**7 Задания для контрольной работы**

**Задача 1**

Для электропривода механизма подъема, кинематическая схема которого приведена на рисунке 3, а значения параметров элементов кинематической схемы и технические данные в таблице1:

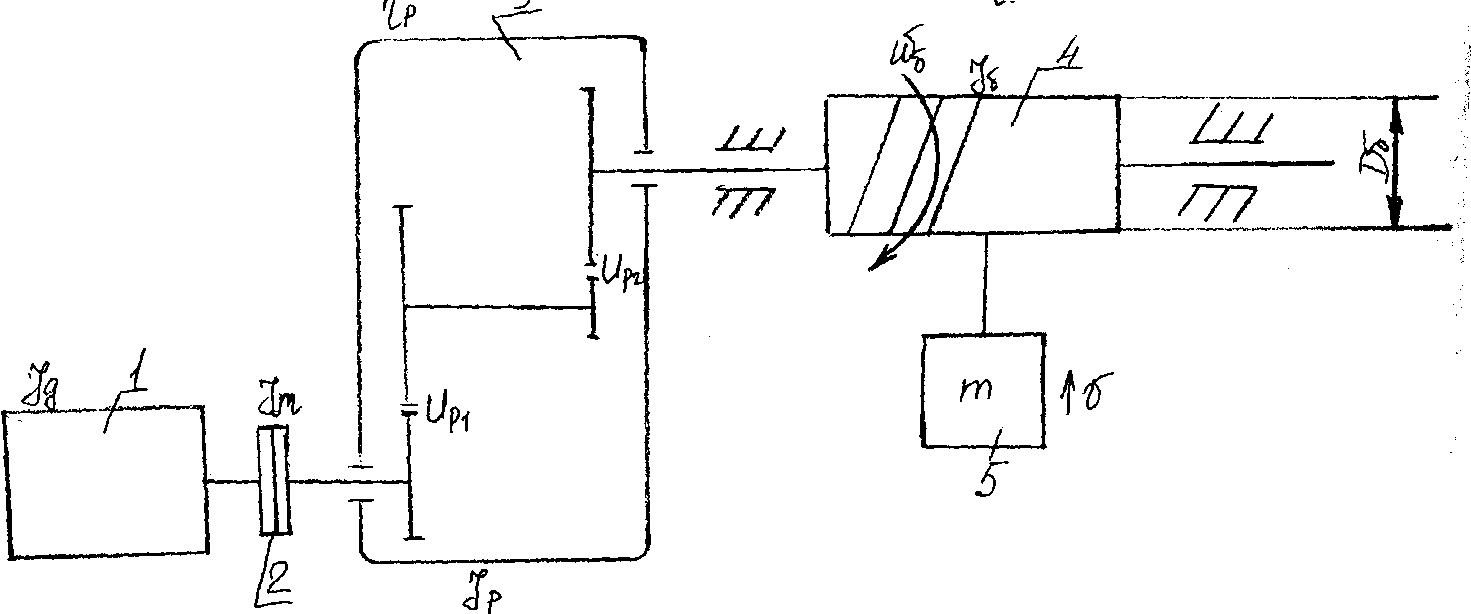
1. Определить момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя.

1. Определить момент сопротивления, приведенный к валу двигателя

а) при подъеме груза;

б) при опускании груза.

1. Пояснить, в каких режимах работает двигатель при подъеме и опускании груза.



1–двигатель, 2–соединительная муфта, 3–редуктор, 4–барабан, 5-груз,

J-момент инерции, Up-передаточное число редуктора,ω-угловая скорость, Dб-внешний диаметр барабана, η - КПД

Рисунок 3 – Кинематическая схема электропривода

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар | **Jд**  **кгм2** | **Jм**  **кгм2** | **Jр\***  **кгм2** | **up1** | **up2** | **m,**  **кг** | **v,**  **м/с** | **Dб,**  **м** | **ω**  **рад/с** | **ηр** | **ηб** | **Jб**  **кгм2** |
| 9 | 3,2 | 0,2 | 0,32 | 6,0 | 2,5 | 2500 | - | 1,0 | - | 0,8 | 0,98 | 5,0 |
| \* значение момента инерции редуктора по отношению к валу двигателя | | | | | | | | | | | | |

**Задача 2**

Для соответствующего заданному варианту графика нагрузки в таблице 2.

1 Определить, к какому из 8 режимов работы двигателя в соответствии с ГОСТ 183-74 можно отнести данный график.

2 Определить требуемую номинальную мощность двигателя по условиям нагрева с проверкой по перегрузочной способности.

