МИНОБРНАУКИ РОССИИ

 Филиал государственного бюджетного образовательного учреждения

 высшего образования

 «Самарский государственный технический университет»

 в г. Сызрани

 кафедра ЭПА

 Пояснительная записка к курсовому проекту

 по дисциплине «Автоматизированный электропривод типовых

 производственных механизмов и технологических комплексов»

 «Расчёт электроприводов металлорежущих станков»

 Вариант - 7

 Выполнил:

 студент гр. ЭМ-405

 Якунина И.А.

 Проверил:

 доцент

 Воронин С.М.

 Сызрань, 2018г.

Содержание Введение 4

Техническое задание на курсовой проект 5

1. Выбор двигателей для электроприводов главного движения и движения подачи. 6
2. Проверка двигателей привода подачи. 9
	1. По режиму трогания с места. 9
	2. По режиму ускоренного перемещения. 10
3. Выбор комплектных электроприводов 11
	1. Выбор комплектных электроприводов постоянного тока для движения подачи. 11
		1. Расчет статики. 11
		2. Расчет динамики. 15
			1. Контур тока. 15

 Контур скорости. 16

 Контур положения (дополнительный контур при работе от ЧПУ). 17

* + 1. Расчет времени разгона электропривода подачи до номинальной скорости вращения. 18
	1. Выбор комплектных электроприводов переменного тока. 18
		1. Расчет статических характеристик электропривода переменного тока при различных законах частотного регулирования. 19
			1. Механические характеристики при законе частотного регулирования

U  const 20

f

* + - 1. Механические характеристики при постоянном потокосцеплении статора. 21
			2. [Механические характеристике при постоянстве потокосцепления ротора 23](#_TOC_250008)
		1. [Синтез систем векторного управления асинхронным электроприводом.](#_TOC_250007).....23
			1. [Расчет параметров структурной схемы АД 23](#_TOC_250006)
			2. [Контур регулирования фазного тока. 24](#_TOC_250005)
			3. [Контур регулирования потокосцепления ротора. 25](#_TOC_250004)
			4. [Контур регулирования момента. 26](#_TOC_250003)
			5. [Контур регулирования скорости 27](#_TOC_250002)

[Заключение 28](#_TOC_250001)

[Список использованной литературы 29](#_TOC_250000)

Введение

Электроприводом называется электромеханическое устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в механическую энергию вращательного, либо поступательного движения и включающее электромеханический преобразователь (двигатель) и устройство управления двигателем.

Современные электроприводы металлорежущих станков являются основным звеном автоматизированных систем управления технологическим процессом. Металлорежущие станки оснащают индивидуальным приводом; на многих станках главное движение, движение подачи, вспомогательные движения осуществляются от отдельных источников -- электродвигателей и гидравлических устройств. Изменение скорости может быть бесступенчатым и ступенчатым. В качестве приводов металлорежущих станков используют электродвигатели постоянного и переменного тока, гидродвигатели и пневмодвигатели. Наибольшее распространение в качестве приводов станков получили электродвигатели. Там, где не требуется бесступенчатое регулирование частоты вращения вала, применяются асинхронные двигатели переменного тока, как наиболее дешевые и простые. Для бесступенчатого регулирования частоты вращения, особенно в механизмах подач, все большее применение находят электродвигатели постоянного тока с тиристорным регулированием.

Техническое задание на курсовой проект

В данной курсовом проекте производится выбор электропривода подачи в случае однокоординатного перемещения исполнительного органа (ИО) или электропривода главного движения для металлорежущих станков. В этом качестве могут использоваться как асинхронный регулируемый электропривод, так и тиристорный электропривод постоянного тока. Тип электропривода определяется заданием на курсовую работу.

Процесс резания металла при одновременной работе приводов главного движения и движения подачи в самом общем виде может быть представлен в виде структуры с учетом стабилизации мощности резания.

υрз

t НВ Sз

Sк

М2

МПУ1

ПШ

М1

МПУ2

РМ

ПП

Рр

ПР



БД

НЭ

Fр

υр

В данной схеме (см. Рис.1) приняты следующие обозначения: ПШ – преобразователь привода шпинделя; ПП – преобразователь привода подачи; МПУ1 – механическое передаточное устройство – коробка передач; МПУ2 – редуктор, гайка – винт; ПР – процесс резания с глубиной h и свойствами материала заготовки и резца НВ; *ν*рз – задание оптимальной скорости резания; *S*з – задание оборотной подачи; *S*к – коррекция оборотной подачи; *Р*р

– мощность резания; *F*р – усилие резания; БД – блок деления; НЭ – нелинейный элемент; РМ – регулятор мощности.

