|  |
| --- |
| Московский институт  энергобезопасности и энергосбережения  Кафедра Электротехники и Электроники  **Контрольная работа**  по дисциплине  «Электромеханика»  Тема: «Асинхронные двигатели »  Выполнил студент Попков С.И. Группа БЭэ-з-13  Проверил преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (дата)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (оценка)  Москва 2016 |

**Контрольная работа №2.**

Для 3-фазного асинхронного двигателя №… из табл.1.3.2, 1.3.3:

1. Определить номинальные фазные значения тока и напряжения обмотки статора, а также обмоточные коэффициенты для 1ой, 5ой и 7ой пространственных гармонических обмотки статора.

2. Определить электрические и магнитные потери в статоре и их долю в суммарных потерях двигателя.

3. Определить электромагнитную мощность и электромагнитный момент, развиваемый двигателем в номинальном режиме.

4. Определить частоты ЭДС, наведенных 1ой, 5ой, 7ой, 11ой и 13ой пространственными гармоническими поля статора в обмотке ротора при скольжениях ротора относительно 1ой гармонической, равных 0; 0,05 и 1,0.

*Таблица 3 -* Основные данные 3-фазных асинхронных двигателей с короткозамкнутой обмоткой ротора на частоту 50 Гц

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№№* | *Общие данные* | | | | | *Обмотка статора* | |
| Pн, *кВт* | Uн, *В* | ηн, *%* | сosφн, *о.е* | nн, *об/мин* | z1 | y1 |
| *30* | 75,0 | 380/660 | 93,0 | 0,90 | 1480 | 60 | 12 |

*Таблица 4 -* Основные размеры сердечника и параметры обмотки статора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ №* | *Сердечник статора* | | | | *Обмотка статора* | | | |
| Da/D, *мм* | l1, *мм* | hz1, *мм* | bz1, *мм* | uп | lср1, *м* | a1 | qэф1, *мм2* |
| *30* | 437/290 | 220 | 34,0 | 6,84 | 32 | 0,910 | 4 | 4,104 |

*Примечания.*

*1*) Сердечник статора и ротора выполнен из холоднокатаной изотропной электротехнической стали марки 2312 толщиной 0,5 мм. Удельные потери при индукции 1 Тл и частоте 50 Гц равны p1,0/50 = 1,75 Вт/кг.

*2)* пазы статора имеют трапецеидальную форму (зубцы статора с параллельными стенками (ширина зубца по высоте постоянная).

**Решение.**

**1. Определить номинальные фазные значения тока и напряжения обмотки статора, а также обмоточные коэффициенты для 1ой, 5ой и 7ой пространственных гармонических обмотки статора.**

Номинальный фазный ток обмотки статора

Iф1н = S1н/(3Uн.ф) = Pн/(3Uн.фηнcosφн),

где S1н ― полная мощность, потребляемая двигателем из сети в номинальном режиме работы, ВА;

Pн ― номинальная мощность двигателя (механическая), Вт;

ηн, cosφн ― номинальный КПД и коэффициент мощности, о.е.,

Iф1н = 75000/(3. 380. 0,93. 0,9) = 78,6 А.

Число пар полюсов двигателя p = 2, так как ближайшая большая к номинальной (1480 об/мин) синхронная скорость равна 1500 об/мин.

Обмоточный коэффициент обмотки статора коб состоит из двух составляющих – коэффициента распределения кр и коэффициента укорочения ку: коб = крку. В свою очередь эти коэффициенты для ν-ой гармонической равны:

крν = 

куν = sin(νβπ/2) ,

где ν – номер пространственной гармонической,

m=3 – число фаз обмотки статора,

q – число пазов на полюс и фазу,

q = z1/(2pm),

q = 60/(2. 2. 3) = 4,

z1 – число пазов статора,

β = y/τ –укорочение шага обмотки,

y – шаг обмотки по пазам,

τ = z1/2p – полюсное деление обмотки статора,

τ = 60/2. 2 = 15,

β = 12/15=0,8.

