**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