Исходные данные для выполнения курсового проекта представлены ниже (см. Таблица 1).

Таблица 1

Заданные начальные параметры

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| G | Sn | ip | hхв | Umax | Umin | Iд | d | S | tрез | Uу | tкп |
| кН | см2 |  | мм | мм/с | мм/с | м | м | мм/об | мм | мм/с |  |
| 14 | 2400 | 1,4 | 7 | 180 | 1,8 | 1 | 0,6 | 0,49 | 5 | 380 | 91 |

* + - * 1. Выбор двигателей для электроприводов главного движения и движения

подачи.

В качестве примера рассмотрим выбор двигателей приводов станков токарной группы. Механические свойства материалов заготовки и режущего инструмента, определяющие задание оптимальной скорости резания, известны. В процессе снятия стружки резцом возникает усилие, приложенное под некоторым углом к режущей кромке инструмента. Это усилие представляется в виде трех составляющих:

а) *Fz* – усилие резания преодолеваемое шпинделем станка; б) *Fy* – усилие, создающее давление на суппорт;

в) *Fx* – осевое усилие подачи, преодолеваемое механизмом подачи.

Расчет необходимо вести для наиболее тяжелого режима, каким является обработка конструкционных сталей.

Тогда сила резания равна

*Fz*  *CFS t*рез 1500\*0,49\*5  3675*Н ,*

где *СF*

######  1400  1600 Н

мм 2

Мощность резания

*Рz* 

*Fzν*опт 60

####  3675 \* 60  3675

60

Вт,

где

*ν*опт  60 м

мин

- оптимальная скорость резания.

Мощность двигателя шпинделя

*Р*дв

 *Рzk* з

ηкп

 3675 \*1,2

0,95

 4,64

кВт

где *k*з  1,11,3 - коэффициент запаса;

ηкп = 0,95 - КПД коробки передач.

Номинальная скорость выбираемого двигателя должна, примерно, соответствовать линейной скорости заготовки при её заданном диаметре *d* и передаточном отношении многоступенчатой коробки передач *i*кп.

Тогда требуемая скорость вращения двигателя находится как

*n*  *ν*опт *i*  60 \*91 2898

тр π *d* кп

** \*0,3

об/мин

По величине мощности и требуемой скорости вращения выбираем из таблицы асинхронный двигатель для привода шпинделя (см. Таблица 2).

Таблица 2

Параметры асинхронного двигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Рн | ηн | cosφн | S | Xm | R1\* | X\*1σ | R2\* | X\*2σ |
| кВт | % | о.е | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. |
| 4А100*L*2У3 | 5,5 | 87 | 0,91 | 0,04 | 3,8 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,11 |

При выборе двигателя для привода подачи принимаем составляющие *Fx*и *Fy*равными:

*Fx*  0*,*2  0*,*4*Fz Fy*  0*,*3  0*,*5*Fz*

###  0,3\*3675 1103 *Н*

 0,4\*3675 1470 *Н*

Суммарное усилие *Fn*, необходимое для перемещения суппорта с резцом

в направлении подачи

*Fn*  *k*з *F*x 

*f* тр

*G*  *F*

* *Fz*

#  1,2 \*1103  0,1\*

\* (14000  1470  3675)  3238 *Н*

*y*

где *k*з

######  1,1  1,3

* коэффициент запаса;

*f* тр  0,1

* коэффициент трения для установившегося режима;

*G* – вес стола (суппорта).

Момент на ходовом винте с учетом потерь

*n*

*М* хв

 *h*хв *F* 2π η хв

 0,007 \* 3238  3,79

2 \* ** \* 0,95

*Н*  *м* ,

где

*h*хв

* шаг ходового винта;

ηхв  0,95 - КПД ходового винта. Момент приведенный к валу двигателя

*М*  *М* хв 

с *i* η

3,79

1,4 \* 0,95

 2,85 *Н*

p p

где *i*p

* передаточное отношение редуктора;

η p  0,95

* КПД редуктора.

Необходимая скорость двигателя для привода подачи определяется из заданной максимальной скорости перемещения суппорта.

