

 6.6 Магнитное напряжение ярма ротора

 ,

 .

 *А/м* определяется по приложению  для индукции по п.5.14.

 6.7 Суммарное магнитное напряжение магнитной цепи

 .

 6.8 Коэффициент насыщения магнитной цепи двигателя

 , ()

 6.9 Намагничивающий ток

 ,

 а в процентах от номинального тока статора

 .

 **7 Активные и индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора**

 *А.* Сопротивление обмотки статора

 7.1 Среднее значение зубцового деления статора

 .

 7.2 Средняя ширина катушки (секции) статора

 ,

 где = = 9 - среднее значение шага обмотки статора.

 7.3 Средняя длина лобовой части статора (*м*) для обмотки с мягкими катушками

 .

 7.4 Средняя длина витка обмотки статора

 

 7.5 Длина вылета лобовой части обмотки статора для обмотки с мягкими катушками

 .

 7.6 Активное сопротивление обмотки статора, приведенное к рабочей температуре *1150 С*

 ,

 где .

 7.7 Активное сопротивление обмотки статора в относительных единицах

 о.е.

 7.8 Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора состоит из трех частей: пазового рассеяния, дифференциального рассеяния и рассеяния лобовых частей.

 Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния статора при трапециадальном пазе

  и ,

 ;

 ;

 

.

 7.9 Коэффициент проводимости дифференциального рассеяния статора

 ,

 ,

 где и  определяются из графиков.

 7.10 Коэффициент проводимости рассеяния лобовых частей обмотки статора

 .

 7.11 Коэффициент магнитной проводимости рассеяния обмотки статора

 .

 7.12 Индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки статора

 .

 7.13 Индуктивное сопротивление в относительных единицах

 о.е.

 В*.* Сопротивление обмотки ротора

 7.14 Среднее значение зубцового деления ротора

 .

 7.15 Средняя ширина катушки обмотки ротора

 ,

 где .

 7.16 Средняя длина лобовой части катушки

 ,

 

 7.17 Средняя длина витка обмотки ротора

 .

 7.18 Вылет лобовой части обмотки ротора

 .

 7.19 Активное сопротивление обмотки фазы ротора

 

.

 7.20 Коэффициент приведения сопротивления обмотки ротора к обмотке статора

 .

 7.21 Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к статору

 ,

 в относительных единицах

 о.е.

 7.22 Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния ротора при трапециадальном пазе

 ,

 ,

 

 ,

 где  и .

 7.23 Коэффициент проводимости дифференциального рассеяния ротора

 ,

 ,

 где и  определяются из графиков.

 7.24 Коэффициент проводимости рассеяния лобовых частей обмотки ротора

 .

 7.25 Коэффициент проводимости рассеяния обмоток

 .

 7.26 Индуктивное сопротивление обмотки фазы ротора

 .

 7.27 Индуктивное приведенное сопротивление обмотки фазы ротора

 .

7.28 Индуктивное приведенное сопротивление обмотки фазы ротора

 о.е.

 **8 Потери в стали, механические и добавочные потери**

 Потери в стали (магнитные потери) и механические не зависят от нагрузки, поэтому они называются постоянными потерями и могут быть определены до расчета рабочих характеристик.

 8.1 Расчетная масса стали зубцов статора при трапециадальных пазах

 .

 8.2 Магнитные потери в зубцах статора для стали 2013

 ,

 для трапециадальных пазов - .

 8.3 Масса стали ярма статора



 8.4 Магнитные потери в ярме статора для стали 2013

 .

 8.5 Суммарные магнитные потери в сердечнике статора, включающие добавочные потери в стали



 8.6 Механические потери при степени защиты *IP44*

 .

 8.7 Дополнительные потери при номинальной нагрузке

 .

 **9 Рабочие характеристики асинхронного двигателя**

Рабочими характеристиками асинхронного двигателя называются зависимости

 .

