Исходные данные:

Дана лебедка, для которой известно:

Gгр- масса поднимаемого груза (кг);

Dб- диаметр барабана лебедки (м);

gгр- масса груза захватного устройства (кг);

i1- передаточное отношение первой шестереночной пары;

i2- передаточное отношение второй шестереночной пары;

J1- момент инерции малой шестерни (кгм2);



J2- момент инерции большой шестерни (кгм2);



ή1- КПД первой шестерни;

ή2- КПД второй шестерни;

ή гр- КПД грузозахватного устройства между тросом и барабаном;

nдв- частота вращения вала двигателя (об/мин);

J б- момент инерции барабана лебедки (кгм2).



Рисунок 1- Кинематическая схема лебедки

Таблица 1- Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | n | i1 | i2 | J1 | J2 | Jб | gгр | Gгр | Dб | ή1 | ή2 | ήгр |
| 5 | 1450 | 13 | 15 | 0,20 | 0,30 | 0,50 | 500 | 10000 | 0,4 | 0,96 | 0,95 | 0,98 |

Задача 1:

Для заданной кинематической схемы лебедки требуется:

1.1 Определить приведенный к валу двигателя суммарный момент инерции редуктора, лебедки, груза;

1.2 Рассчитать приведенный к валу момент сопротивления при подъеме и спуске;

1.3 Определить значение мощности на валу редуктора (на валу двигателя) при подъеме и спуске груза, объяснить причину отличия мощности при подъеме и спуске груза.

Решение:

Воспользуемся основным уравнением электропривода:

, (1)



где Мс- приведенный к валу двигателя момент сопротивления, Н∙м

J- приведенный момент инерции системы, кг∙м2

Кинетическая энергия при вращательном движении определяется по формуле

(2)



Кинетическая энергия при поступательном движении определяется по формуле

(3)



* 1. Найдем приведенный момент инерции приведенной системы по формуле

(4)



Выражение (4) умножим на



, (5)



где

рад/с; (6)



рад/с;



рад/с



м/с; (7)



Далее уравнение (5) запишем ввиде:

,



где - суммарный момент инерции редуктора, лебёдки и груза, который равен:



= ++



Отсюда суммарный момент равен:

= 0,1056+0,00025+0,022 = 0,13



* 1. Найдем момент сопротивления на валу двигателя при подъеме и спуске груза:

Момент сопротивления на валу двигателя при подъеме определяется по формуле

(8)



Момент сопротивления на валу двигателя при спуске определяется по формуле

(9)



Определим силу тяжести груза по формуле

Н



Н.м



Н.м



* 1. Определим значение мощности на валу двигателя при подъеме и спуске:

Вт;



Вт.



Разница мощностей при подъеме и спуске обуславливается тем, что при подъеме двигателю необходимо преодолеть силу тяжести груза и силу трения в подшипниках и редукторе. А при спуске двигатель выполняет роль тормоза и необходимая для равномерного спуска мощность делится между мощностью двигателя и потерями мощности в редукторе и других трущихся частях схемы.

Задача 2

По значению мощности приведенной к валу двигателя лебедки и необходимой скорости вращения вала редуктора необходимо выбрать двигатель постоянного тока (независимого) параллельного возбуждения типа 4П, 2П, П, ПБС, ПС и другие.

Для выбранного двигателя требуется:

2.1 Написать аналитическое уравнение, рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики;

2.2 Написать аналитическое уравнение, рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики при понижении напряжения на 30%;

2.3 Написать аналитическое уравнение, рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики при ослаблении потока возбуждения на 20%;

2.4 Написать аналитическое уравнение, рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики при веденном добавочном сопротивлении 4rя;

2.5 Рассчитать:

а) значение напряжения;

б) значение добавочного сопротивления ограничивающего пусковой ток до 2,5Iн, графическим методом рассчитать пусковое сопротивления при пуске в три ступени;

2.6 Определить значения добавочного сопротивления в цепи якоря при спуске груза в режиме противовкючения на скорости 0,2ωн. Построить механическую характеристику, написать ее уравнение и составить баланс мощности при номинальном токе;

2.7 Написать уравнение, построить график и определить скорость двигателя при спуске груза в режиме рекуперативного торможения. Составить баланс мощности.

2.8 Написать уравнение, построить график и определить добавочного сопротивления при спуске груза в режиме динамического торможения (ω=0,5 ωн). Составить баланс мощности.

2.9 Определить скорость реального холостого хода, момент на валу двигателя соответствующего номинальной скорости.