*n* тр

 60 *ν махi* p

*h* хв

 60 \*180 \*1,4  2160 *об* / *мин* 7

По моменту М и требуемой скорости вращения выбирается двигатель постоянного тока (см. Таблица 3).

Таблица 3

Параметры двигателя постоянного тока

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | ПБСТ-22 |
| *Р*н, кВт | 0,85 |
| *I*н , А | 4,8 |
| *М*н, *Н*м | 3,8 |
| *GD2*кгс\*м2 | 0,048 |
| *I*п/*I*н | 4 |
| *R*я Ом | 1,76 |
| *R*дп Ом | 1,1 |

Для подтверждения правильности выбранных двигателей с точки зрения длительности их работы определим время обработки детали.

Скорость вращения детали

*n*д 

*ν*опт π *d*

 60

** \* 0,6

##  31,85

*об* / *мин*

Линейная скорость подачи

*ν*п

Время обработки детали

 *S n*д

######  0,49 \* 31,85  15,6

где *l*д

*t*

* длина детали.

маш

 *l* Д

** П

 1

15,6

 64 *мин*

* + - * 1. Проверка двигателей привода подачи.

По режиму трогания с места. Должно выполняться условие

*М*см  λ ,

м

*М*н

где *М*см – момент сопротивления при трогании с места; λ м – кратность пускового момента:

Для двигателей ПБСТ λ м = 4, для двигателей А4 λ м = 2.

В момент трогания суппорта с места сила резания трогания будет

*z*

*F*  0 , отсюда сила

где

*F*см 

*f* трог  0,3

*f*трог*G*  μ пр*S*пр  0,3 \*14000  0,5 \* 2400  5400 *Н* ,

* коэффициент трения при трогании с места;

μ пр  0,5 *Н*

см 2

* + удельное усилие при прилипании суппорта;

*S*пр

* + площадь прилипания суппорта;

Момент на ходовом винте при трогании

*М* хв

 *h* хв

2π η хв

*F*см

 0,007 \* 5400  20*Н* \* *м* ,

2** \* 0,3

где

η хв 0,3 - КПД ходового винта при трогании.

Момент приведенный к валу двигателя

*М*  *М* хв  20

 15

см *i* η

p

p

1,4 \* 0,95

Полученный момент проверяем по условию

*М* см

 λ м *М* н .

##### 15  4\*3,8 15,2

По режиму ускоренного перемещения.

Для момента при ускоренном перемещении должно соблюдаться условие

*М* су  н

*М*

α

где

α  *ν* уск

*νмах*

######  380

180

 2,11 .

Ускоренное перемещение суппорта обеспечивается за счет ослабления магнитного потока, так как при ослаблении магнитного потока допустимый момент двигателя снижается, примерно, кратно величине «α», то необходимо проводить проверку по вышеприведенному условию. При ускоренном перемещении суппорта процесс резания отсутствует, и сила препятствующая перемещению будет

*F*пу 

Момент на ходовом винте

*f*тр*G*  0,1\*14000  1400 .

*М*

Приведенный момент

хву

 *h* хв

2πη хв

*F*пу

 0,007\*1400  5,2.

2** \*0,3

*М*  *М* хву 

5,2

 3,91 .

су *i*

pη p

1,4 \* 0,95

Проверяем полученный момент

*М* су 

*М* н .

α

3,91

3,8  4

2,11

3. Выбор комплектных электроприводов.

* 1. Выбор комплектных электроприводов постоянного тока для движения подачи.

Могут быть использованы любые известные электропривода постоянного тока однозонные, реверсивные по току якоря на мощность до 50 кВт, имеющие контур тока и контур скорости с подключением дополнительного контура положения. Все привода считаем условно однокоординатными, а в качестве электродвигателей для них используются двигатели типа ПБСТ.

Для выбранного привода составляется подробная функциональная схема с указанием всех блоков. Схема составляется на основе принципиальной электрической схемы электропривода. Приводится подробное описание общих принципов работы схемы, отдельных блоков и узлов.

Затем составляется упрощенная функциональная схема привода, включающая регулятор скорости, регулятор тока, СИФУ, силовую часть, датчики скорости и тока.

Входное сопротивление регулятора скорости и сопротивление в цепи обратной связи обозначаются соответственно R1 и R3.