 9.1 Сопротивление взаимной индукции обмоток статора и ротора

 .

 9.2 Коэффициент приведения параметров *Т* – образной схемы замещения к *Г* – образной

 .

 9.3 Активная составляющая тока холостого хода при S=0

 .

 9.4 Реактивная составляющая тока холостого хода при S=0

 .

 9.5 Дальнейшие формулы для расчета рабочих характеристик сведены в таблице 9.1.

 Расчет производится для ряда скольжений

 , где .

 при этом номинальное скольжение .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетная формула | Единицы | Скольжение |
| 0,001 | 0,021 | 0,031 | 0,041 | 0,052 | 0,062 |
| 1.  | *Ом* | 194,009 | 97,005 | 64,67 | 48,502 | 38,802 | 32,335 |
| 2.  | *Ом* | 196,611 | 99,606 | 67,271 | 51,104 | 41,403 | 34,936 |
| 3.  | *Ом* | 10,26 | 10,26 | 10,26 | 10,26 | 10,26 | 10,26 |
| 4.  | *Ом* | 196,878 | 100,13 | 68,049 | 52,124 | 42,656 | 36,412 |
| 5.  | *А* | 1,114 | 2,191 | 3,224 | 4,209 | 5,143 | 6,025 |
| 6.  |  | 0,999 | 0,995 | 0,989 | 0,98 | 0,971 | 0,959 |
| 7.  |  | 0,052 | 0,102 | 0,151 | 0,197 | 0,241 | 0,282 |
| 8.  | *А* | 1,419 | 2,485 | 3,493 | 4,433 | 4,780 | 6,087 |
| 9.  | *А* | 3,889 | 4,055 | 4,317 | 4,659 | 4,802 | 5,529 |
| 10.  | *А* | 4,14 | 4,757 | 5,553 | 6,431 | 6,776 | 8,223 |
| 11.  | *А* | 1,205 | 2,37 | 3,488 | 4,553 | 5,564 | 6,518 |
| 12.  | *кВт* | 0,934 | 1,636 | 2,299 | 2,918 | 3,487 | 0,934 |
| 13.  | *Вт* | 123,651 | 163,23 | 222,5 | 298,413 | 387,865 | 487,886 |
| 14.  | *Вт* | 7,46 | 28,839 | 62,444 | 106,431 | 158,922 | 218,099 |
| 15.  | *Вт* | 9,385 | 10,784 | 12,59 | 14,58 | 16,622 | 18,643 |
| 16.  | *кВт* | 0,256 | 0,319 | 0,413 | 0,535 | 0,679 | 0,84 |
| 17.  | *кВт* | 0,678 | 1,317 | 1,886 | 2,382 | 2,938 | 0,093 |
| 18.  | *-* | 0,726 | 0,805 | 0,82 | 0,817 | 0,805 | 0,1 |
| 19.  |  | 0,343 | 0,523 | 0,629 | 0,689 | 0,723 | 0,74 |
| 20.  | *об/мин* | 1485 | 1469 | 1454 | 1438 | 1423 | 1407 |
| 21.  |  | 4,4 | 8,563 | 12,39 | 15,82 | 18,851 | 0,634 |

9.6 По результатам расчетов, выполненных согласно таблице 9.1, производится построение рабочих характеристик асинхронного двигателя











 9.7 Скольжение, соответствующее максимальному моменту

.

 9.8 Перегрузочная способность асинхронного двигателя

 

 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. – Энергия, 1974
2. Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1990
3. Проектирование электрических машин. /под ред. И.П.Копылова – М. Энергия, 1980.
4. Специальные главы электрических машин. Асинхронные двигатели с фазным ротором (Расчет геометрических размеров и обмоток). Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности – Электроэнергетика – Алматы, 2005.
5. Электрические машины. Асинхронные двигатели с фазным ротором (Определение параметров и рабочих характеристик). Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности – Электроэнергетика – Алматы, 2006