3 Выбрать наиболее подходящий двигатель, используя справочную литературу. Привести его технические данные, расшифровать марку.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вар** | **График нагрузки** | **Значение параметров графика**  **(Р, кВт; tв, с; М, Н\*м; I, А; t0, с)** | Частота вращения **двигателя**  **n, об/мин** |
| 9 | M  t | M1=100 M2=50 M3=150 M4=20 M5=50 M6=200  t1=20 t2=6 t3=40 t4=40 t5=50 t6=100 | 1000 |
|  |  |  |

**Задача 3**

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, данные которого приведены в таблице 3,:

1 Построить естественную электромеханическую и механическую характеристики.

2 Определить сопротивления ступеней пускового реостата при условии, что наибольшее значение пускового момента не должно превышать значения М1 , число ступеней реостата – m ( значения М1 , Мс и m, необходимые для расчета, заданы в таблице 3.). Построить диаграмму пуска.

3 Определить необходимое добавочное сопротивление в цепи якоря двигателя при переходе его из двигательного режима работы с номинальными параметрами в режим противовключения – для нечетных вариантов или в режим динамического торможения - для четных вариантов при условии, что начальный тормозной ток равен Iт.

1. Построить искусственную, механическую характеристику при снижении напряжения питания на 20 %; при введении в цепь якоря добавочного сопротивления Rдоб\* = 0,4.

таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **вар** | Технические данные двигателя типа П, 220 В с регулированием скорости 1:2 (продолжительный режим работы ) | | | | | | | | | **Данные расчетов** | | | |
| **Тип** | **Рн**  **кВт** | **nн**  **об/мин** | **Iн**  **А** | **rя+rдп**  **Ом** | **rпар**  **Ом** | **Номинальный ток возбуждения параллельн. обмотки, А** | **Макс.допустимая частота вращения**  **об/мин** | **Момент инерции якоря**  **I, кгм2** | **Кратность статического момента**  **Мс / Мн** | **Число ступ-ней**  **m.** | **Кратность пускового момента**  **Мп / Мн** | **Крат-ность началь-ного тормоз-ного тока**  **Iт / Iн** |
| 9 | П-72 | 12,5 | 1000 | 78 | 0,237 | 108 | 1,46 | 2000 | 1,6 | 1,2 | 5 | 2,15 | 1,9 |

**Задача 4**

Для асинхронного двигателя с фазным ротором, данные которого приведены в таблице 4:

1. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику, указать на ней характерные точки.

2. Построить диаграмму пуска и определить сопротивления добавочных резисторов в цепи ротора при условии, что наибольшее значение момента двигателя при его разгоне не должно превышать значения М1, а значение момента М2, при котором происходит переключение ступеней резисторов, не должно быть меньше 1,2Мс, где Мс – момент статического сопротивления, приведенный к валу двигателя. Данные для расчета взять из таблицы 5.

1. Составить схему торможения противовключением (для четных вариантов) и динамического торможения (для нечетных вариантов).
2. Построить механические характеристики для заданного способа торможения (без расчета).

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар | **Тип**  **электро- двигателя** | **Р2, кВт**  **при ПВ, %** | | | | **n.**  **об/мин** | **I1 при**  **U=380** | **cosϕ** | **η %** | **I2**  **А** | **U2**  **В** | **Mmax**  **Мном** | **I**  **кгм2** | **m,**  **кг** | **nmax**  **об/мин** |
| **15** | **25** | **40** | **60** |
| 9 | MTF  412-6 | 40 |  |  |  | 960 | 94 | 0,77 | 84 | 100 | 255 | 2,5 | 2,7 | 345 | 2500 |

Таблица 5 – Данные к задаче № 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Мс  Мн | М1  Мmax |
| 9 | 1,0 | 0,8 |

1. **Методические указания к выполнению**

**контрольной работы**

Выполнение контрольной работы – это один из основных видов самостоятельной работы студента-заочника, позволяющих освоить программу учебной дисциплины.

Задание на контрольную работу состоит из четырех задач. При выполнении работы предусматривается определение приведенного момента инерции электропривода и определение момента сопротивления нагрузки для заданной структуры электропривода, расчет естественных характеристик электроприводов постоянного и переменного тока, расчет добавочных сопротивлений и сопротивлений ротора.

Выполнение контрольной работы рекомендуется проводить в следующем порядке :

* прочесть задания, определить, к какому разделу курса оно относится;
* подобрать необходимые первоисточники по данному вопросу;
* систематизировать имеющуюся информацию;
* продумать последовательность расчетов и провести их;
* проанализировать полученные результаты.