На основании функциональной схемы составляется структурная схема в динамике с настройкой токового и скоростного контуров на технический оптимум и структурная схема в статике.

* + 1. Расчет статики.

В структурную схему при помощи сумматоров включаются помехи: hдр – помеха дрейфа нуля усилителя;

hс– помеха сетевого напряжения;

hн – помеха нагрузки, которая складывается из помехи преобразователя hнп и помехи двигателя hнд;

hф – помеха от изменения тока возбуждения;

hтг – помеха тахогенератора.

Затем проводится проверка электропривода на заданную точность регулирования в статике.

Помеха нагрузки

*hн*  *hнп* *hнд*  9,619,8  29,4,

где

*hнп*  *Rп* \**Iя*  2\*4,89,6,

*hнд*  *Rд* \**Iя*  4,14\*4,819,8

Изменение тока

Iя принимаем равным номинальному току Iн*.*

Сопротивление двигателя

*Rд* *к* *Rя*  *Rдп*  *Rщ* 1,3\*(1,761,1)  0,42 4,14,

где

к 1,2 1,4

- коэффициент, учитывающий изменение

сопротивления при нагреве;

R я - сопротивление обмотки якоря;

Rдп - сопротивление обмотки добавочных полюсов;

*R*  2  2  0,42 - сопротивление щеточного контакта.

*щ* 4,8

*I*

*н*

Ом.

Сопротивление силовой цепи преобразователя Rп принимаем равным 2

Коэффициент передачи двигателя

*kд* 

*U*

*н*

*н*

* *IнRд*

314 1,57,

220 4,8\*4,14

Статическая ошибка разомкнутой системы

*р*  *hнkд*  29,4\*1,57  46,16

Относительные ошибки:

На верхнем пределе диапазона регулирования (ВПДР)

  * р* \*100%  46,16 \*100%  14,7%

**

*рВПДР*

*н*

314

На нижнем пределе диапазона регулирования (НПДР)

*рНПДР* *рВПДР*\**D* 14,7\*1001470%,

где D – диапазон регулирования двигателя max min.

Далее в зависимости от типа электропривода задаем напряжение

задатчика Uз

(10В или 15В) при максимальном значении тока

Iз  0,1А.

Находим требуемое сопротивление задатчика

R  Uз

з

Iз

 10

0,1

 100 .

Сопротивление на входе регулятора скорости принимаем равным

###### R1 510Rз  7,5\*100 750

Тахогенератор, встроенный в двигатель ПБСТ, имеет напряжение на зажимах 230В при номинальной скорости вращения.

Принимая равные значения тока задания и тока обратной связи получим

iз  iос,

Uз  Uтг

где

Uтг  kтгн  230В.

R1 R3 ,

R3  R1\* Uтг

Uз

 750\* 230  17250

10

Определив R3, находим коэффициент привидения цепи обратной связи к

цепи задания

k п 

R1 

R 3

750

17250

 0,04 . Этот коэффициент показывает, во сколько

раз величина сигнала задатчика меньше сигнала обратной связи.

Коэффициент передачи обратной связи

kос  kп \*kтг  0,04\*2,2  0,088.

Далее для расчетов необходимы параметры операционного усилителя, используемого для регулятора скорости. В качестве типовых данных можно

принять: температурный дрейф напряжения смещения

Uсм



 35 \*106 В

,

изменение температуры

  400С, температурный дрейф разностного тока

Iр



 109 А

.

Тогда помеха дрейфа нуля усилителя будет

h  Uсм   Iр R1\*   35\*106 \* 40 109 \* 750\* 40  0,0014

др  

Помеха дрейфа нуля усилителя в относительных единицах

*др*  *k*

*hдр*

*осНПДР*

 0,0014

0,088 \* 314

 0,05 \*103 ,

НПДР - угловая скорость двигателя при

min.

Помеха для тахогенератора может быть принята как

тг  2,5%.

Требуемый коэффициент усиления разомкнутой цепи

*k*   *рНПДР*

*тг*

1470  197,3 ,

*р*



*доп*

 

 *др* 

10  (2,5  0,05)

где

доп

- допустимая статическая ошибка.

