Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Российский государственный профессионально – педагогический университет

Кафедра электрооборудования и автоматизации промышленных предприятий

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ СЕРИИ 4 А МОЩНОСТЬЮ 7.5 кВт**

**АННОТАЦИЯ**

**Пояснительная записка к курсовому проекту**

**03.05.03.000000.000.КП**

Разработал студент

Группы

Руководитель проекта

Екатеринбург 2007

Курсовой проект содержит \_\_\_\_\_ листов текста, \_\_\_\_\_ иллюстраций, 2 таблицы, 2 используемых источника.

Приведен расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором серии 4А132 S4 У3 мощностью 7,5 кВт, включающий в себя:

- выбор главных размеров

- электромагнитный расчет

- расчет и построение рабочих и пусковых характеристик

- упрощенные тепловые и вентиляционные расчеты.

Приведены схемы замещения и круговые диаграммы.

Дан сборочный чертеж асинхронного двигателя.

**Содержание**

Введение

1. Выбор главных размеров

2. Определение Z1, 1 и сечение провода оюмотки статора

3. Расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора

4. Расчет ротора

5. Расчет намагничивающего тока

6. Параметры рабочего режима

7. Расчет потерь

8. Расчет рабочих характеристик

9.Расчет пусковых характеристик

Приложение: лист задания на ХП

Библиография

**Задание**

Курсовой проект по электрическим машинам

Тип машины - АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ 4А 132 S4 У3

Выдано студенту группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель проекта\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Номинальная мощность, кВт............................7,5

2. Номинальное фазное напряжение, В.............127

3. Число полюсов....................................................2р=4

4. Степень защиты...................................................IР44

5. Класс нагревостойкости изоляции....................F

6. Кратность начального пускового момента.....2,2

7. Кратность начального пускового тока.............7,5

8. Коэффициент полезного действия................... =0.875

9. Коэффициент мощности.....................................cos y =0.86

10. Исполнение по форме монтажа.....................М1001

11. Воздушный зазор, мм.........................................δ=

Задание выдал

 " " 2006 г.

**Введение**

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

В настоящее время асинхронные двигатели потребляют более 40% вырабатываемой электрической энергии, на их изготовление расходуется большое количество дефицитных материалов: обмоточной 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 серии высокоэкономических и надежных асинхронных двигателей являются важнейшей народно – хозяйственной задачей, а правильный выбор двигателей, их эксплуатации и высококачественный ремонт играют первоочередную роль в экономии материалов и трудовых ресурсов.

В серии 4А за счет применения новых электротехнических материалов иррациональной конструкции, мощность двигателей при данных высотах оси вращения повышена на 2 – 3 ступени по сравнению с мощностью двигателей серии А2, что дает большую экономию дефицитных материалов.

Серия имеет широкий ряд модификаций специализированных исполнений для удовлетворительных максимальных нужд электропривода.

**Выбор главных размеров**

1. Синхронная скорость вращения поля:

1. Высота оси вращения h=132 мм [ двигатель 4А132S4У3]

 [стр.164, 1]

1. Внутренний диаметр статора

 табл.6-7,1]

1. Полюсное деление

1. Расчетная мощность

1. Электромагнитные нагрузки А = 28\*103 А/м; В6 = 0,87 Тл. [стр166, 1]
2. Обмоточный коэффициент для однослойной обмотки принимаем

kоб1 = 0,95 [стр. 167, 1]

1. Расчетная длина воздушного зазора

1. Отношение значение находится в рекомендуемых пределах (0.8….1.3)

**2.Определение , и сечение провода обмотки статора**

1. Предельные значения [стр. 170, 1] tmin =13 мм, tmax = 15 мм

1. Число пазов статора

Принимаем Z1 = 36, тогда

1. Зубцовое деление статора

1. Число эффективных проводников в пазу

[предварительно при условии а=1]

1. Принимаем, а=1, тогда un = a\*u|n = 1\*1414

1. Окончательные значения

Значения А и находятся в допустимых пределах.