При оформлении контрольной работы необходимо обращать внимание на требования действующего ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», «Методические рекомендации по оформлению курсовых и дипломных проектов», НТГП, 2000.

При решении задач необходимо :

* правильно оформить графики. Оси координат должны быть обозначены, на осях проставлены масштабные деления и их цифровые значения; чертить графики необходимо на клетчатой или миллиметровой бумаге;
* схемы чертить в соответствии с действующими стандартами на буквенные и графические обозначения элементов схем (схемы можно выполнить в графическом редакторе на компьютере);
* список литературы должен быть приведен в конце контрольной работы; при выполнении работы должны быть приведены ссылки на использованную литературу;
* расчеты должны быть сведены в таблицы;
* все расчеты производить в системе СИ;
* при расчете механических характеристик электроприводов можно пользоваться электронными таблицами Excel;
* применение ксерокопий в контрольной работе не допускаются.

Все задачи и расчеты должны выполняться с подробными пояснениями и ссылками на литературу.

Контрольные задания разработаны на 35 вариантов. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента по списку в журнале учебных занятий.

Контрольные работы, выполненные небрежно, с нарушениями предъявляемых требований, и несоответствующие заданному варианту, не зачитываются.

**6.1 Определение момента инерции**

Приведение инерционных масс и моментов инерции механических звеньев к валу двигателя заключается в том, что эти массы и моменты инерции заменяются одним эквивалентным (приведенным) моментом инерции на валу двигателя. При этом условием приведения являются равенство кинетической энергии, определяемой эквивалентным моментом инерции, сумме кинетических энергий всех движущихся элементов механической части привода, т.е.

ω2 ω2 n ωi2 k vj2

Jэкв  = Jдв + Σ Ji + Σ mj (6.1)

2 2 i=1 2 j=1 2

отсюда :

n Ji k

Jэкв = Jдв + Σ + Σ mjρj2 (6.2)

i=1 upi2 j=1

Где Jдв – момент инерции ротора двигателя, кг\*м2,

Ji – момент инерции i – го вращающего элемента, кг\*м2,

mj – масса j – го поступательно-двищущего элемента,

upt = ω/ωi – передаточные отношения редуктора от вала двигателя до i –го вращающего элемента;

ρj = vj /ω - радиус приведения поступательно-движущегося j-го элемента к валу двигателя, м

Часто в каталогах для двигателей указывается величина махового момента GD2, выраженного кгс\*м2. В этом случае момент инерции в системе СИ вычисляется по формуле :

GD2

J = , кг\*м2 (6.3)

4

* 1. **Приведение моментов статического сопротивления на валу двигателя**

Для приведения к валу двигателя момента или усиления нагрузки рабочего органа производственной машины необходимо воспользоваться уравнением баланса мощности в механической части привода.

При передаче энергии от двигателя к рабочему органу уравнение баланса имеет вид :

Рс = Рр.о + ΔР (6.4)

Где Рс = Мс\*ω - мощность на валу двигателя,

ΔР – мощность потерь в механических звеньях,

ω - угловая скорость вала двигателя,

Мс – момент сопротивления на валу двигателя, называемый также статическим моментом,

Рр.о – мощность на рабочем органе.

Если известен КПД механической части привода (η), то

Рр.о

Рс = (6.5)

η

При вращательном движении рабочего органа :

Рр.о =Мр.о \*ωр.о (6.6)

Где Мр.о – момент нагрузки на рабочем органе,

ωр.о. угловая скорость рабочего органа.

Тогда

ωр.о

Мс\*ω = Мр.о (6.7)

η

следовательно:

Мр.о

Мс = (6.8)

up\*η

где up = ω /ωр.о – передаточное отношение редуктора.

При поступательном движении

Рр.о = Fр.о \*vр.о

Где Fр.о – усилие нагрузки на рабочем органе,

Vр.о – линейная скорость движения рабочего органа.

Следовательно

Fр.о \*ρ

Мс = (6.6)

η

где ρ = v/ω - радиус приведения усилия нагрузки к валу двигателя.

При передаче энергии от рабочего органа к двигателю

Рс = Рр.о - ΔР

Или

Fр.о  \*η

Мс = -при вращательном движении (6.7)

up

Мс = Fр.о \*ρ\*η - при поступательном движении (6.8)

При определении эквивалентного момента инерции и момента статического сопротивления необходимо помнить, что общий КПД механической части электропривода равен произведению КПД отдельных элементов, а общее передаточное отношение редуктора равно произведению передаточных отношений отдельных звеньев. Изложение этого вопроса имеется в [3], [4], [6], [7].