Обмоточные коэффициенты равны:

кр1 =  = 0,958;

ку1 = sin(0,8. π/2) = 0,951,

кр5 =  = 0,205;

ку5 = sin(5.0,8. π/2) = -0,003,

кр7 =  = -0,157;

ку7 = sin(7. 0,8. π/2) = 0,591.

коб1 = 0,958. 0,951 = 0,91;

коб5 = 0,205.-0,003 = -0,0006;

коб7 = -0,157. 0,591 = -0,093.

**2. Определить электрические и магнитные потери в статоре и их долю в суммарных потерях двигателя.**

Электрические потери в обмотке статора в номинальном режиме работы равны:

Pэл1н = mIф1н2r1 ,

где m = 3 – число фаз;

Iф1н – номинальный фазный ток статора, А;

r1 – активное сопротивление фазы обмотки статора, Ом,

r1 = ρ115lw/(a1qэф1),

где ρ115 = 1/41,5 Ом.мм2/м удельное электрическое сопротивление меди для этой температуры 1150С,

lw = w1lср1 – длина проводников параллельной ветви фазы обмотки статора, м;

lср1 – средняя длина витка обмотки статора, м;

a1 – число параллельных ветвей обмотки статора;

qэф1 – сечение эффективного проводника обмотки статора, мм2.

Число витков обмотки статора w1 равно

w1 = ,

где uп – число эффективных проводников в пазу статора,

w1 = (32.60)/(6.4) = 80,

lw = 80.0,91 = 72,8 м,

r1 = 72,8/(41,5.4.4,104) = 0,107 Ом,

Pэл1н = 3.78,62.0,107 = 1983 Вт.

Для расчета магнитных потерь в сердечнике статора предварительно нужно провести расчет индукции в зубцах и ярме (спинке) сердечника статора в следующей последовательности.

Магнитный поток на полюс в номинальном режиме (*Вб*) равен

Ф = 

где ke = Eн/Uн = 0,96 – 0,98;

kоб1 – обмоточный коэффициент для первой гармонической (см. п.1);

f1 = 50 Гц – частота питающей сети,

Ф =  = 0,0228 Вб.

Индукция в воздушном зазоре (*Тл*) равна

Bδ = pФ/(Dl1),

где l1 – длина сердечника статора, м;

D – внутренний диаметр сердечника статора, м;

p – число пар полюсов обмотки статора,

Bδ = (3.0,0228)/(0,29.0,22) = 1,072 Тл.

Индукция в зубцах статора (*Тл*) равна

Bz1 = 

где t1 = πD/z1 – зубцовое деление статора, мм;

t1 = π.290/60 = 15,18 мм,

bz1 – ширина зубца, мм;

kc = 0,97 – коэффициент заполнения пакета статора сталью,

Bz1 =  = 2,45 Тл.

Индукция в ярме статора (*Тл*) равна

Ba = ,

где ha = [½(Da ― D) ― hz1] – высота ярма статора, м;

ha = [½(0,437-0,29) - 0,034] = 0,0395 м,

Da, hz1 – наружный диаметр сердечника статора и высота зубца, м,

Ba =  = 1,35 Тл,

Далее определяют массу зубцов mz1 и ярма ma статора (*кг*)

mz1 = γz1bz1hz11l kc,

ma = γπ(Da ― ha)hal1kc,

где γ = 7800 кг/м3 – удельная масса стали;

mz1 = 7800.60.0,00684.0,034.0,22.0,97 =23,23 кг,

ma = 7800π(0,437 – 0,0395)0,0395.0,22.0,97 = 82,06 кг.

Магнитные потери в статоре (*Вт*) равны

Pм.н = Pa + Pz1 = p1,0/50 (kдaBa2ma + kдzBz2mz1),

где p1,0/50 = 1,75 Вт/кг - удельные потери в стали марки 2312 при индукции 1,0 Тл и частоте 50 Гц;

kдa = 1,6, kдz = 1,8 – коэффициенты, учитывающие увеличение потерь, связанное с технологическими факторами,

Pм.н = Pa + Pz1 = 1,75 (1,6.1,352 .82,06 + 1,8.1,2,452 . 23,23) = 858 Вт.