1. Плотность тока в обмотке статора (предварительно)

1. Сечение эффективного проводника (предварительно)

обмоточный провод ПЭТМ [стр. 470, 1],

1. Плотность тока в обмотке статора (окончательно)

3.Расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора

1. Принимаем предварительно [стр. 174, 1]

Вz1 = 1,75 Тл; Ва = 1,45 Тл, тогда

[по табл. 6-11, 1 для оксидированных листов стали ]

1. Размеры паза в штампе принимаем

hш1 = 1 мм, bш1 = 3,5 мм; [стр.179, 1]

1. Размеры паза в свету с учетом припуска на сборку

b/1 = b1 - ∆bn = 9,7- 0,1 = 9,6 мм

b/2 = b2 - ∆bn = 7,5 – 0,1 = 7,4 мм

h/1 = h1 - ∆hn = 12,5 – 0,1 = 12,4 мм

Площадь поперечного сечения паза для размещения проводников

1. Коэффициент заполнения паза

**4. Расчет ротора**

23. Воздушный зазор

24. Число пазов ротора стр. 185, 1, 2p = 4 и Z1 = 36 Z2 = 34

25. Внешний диаметр D2 =D – 2δ = 149-2\*0,4148 мм

26. Длина

27. Зубцовое деление

28. Внутренний диаметр ротора равен диаметру вала, так как сердечник непосредственно насажен на вал.

KB = 0,23 при h = 132 мм и 2p = 4 по табл. 6-16,1

29. Ток в стержне ротора I2 = k1I1Hv1 = 0,89\*26,2\*14,08 = 328,3 А

k1 = 0,89 при cosφ = 0.86

30. Площадь поперечного сечения стержня

31. Паз ротора.

Принимаем

Допустимая ширина зубца

Размеры паза:

Полная высота паза:

Сечение стержня:

33. Корткозамыкающие кольца. поперечного сечения.

Размеры замыкающих колец:

bкл = 1,25\*hn2 =1,25 \*22,4 = 28 мм

**5. Расчет намагничивающего тока**

34. Значение индукций:

расчетная высота ярма ротора при 2р=4 стр. 194,1

35. Магнитное напряжение воздушного зазора:

где

36. Магнитные напряжения зубцовых зон:

статора Fz1 = 2hz1Hz1 = 2\*15,5\*10-3\*1330 = 41,23 A

ротора Fz2 = 2hz2Hz2 = 2\*22,1\*10-3\*2010 = 88,84 А

(по таблице П-17, для стали 2013 Нz1 = 1330 A/м при Вz1 = 1,75 Тл;

Нz2 = 2010 A/м при Вz2 = 1,89 Тл;

hz1 = 15,5 мм; hz2 = hn2 – 0,1b2 = 22,4 – 0,1\*3 = 22,1 мм)

37. Коэффициент насыщения зубцовой зоны

38. Магнитные напряжения ярм статора и ротора

по табл. П-16 Ha = 450 А/м при Ва = 1,45Тл; Нj = 185 А/м при Вj = 1,00 Тл.

39. Магнитное напряжение на пару полюсов

40. Коэффициент насыщения магнитной цепи

41. Намагничивающий ток:

относительное значение:

**6. Параметры рабочего режима**

42. Активное сопротивление фазы обмотки статора:

Длина нагревостойкости изоляции F расчетная

Для меди

Длина проводников фазы обмотки:

Длина вылета лобовой части катушки:

 где квыл = 0,4

Относительное значение:

43. Активное сопротивление фазы обмотки ротора:

 где для алюминиевой обмотки ротора Ом\*м

Приводим к числу витков обмотки статора:

Относительное значение:

44. Индуктивное сопротивление фазы обмотки статора:

 где h3 = 13,3 мм, b = 7,5 мм, h2 = 0 мм,

Относительное значение:

45. Индуктивное сопротивление фазы обмотки ротора:

где по табл. 6-23, 1

где

Приводим к числу витков статора:

Относительное значение:

**7. Расчет потерь**

46. Основные потери в стали:

47. Поверхностные потери в роторе:

где к02 = 1,5

48. Пульсационные потери в зубцах ротора:

49. Сумма добавочных потерь в стали:

50. Полные потери в стали:

51. Механические потери:

для двигателей 2р = 4 коэф.