* 1. **Определение требуемой номинальной мощности двигателя по заданному графику нагрузки**

Решение этой задачи следует вести в такой последовательности:

6.3.1 В соответствии с ГОСТ 183-74 необходимо отнести (сопоставить) заданный график нагрузки к стандартному [3], [6], [12].

6.3.2 используя метод эквивалентных величин применительно к режиму работы двигателя, определяемого заданным графиком, рассчитать требуемую номинальную мощность двигателя.

6.3.3 Выбрать двигатель по справочной литературе или из таблиц, приведенных в задании.

6.3.4 Определить максимальное значение момента, соответствующее нагрузочной диаграмме, и сравнить его с номинальным моментом двигателя. Допустимую перегрузочную способность для двигателя постоянного тока принять :

Iдопуст Мдопуст

λ = = = 2,5

Iном Мном

Для электроприводов, работающих в повторно-кратковременном режиме, целесообразно выбирать двигатели, предназначенные для этого режима. Причем длительность рабочего цикла не должна превышать 10 мин, в противном случае двигатель должен выбираться как и для продолжительного режима работы [7], [12].

Последовательность расчета :

По нагрузочной диаграмме определяют относительную продолжительность включения.

n

Σ t0i

i=1

ПВ = \*100% (6.9)

Tц

где t0i – продолжительность i-го участка работы,

n m

Тц = Σtpi + Σtoj – время цикла,

i=1 j=1

t0i – продолжительность j-ой паузы в работе двигателя.

Определяют эквивалентное значение мощности ( момента или тока ).

n

Σ Pi2 \*tpi

Pэ = i=1 (6.10)

n

Σ tpi

i=1

Приводят эквивалентное значение к ближайшему стандартному значению : ПВст = 15, 25, 40, 60 %.

ПВ

РэПВст = Рэ (6.11)

ПВст

При выборе двигателя должно соблюдаться условие :

Рном ПВст ≥ Рэ ПВст (6.12)

Если продолжительность включения (ПВ) 70-80% возможен (как правило, это и делается) выбор двигателя, предназначенного для длительного режима работы, для которого следует принять ПВ=100 %.

При длительном перемежающемся режиме работы условия выбора мощности двигателя следующие :

Рэ ≤ Рном (6.13)

Мэ ≤ Мном (6.14)

где n

Σ Pi2 \*ti

Pэ = i=1

n (6.15)

Σ ti

i=1

где

n

Σ Мi2 \*ti

Мэ = i=1 (6.16)

n

Σ ti

i=1

где ti – время i-го участка работы,

Pi – мощность i-го участка работы.

Более подробное изложение этого вопроса имеется в [3], [6], [7], [12].

**6.4** **Расчет электромеханических и механических характеристик двигателей. Определение сопротивления ступеней пускового реостата**

Под электромеханической характеристикой двигателя постоянного тока понимается зависимость его угловой скорости ω от тока якоря ω = f ( Iя ), а под механической характеристикой – зависимость угловой скорости ω от электромагнитного момента : ω = ψ ( М )

Уравнения этих зависимостей для двигателей параллельного или независимого возбуждения имеют вид

Для электромеханической характеристики :

U RяΣ

ω = - Iя (6.17)

kФ kФ

для механической характеристики :

U RяΣ

ω = - М (6.18)

kФ (kФ)2

где Ф – поток возбуждения двигателя, Вб,

U – напряжение сети постоянного тока, В,

RяΣ = Rя + Rд.я – суммарное сопротивление якорной цепи двигателя, включающее в себя Rя – внутреннее сопротивление якорной цепи двигателя, вбирающее в себя сопротивление обмоток якоря, компенсационной обмотки и обмотки дополнительных полюсов, а также переходное сопротивление щеточного контакта, Ом,

Rд.я –дополнительное сопротивление, включенное последовательно в цепь якоря, Ом,

Iя – ток цепи якоря, А,

ω - угловая скорость, рад/с.

Построение естественной характеристики (U = Uном, Ф = Фном, RяΣ=Rя) производится обычно по двум точкам (точкам идеального холостого хода и номинального режима).

Точка идеального холостого хода имеет координаты :

Uном

[ Iя = 0 (М=0); ω = ω0 = ]

kФном

Точка координаты номинального режима работы :

[Iя = Iя ном  (М = Мном ); ω = ωном ]

При отсутствии данных о номинальном потоке Фном и конструктивном коэффициенте k можно найти их произведение k\*Фном при номинальном режиме работы.