Решения:

По полученным данным из задачи №1 произведем выбор двигателя используя справочник электрических машин:

ПБС-63МУХЛ4

Рн=5,4 кВт

Uн=220 В

ήд =0,88

nн =1450 об/мин

2.1 Из курса электрических машин известны следующие соотношения между напряжением сети U, ЭДС Е, скоростью ω, током I в установившемся режиме работы электрической машины:

*U =Е+I(rя+Rдоб),* (1)

*Е = сФω,* (2)

*М = сФI,* (3)

где с - постоянный конструктивный коэффициент электрической машины; ω - угловая скорость вращения якоря двигателя, рад/с; rя - сопротивление якорной цепи двигателя, Ом; Rдоб - добавочное сопротивление.

Решив совместно уравнения (1...3), получим:

(4)



Выражение (4) носит название электромеханической (или скоростной) характеристики двигателя. Характеристики строятся по двум характерным точкам.

1 точка:

При найдем ток из выражения (4)



(5)



при Е=0 и Rд=0 получим

(6)



Так как rя не известно, то найдем rя из формулы:

(7)



Найдем ток номинальный:

А



Из выражения (7) находим:

Ом



Из выражения (6) находим:

А



2 точка:

При I=0 найдем скорость из выражения (4):

(8)



Найдем сФ из формулы:

(9)



Найдем ωн из формулы:

рад/с



Из выражения (9) находим:



Из выражения (8) находим:

рад/с



Решив совместно уравнения (1...3), получим выражение механической характеристики:

(10)



1 точка:

При найдем из выражения (10) момент сопротивления на валу:



Н.м



2 точка:

При М=0 найдем скорость двигателя из выражения (10):

рад/с



2.2 Рассчитываем:

Электромеханическая характеристика при понижении напряжения на 30%:

1 точка: При найдем ток из выражения (6)



А



2 точка: При I=0 находим скорость из выражения (8)

рад/с.



Механическая характеристика при понижении напряжения на 30%:

1 точка: При найдем из выражения (10) момент сопротивления на валу:



Н.м.



2 точка: При М=0 найдем скорость двигателя из выражения (10):

рад/с.



2.3 Рассчитываем:

Электромеханическую характеристику при понижении магнитного потока на 20%:

1 точка: При найдем ток из выражения (6)



А



2 точка: При I=0 находим скорость из выражения (8)

рад/с.



Механическая характеристика при понижении магнитного потока на 20%:

1 точка: При найдем из выражения (10) момент сопротивления на валу:



Н.м.



2 точка: При М=0 найдем скорость двигателя из выражения (10):

рад/с.



2.4 Рассчитываем:

Электромеханическую характеристику при добавлении в цепь добавочного сопротивления равным 4rя:

1 точка: При найдем ток из выражения (6)



А



2 точка: При I=0 находим скорость из выражения (8)

рад/с.



Механическая характеристика при добавлении в цепь добавочного сопротивления равным 4rя:

1 точка: При найдем из выражения (10) момент сопротивления на валу:



Н.м



2 точка: При М=0 найдем скорость двигателя из выражения (10):

рад/с.



По значениям из пунктов 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 строим механическую (рисунок 1) и электромеханическую (рисунок 2) характеристики.

2.5 а)Рассчитать напряжения при токе I=2,5Iн:

А,



В



б) рассчитать значение добавочного сопротивления при I=2,5Iн:

Из выражения (5) при Е=0 выразим R*д*

Ом.



Графическим методом рассчитываем пусковое сопротивление при пуске в три ступени:

Строим естественную электромеханическую характеристику при номинальном токе (рисунок 3) :

А



А



Определим масштаб:

Ом,



Lаf=111,7 мм,

Ом/мм,



Из графика найдем длины отрезков:

Lbc=5 мм,

Lcd= 11 мм,

Lde=21 мм,

По полученному графику и при помощи масштаба найдем пусковые добавочные сопротивления для каждой ступени пуска:

Ом,



Ом,



Ом,



Делаем проверку:

Ом



, проверка сошлась, значит, сопротивление выбрано правильно.



2.6 Определим добавочное сопротивление при скорости 0,2ωн в режиме противовключения (рис 4):

Выражение (1) в режиме противовключения примет вид:

,



где



Выразим R*д*:

Ом,



Составим баланс мощности:

,



Рассчитываем:



7288,9Вт ≈ 7317Вт, баланс сошелся, следовательно, добавочное сопротивление подобранно правильно.

2.7 Определить скорость двигателя при спуске двигателя в режиме рекуперативного торможения

Скорость определяем графически (рисунок 4):

ω= 115 рад/с

Составим баланс мощности:



6138Вт ≈ 5931,5Вт баланс сошелся.

2.8 Определить добавочное сопротивление при спуске груза в режиме динамического торможения (рисунок 5) при скорости 0,5ωн:

Найдем скорость двигателя:

рад/с.