52. Добавочные потери при номинальном режиме:



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Расчетная формула | Единица | Скольжение |
| 0,02 | 0,025 | 0,03 | 0,035 | 0,0386 |
| 1 |  | Ом | 9,72 | 7,78 | 6,48 | 5,56 | 5,04 |
| 2 |  | Ом | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 |  | Ом | 10,76 | 8,82 | 7,52 | 6,6 | 6,08 |
| 4 |  | Ом | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 |
| 5 |  | Ом | 10,8 | 8,87 | 7,58 | 6,67 | 6,16 |
| 6 |  | А | 11,76 | 14,32 | 16,75 | 19,04 | 20,62 |
| 7 |  | - | 0,996 | 0,994 | 0,992 | 0,990 | 0,987 |
| 8 |  | - | 0,090 | 0,109 | 0,128 | 0,145 | 0,157 |
| 9 |  | А | 12,29 | 14,81 | 17,20 | 19,43 | 20,93 |
| 10 |  | А | 9,16 | 9,66 | 10,24 | 10,86 | 11,34 |
| 11 |  | А | 15,328 | 17,682 | 20,017 | 22,259 | 23,805 |
| 12 |  | А | 12,11 | 14,75 | 17,25 | 19,61 | 21,24 |
| 13 |  | кВт | 4,68 | 5,64 | 6,55 | 7,40 | 7,97 |
| 14 |  | кВт | 0,247 | 0,328 | 0,421 | 0,520 | 0,595 |
| 15 |  | кВт | 0,082 | 0,122 | 0,167 | 0,215 | 0,253 |
| 16 |  | кВт | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,035 |
| 17 |  | кВт | 0,574 | 0,700 | 0,843 | 0,995 | 1,113 |
| 18 |  | кВт | 4,106 | 4,940 | 5,707 | 6,405 | 6,857 |
| 19 |  | - | 0,877 | 0,876 | 0,871 | 0,866 | 0,860 |
| 20 |  | - | 0,802 | 0,838 | 0,859 | 0,873 | 0,879 |

53. Холостой ход двигателя:

**8. Расчет рабочих характеристик**

54

Потери, не меняющиеся при изменении скольжения:

Принимаем и рассчитываем рабочие характеристики, задаваясь скольжением s=0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,0386

Результаты расчёта приведены в таблице 2. характеристики представлены на рис. 6.

**Расчет и построение круговой диаграммы**

Масштаб тока

Масштаб мощности

 S = ∞

 S=1

**9. Расчет пусковых характеристик**

55. Расчет пусковых характеристик, Рассчитываем точки характеристик, соответствующие скольжению S=1.

Пусковые характеристики спроектированного двигателя представлены на рис. 2.

Параметры с учетом вытеснения тока

для [рис. 6-46, 1] [рис. 6-47, 1]

Активное сопротивление обмотки ротора:

где

Приведенное сопротивление ротора с учетом действия эффекта вытеснения тока:

Индуктивное сопротивление обмотки ротора:



Ток ротора приближенно без учета влияния насыщения:

56. Учет влияния насыщения на параметры, Принимаем для S=1 коэффициент насыщения и

А

[по рис. 6-50, стр, 219,1 для ]