Если поток в дальнейшем не изменяется, а это так, если вы не регулируете поток двигателя, то С = k\*Фном остается постоянным для всех режимов работы двигателя.

Uном – Iя ном \*Rя

С =  (6.19)

ωном

График механической характеристики представлен на рисунке 1.

ω, с-1

ω0

ωн ест

ω3 3

ω2

2

ω1

1

0 Мн  М2 Мп М, Н\*м

Рисунок 1 - Механическая характеристика

При пуске двигателя постоянного тока от сети с номинальным напряжением с целью снижения пусковых токов ( ограничения их на допустимом уровне ) в цепь якоря включают дополнительные сопротивления, которые затем ступенчато выводятся по мере разгона двигателя.

Расчет этих сопротивлений может производиться аналитически [4], [5], [6] или графоаналитически [3], [4], [6], [7], [12].

Ниже поясняется графоаналитический способ определения сопротивлений ступеней пускового реостата (рисунок 1). На оси момента ( или тока, если оперируете значениями допустимого тока) откладываете значение допустимого момента Мп . Проводите прямую из этой точки параллельно оси скорости. Откладываете значение момента переключения М2, равное (1,2-1,3)Мс = М2, и проводите из этой точки прямую, параллельную оси скорости.

Через точки с координатами ( ω = ω0; М = 0) и (М = Мп; ω = 0) проводите первую характеристику диаграммы пуска ( рисунок 1 ).

Добавочное сопротивление, которое необходимо включить в цепь якоря, чтобы двигатель имел эту характеристику, равно:

Uном

Rя.доб1 = - Rя (6.20)

Iя доп

где Iя доп – допустимое значение тока якоря двигателя, определяемое его перегрузочной способностью или заданным пусковым моментом Мп.

Мп

Iя доп = ≤ λ Iя ном

С

По мере разгона двигателя увеличивается ЭДС якоря и, соответственно, уменьшается ток якоря.

При достижении скорости производят переключение ступеней пускового реостата ( уменьшают добавочное сопротивление) , и двигатель переходит на следующую характеристику (2).

Добавочное сопротивление для этой ступени определяется так :

Uном - ω\*С

Rя.доб2 = - Rя (6.21)

Iя доп

Аналогично для 3-ей ступени

Uном - ω2\*С

Rя.доб3 = - Rя

Iя доп

Для асинхронного двигателя под механической характеристикой понимают соотношение между моментом двигателя и скольжением. Упрощенное уравнение механической характеристики (формула Клосса ) :

М =  (6.22)

ω0 - ω

где S = - скольжение ротора двигателя,

ω0

ω0 – угловая скорость идеального холостого хода (синхронная скорость), рад/с,

ω - текущее значение скорости, соответствующее моменту нагрузки, рад/с,

Мкр – критическое (максимальное значение) момента двигателя , Нм,

Sкр – критическое скольжение, соответствующее Мкр.

Определить критическое скольжение можно по уравнению :

Sкр = Sн ( λ + √ λ2 − 1 ) (6.23)

ω0 - ωном

Где Sном = - номинальное скольжение,

ω0

Мкр

λ = - перегрузочная способность двигателя.

Мном

Расчет ступеней пускового реостата, включенного в цепь ротора, изложен в [2], [4], [6], [11], [12], и основывается на следующем положении. При включении симметричных сопротивлений в цепи ротора изменяется значение критического скольжения, а критический момент остается неизменным. Из этого следует, что для одного и того же значения момента справедливо :

Sе R/2е R2е

Sи R/2е + R/2доб R2е + R2доб (6.24)

где Sе, Sи – значение скольжения на естественной и искусственной характеристиках при заданном значении момента,

R/2е – сопротивление фазы ротора,

R/2доб – добавочное сопротивление в цепи фазы ротора.

Порядок графоаналитического расчета :

* строится естественная механическая характеристика (рисунок 2);
* на оси моментов откладываются значения наибольшего момента двигателя при пуске М1 и значение момента переключения М2 ;
* проводятся две прямые из этих точек параллельно оси скольжения;
* строится пусковая диаграмма;
* На прямой, соответствующей номинальному моменту, отмечаются точки Sи1, Sи2 ,… ;
* По уравнению (6.24) определяют R2доб1 R2доб2 и т.д.

S

Рисунок 2 - Пусковая диаграмма асинхронного двигателя



Активное сопротивление фазы ротора, соответствующее номинальному режиму работы, рассчитывается по формуле

U2

R2е = Sи (6.25)

 I2

где U2 – напряжение на концах ротора в заторможенном состоянии ротора, В,

I2 - номинальный ток ротора, А,

Sн – номинальное скольжение.