Выражение (4) примет вид:



Найдем от сюда R*д*

Ом,



Составим баланс мощности:

,



2877,3Вт ≈ 2880,1Вт баланс сошелся

2.9 Определить скорость реального холостого хода, момент на валу двигателя соответствующей номинальной скорости:

Н.м,



рад/с,



Н.м.



Задача 3

Выбрать асинхронный двигатель типа: 4А, АИР. По значениям необходимой мощности и скорости лебедки, по паспортным данным электродвигателя рассчитать и построить:

3.1 Естественную механическую характеристику по пяти точкам. Определить скорость при подъеме груза;

3.2 Естественную электромеханическую характеристику по четырем точкам. Определить величину тока при подъеме груза;

3.3 Написать уравнение механической характеристики выбранного двигателя (формула Клосса) и построить график этой характеристики;

3.4 Искусственные механическую и электромеханическую характеристики двигателя при понижении напряжения на 30%. Определить возможность подъема груза, скорость и величину тока;

3.5 Полагают, что выбранный двигатель имеет фазный ротор. Построить искусственную характеристику при введении в цепь ротора добавочного сопротивления в 4 Rрот. Определить скорость подъема.

3.6 Искусственную механическую характеристику при повышении и понижении на 30% частоты сети. Определить рабочую скорость подъема груза и возможность установившейся работы двигателя;

3.7 Определить скорость опускания груза в режиме сверхсинхронного торможения;

3.8 Рассчитать значения добавочных активных сопротивлений в цепи статора ограничивающий пуск до 2Iн;

3.9 Графическим или графоаналитическим методами рассчитать добавочное сопротивление в цепи ротора двигателя в 3 и более ступени.

Решение:

Паспортные данные:

4А132S6У3

Рн=5,5 кВт SH=4,1% ή=85%

mп=2 n0=1000 об/мин cosφ=0,8

mmin=1,6 Uл=380 Вmmax=2,2 iп=7

3.1 Естественную механическую характеристику по пяти точкам. Определить скорость при подъеме груза:

1 точка - точка синхронной скорости

М=0

рад/с (1)



где f- частота сети,

р- число пар полюсов.

2 точка – точка номинальной скорости и номинального момента

рад/с (2)



где SH- номинальное скольжение двигателя.

Н.м



3точка – точка критического момента

Значение критического скольжения определяется:

рад/с (3)



где Sк- номинальное скольжение двигателя.

Н.м



4 точка – точка минимального момента

рад/с



Н.м



5 точка – точка пускового момента

ω=0

Н.м



3.2 Естественную электромеханическую характеристику по четырем точкам. Определить величину тока при подъеме груза:

1 точка – точка синхронной скорости

Из выражения (1) известно:

рад/с



Ток статора, соответствующий ω0 (ток намагничивания):

А



2 точка – номинальная

А



Из выражения (2) известно:

рад/с



3 точка – точка критического скольжения

А



А



Из выражения (3) известно

рад/с,



4 точка – пусковая

ω=0

А



Таблица 1.Полученные результаты

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 0 | 0,041 | 0,1 | 6/7 | 1 |
| ω, рад/с | 157 | 150,6 | 141,3 | 22,4 | 0 |
| ME, H.м, (3.1) | 0 | 35,8 | 78,8 | 57,3 | 71,6 |
| MИ, H.м, (3.4) | 0 | 17,5 | 38,6 | 28,1 | 35,1 |
| IE, A, (3.2) | 5,1 | 12,3 | 64,6 | - | 86,1 |
| IИ, A, (3.4) | 3,6 | 8,6 | 45,2 | - | 60,3 |

По полученным данным строим характеристики (рисунок 6 и рисунок 7).

3.3 Написать уравнение механической характеристики выбранного двигателя (формула Клосса) и построить график этой характеристики:

По формуле Клосса рассчитаем моменты двигателя:

1 точка: при S=0:



2 точка: при S=0,0041:

H.м,



Таблица 2. Результаты

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| S | ω, рад/с | Mклосса, H.м |
| 0 | 157 | 0 |
| 0,041 | 150,6 | 56,8 |
| 0,1 | 141,3 | 78,8 |
| 0,857 | 22,4 | 19,5 |
| 1 | 0 | 16,8 |

По полученным данным строим характеристики (рисунок 6)

3.4 Искусственные механическую и электромеханическую характеристики двигателя при понижении напряжения на 30%. Определить возможность подъема груза, скорость и величину тока

Найдем момент сопротивления и ток при U=0,7UH:



Полученные результаты заносим в таблицу №1. По данным из таблицы №1 строим электромеханические и механические характеристики(рис.6 и 7).