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

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

Таблица 2

Расчет пусковых характеристик

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Расчетная формула | Скольжение |
| 1 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,17 |
| 1 |  | 1,36 | 1,22 | 0,96 | 0,61 | 0,43 | 0,56 |
| 2 |  | 0,25 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,005 | 0,01 |
| 3 |  | 0,92 | 0,93 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,99 |
| 4 |  | 17,1 | 18,1 | 19,6 | 21,2 | 21,3 | 21,2 |
| 5 |  | 1,15 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,99 | 1,00 |
| 6 |  | 1,1 | 1,07 | 1,03 | 1 | 1,01 | 1 |
| 7 |  | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| 8 |  | 2,58 | 2,59 | 2,62 | 2,65 | 2,66 | 2,66 |
| 9 |  | 1,02 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| 10 |  | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| 11 |  | 115,14 | 113,03 | 106,0 | 78,88 | 52,0 | 72,56 |
| 12 |  | 1527,97 | 1499,96 | 1406,67 | 1046,78 | 690,07 | 962,91 |
| 13 |  | 2,51 | 2,47 | 2,31 | 1,72 | 1,13 | 1,58 |
| 14 |  | 0,77 | 0,76 | 0,82 | 0,9 | 0,96 | 0,91 |
| 15 |  | 2,14 | 2,23 | 1,67 | 0,93 | 0,37 | 0,84 |
| 16 |  | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,08 |
| 17 |  | 1,06 | 1,05 | 1,08 | 1,14 | 1,18 | 1,14 |
| 18 |  | 1,72 | 1,70 | 1,84 | 2,02 | 2,15 | 2,04 |
| 19 |  | 1,83 | 1,81 | 1,89 | 2,01 | 2,09 | 2,02 |
| 20 |  | 2,81 | 2,93 | 2,20 | 1,22 | 0,49 | 1,10 |
| 21 |  | 0,304 | 0,31 | 0,28 | 0,21 | 0,12 | 0,19 |
| 22 |  | 2,276 | 2,28 | 2,34 | 2,44 | 2,54 | 2,47 |
| 23 |  | 1,455 | 1,44 | 1,55 | 1,7 | 1,81 | 1.72 |
| 24 |  | 0,417 | 0,42 | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,46 |
| 25 |  | 0,83 | 0,95 | 1,3 | 2,73 | 5,11 | 3,15 |
| 26 |  | 3,336 | 2,29 | 2,30 | 2,33 | 2,35 | 2,33 |
| 27 |  | 36,94 | 51,21 | 48,11 | 35,38 | 22,60 | 32,40 |
| 28 |  | 40,26 | 55,82 | 52,44 | 38,46 | 24,63 | 35,32 |
| 29 |  | 1,53 | 2,95 | 2,60 | 1,40 | 0,57 | 1,18 |
| 30 |  | 1,54 | 2,13 | 2,0 | 1,47 | 0,94 | 1,35 |

Индуктивное сопротивление фазы обмотки статора с учетом влияния насыщения:

 где

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

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

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

где

Сопротивление взаимной индукции обмоток в пусковом режиме:

Расчет токов и моментов:



Критическое скольжение:

где



**10. Тепловой расчет**

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

по табл, 6-30, К=0,2 по рис 6-59

Перепад температуры в изоляции пазовой части обмотки статора:

где

для

изоляции класса нагревостойкости F

по стр, 237, 1 для



Превышение температуры наружной поверхности лобовых частей над температурой воздуха внутри машины:

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой воздуха внутри машины:

Превышение температуры воздуха внутри машины над

температурой окружающей среды:

где



 для h=132 мм по рис. 6-63, 1,

 по рис. 6-59,1

Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды:

**11. Расчет вентиляции**

58. Расчет вентиляции, Требуемый для охлаждения расход воздуха:

 стр. 240, 1

Расход воздуха, обеспечиваемый наружным вентилятором:

**Список использованной литературы:**

1. Копылов И.П. «Проектирование электрических машин» Москва «Энергия» 1980 г.
2. Методические указания к выполнению курсового проекта по электрическим машинам № 11, 1990 г. [128, 1984]

**Приложение 2**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| формат | зона | поз. | Обозначение | Наименование | Количество | Примечание. |
|   |   |   |   | Документация |   |   |
|   |   |   |   | Общий вид |   |   |
|   |   |   |   | Расчетно-пояснительная |   |   |
|   |   |   |   | записка |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   | Сборочные единицы |   |   |
|   |   |   |   | Статор в сборе |   |   |
|   |   |   |   | Ротор в сборе |   |   |
|   |   |   |   | Коробка выводов |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   | Детали  |   |   |
|   |   |   |   | Вал |   |   |
|   |   |   |   | Подшипниковый щит |   |   |
|   |   |   |   | Станина |   |   |
|   |   |   |   | Вентилятор |   |   |
|   |   |   |   | Кожух вентилятора |   |   |
|   |   |   |   | Пружина |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   | Стандартные изделия |   |   |
|   |   |   |   | Винт М4х10 ГОСТ 1481-72 |   |   |
|   |   |   |   | Гайка М8 ГОСТ 5915-70 |   |   |
|   |   |   |   | Шарикоподшипник |   |   |
|   |   |   |   | 205 ГОСТ 8338-75 |   |   |
|   |   |   |   | Болт М8х180 |   |   |
|   |   |   |   | ГОСТ 7805-70 |   |   |
|   |   |   |   | Шпонка 6х4х50 |   |   |
|   |   |   |   | ГОСТ 8788-68 |   |   |