Суммарные потери ΣР (*Вт*) в номинальном режиме равны

ΣРн = Р1н ― Р2н = Рн (1 ― ηн),

где Рн, ηн ― номинальные мощность (Вт) и КПД (о.е) двигателя,

ΣРн = 75000 (1 ― 0,93) = 5250 Вт.

Доли электрических и магнитных потерь (*%*) в суммарных потерях двигателя равны

Рэл1н\* = (Рэл1н/ΣРн) 100,

Рм.н\* = (/Рм.н/ΣРн) 100,

Рэл1н\* = (1983/5250) 100 = 37,8%,

Рм.н\* = (858/5250) 100 = 16,3%.

**3. Определить электромагнитную мощность и электромагнитный момент, развиваемый двигателем в номинальном режиме.**

Электромагнитная мощность двигателя (мощность, передаваемая от статора к ротору) равна

Рэм.н = Р1н ― Рм.н ― Рэл1н ,

где Р1н = Рн/ηн ― активная мощность, потребляемая двигателем из сети в номинальном режиме, Вт,

Р1н = 75000/0,93 = 80645 Вт,

Рэм.н = 80645 -858-1983 = 77804 Вт.

Номинальный электромагнитный момент (Н.м) равен

Мэм.н = Рэм.н/ω1,

где ω1 = 2πf1/p ― угловая синхронная скорость (скорость вращения поля статора), рад/с,

ω1 = 2π.50/2 = 157 рад/с,

Мэм.н = 77804/157 =495,6 Н.м.

**4. Определить частоты ЭДС, наведенных 1ой, 5ой, 7ой, 11ой и 13ой пространственными гармоническими поля статора в обмотке ротора при скольжениях ротора относительно 1ой гармонической, равных 0; 0,05 и 1,0.**

Гармонические поля ν = 6k + 1 вращаются относительно ротора со скоростью

n1/ν ― n2 = n1/ν ― n1(1 ― s),

а гармонические ν = 6k ―1 ― со скоростью

n1/ν + n2 = n1/ν + n1(1 ― s) ,

где n1 ― синхронная скорость первой гармонической, об/мин;

n2 ― скорость вращения ротора, об/мин;

s ― скольжение ротора относительно первой гармонической поля.

Отсюда следует, что частоты ЭДС, наведенных высшими гармоническими поля в обмотке ротора (*Гц*),

f2ν = f1[1 ± ν(1 ― s)],

где f1 ― частота питающей двигатель сети, Гц;

знак «+» соответствует обратно вращающимся гармоническим поля, а знак «―» ― прямо вращающимся.

Для скольжение s=0:

f2-1 = 50. [1 + 1(1 ― 0)]=100 Гц,

f2-5 = 50. [1- 5(1 ― 0)]=-200 Гц,

f2-7 = 50. [1 + 7(1 ― 0)]=400 Гц,

f2-11= 50. [1- 11(1 ― 0)]=-500 Гц,

f2-13 = 50. [1 + 13(1 ― 0)]=700 Гц.

Для скольжение s=0,05:

f2-1 = 50. [1 + 1(1 ― 0,05)]=97,5 Гц,

f2-5 = 50. [1- 5(1 ― 0,05)]=-187,5 Гц,

f2-7 = 50. [1 + 7(1 ― 0,05)]=382,5 Гц,

f2-11= 50. [1- 11(1 ― 0,05)]=-472,5 Гц,

f2-13 = 50. [1 + 13(1 ― 0,05)]=667,5 Гц.

Для скольжение s=1:

f2-1 = 50. [1 + 1(1 ― 1)]=50 Гц,

f2-5 = 50. [1- 5(1 ― 1)]=50 Гц,

f2-7 = 50. [1 + 7(1 ― 1)]=50 Гц,

f2-11= 50. [1- 11(1 ― 1)]=50 Гц,

f2-13 = 50. [1 + 13(1 ― 1)]=50 Гц.