3.5 Полагают, что выбранный двигатель имеет фазный ротор. Построить искусственную механическую (рис. 6) характеристику при введении в цепь ротора добавочного сопротивления в 4 Rрот. Определить скорость подъема.

,



,



Найдем Skи из формулы:

,



Зная критическое скольжение, найдем скорость двигателя:

рад/с.



3.6 Искусственную механическую характеристику при повышении и понижении на 30% частоты сети. Определить рабочую скорость подъема груза и возможность установившейся работы двигателя:

а) Найдем скорость двигателя и момент сопротивления при повышении частоты на 30%:

рад/с,



Зная скорость и скольжение найдем критический момент сопротивления двигателя:

Н.м,



По значению критического момента найдем момент сопротивления двигателя по формуле Клосса:

1 точка: при S=0:



2 точка: при S=0,041:

Н.м,



Таблица 3. Результаты

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 0 | 0,041 | 0,1 | 0,857 | 1 |
| , рад/с (3.6-а) | 204,1 | 195,8 | 183,7 | 29,1 | 0 |
| , Н.м, (3.6-а) | 0 | 33,6 | 46,6 | 11,5 | 9,9 |
| , рад/с (3.6-б) | 109,9 | 105,4 | 98,9 | 15,7 | 0 |
| , Н.м, (3.6-б) | 0 | 115,9 | 160,8 | 39,8 | 34,3 |

б) Найдем скорость двигателя и момент сопротивления при понижении частоты на 30%:

рад/с,



Зная скорость и скольжения найдем критический момент сопротивления двигателя:

Н.м,



По значению критического момента найдем момент сопротивления двигателя по формуле Клосса:

1 точка: при S=0:



2 точка: при S=0,041:

Н.м,



Остальные моменты рассчитываются аналогично. Результаты заносим в таблицу 3. По данным из таблицы 3 строим график механической характеристики(рис.8).

3.7 Определить скорость опускания груза в режиме сверх синхронного торможения:

Примем ,



Тогда механическая характеристика в режиме сверх синхронного торможения примет вид(рис.6) .

,



Скорость в режиме сверхсинхронного торможения будет находиться графически. Из задачи 1 берем момент сопротивление при спуске и откладываем его на графике. Из точки пересечения момента и механической характеристики сверх синхронного торможения проводим прямую до оси скоростей и получаем скорость двигателя при спуске.

160рад/с



3.8 Рассчитать значения добавочных активных сопротивлений в цепи статора ограничивающий пуск до 2Iн;

А,



А,



Ом,



Ом,



Известно, что cosφН=0,80

Для расчета *RДОБ* и *xДОБ* надо знать cosφПУСК:



Активное сопротивление рассчитываем по формуле:

Ом,



Индуктивное сопротивление рассчитываем по формуле:

Ом,



Считаем *RДОБ* и *xДОБ*:

Ом,



Ом.



3.9 Графическим методом рассчитать добавочное сопротивление в цепи ротора двигателя при пуске в 3 и более ступени.

4АК160S6У3



Строим естественную механическую характеристику по 3 точкам.1 точка - точка синхронной скорости



М=0

рад/с (1)



где f- частота сети,

р- число пар полюсов.

2 точка – точка номинальной скорости и номинального момента

рад/с (2)



где SH- номинальное скольжение двигателя.

Н.м



3точка – точка критического момента



рад/с (3)



где Sк- номинальное скольжение двигателя.

Н.м



Строим механическую характеристику при номинальном моменте(рис.9):

Нм



Нм



Определим масштаб:

,Ом,



Определяем сопротивления по ступеням:



Как проверку определим сопротивление ротора и сравним его с полученным графическим методом:



0,36≈0,4, отсюда следует решение верно.

**Список литературы**

1.Грачев Г.М. «Электромеханические свойства двигателей» Челябинск,2006

2. «Справочник по электрическим машинам» под ред.Копылова И.П.-Москва,Энергоатомиздат,1988

3.Н.И. Кондратенков, Л.А. Баранов, Л.А. Саплин, В.И. Антони «Электропривод и электрооборудование в сельском хозяйстве» Челябинск,2003

4. Г.М. Грачев, А.С. Знаев, В.И. Антони «Методические указания к контрольным заданиям по основам электропривода»-Челябинск,1993

5. А.Г. Возмилов, М.Я. Ермолин, И.М. Кирпичникова, В.Н. Сажин «Электрооборудование и средства автоматизации в агропромышленном комплексе»-Челябинск,2008

6.Кондратенков Н.И., Грачев Г.М., Антони В.И. «Электропривод в сельском хозяйстве». Челябинск,20002.