При известных коэффициентах усиления СИФУ

kСИФУ и

преобразователя

kсп

коэффициент усиления разомкнутой системы до

введения усилителя будет

kрисх  kСИФУ\*kсп \*kд \*kос 15\*34,6\*0,56\*0,088 25,6

где

kсп

 Uн

2Uз

 \* 220  34,6 ;

2 \*10

При этом коэффициент усиления должен быть не менее

k у 

k р

k рисх

 271,2  10,6

25,6

Приняв с запасом 1,2kу находим действительное значение kр

kp  kрисх \*1,2kу  25,6\*12,72  325,6

Относительная ошибка от изменения нагрузки в замкнутой системе

знагр

 рнагр

k р

 2030

325,6

 6,23

Относительную ошибку от изменения сетевого напряжения можно

принять равной нулю на НПДР будет

с  0. Тогда статическая ошибка замкнутой системы

з  знагр  тг  др  с  6,23 2,5 0,015 8,745

Полученная ошибка не должна превышать допустимую

8,745  10

з  доп;

* + 1. Расчет динамики.

Настройку всех контуров проводим на технический оптимум. Желаемая передаточная функция в этом случае для iконтура имеет вид

W р  1  

ж

kосi

\*2Ti

p Ti

###### p 1

* + - 1. Контур тока.

Для контура тока передаточная функция регулятора тока

*Wрт*

( *р*)  *kрт*

 1

*Титр*

 0,179

1

0,052*р* 1 ,

где *k*

*Тэ*

*рт*

*ит*

*Т*



 0,014  0,179.

0,078

Электромагнитная постоянна якорной цепи Тэ определяется из формулы

*Lяц*



*Т*

*э*

*R*

*яц*

 0,051  0,014

3,7

Индуктивность якорной цепи может быть приблизительно найдена из выражения

*Lяц*

 0,7

*Uн* 2*нIн*

 0,7\*

220

2\*314\* 4,8

 0,051

А сопротивление якорной цепи как

*Rяц*

 *Rя*

* *Rдп* 

4

*I*

*н*

 1,76 1,1

4

4,8

 3,7 Ом

Постоянная интегрирования регулятора тока

2*Т тkспkт*



*Т*

*ит*

*R*

*яц*

 2 \* 0,008 \* 34,6 \* 0,52  0,078 ,

3,7

где

*т*

*k*  *Uз* 4*Iн*

 10 4\* 4,8

 0,52 ;

Тт

 0,008с.

Параметры регулятора тока

R5 С1

R4

R6

РТ

*R* 4  *Tит*

*С*1

 0,078  78000 *Ом*

10 6

где С1 – величина емкости, задана произвольно.

*R*5  *Тэ*

*С*1

 0,014  14000 *Ом*

106

*R*6  *kдт R*4  2 \* 52000  200000 *Ом*

где *k*

 *Uдт*  10  2

*kт* 0,52

*дт*

*I*

*н*

4,8

* + - 1. Контур скорости.

Для контура скорости передаточная функция регулятора скорости

*Wрс*

( *р*) 

*kтсТм* 4*kcTт*

 *kрс*

 0,78\*1,2\*1,72 4\*0,088\*0,008

 571,7

где

с  k

 1,2

для всех двигателей ПБСТ.

*Tм*  *JпрkдRяц*  0,83\*0,56\*3,7 1,72

времени.

- электромеханическая постоянная

*Jпр*  *Jд*  **

2*m* 

*GD*2

4

* ** max *m* 

*н*

0,048

4

 180 \*103

314

\*1428  0,83

m – масса стола (суппорта)

kос

 Uз

н

 10

104,7

 0,096

k п  k тг

 2,2

Параметры регулятора скорости

R2

R1

R3

РС

*R*2  *kрсR*1 571,7\*750 428*кОм*

3.1.2.3. Контур положения (дополнительный контур при работе от ЧПУ). Желаемая передаточная функция в этом случае

W р 

ж

 1  1

8Tт

p 4Tp  1 0,064р(0,032р  1)

По структурной схеме с учетом включения цифро-аналогового преобразователя (ЦАП)

Hж (р)  k

цап

Wрп

(р)

kср(4Т

1

тр  1)k м

 0,007 ;

0,00044р(0,032р  1)

где

k цап

 U оп

2 ( n 1)

 10

211

 0,005

* + коэффициент передачи

n – число разрядов ЦАП Uоп = 10В

kм   - коэффициент механизма подачи

k  0,01

м  S  1,87  0,005

  0,01мм имп - дискретность задания координат системы ЧПУ. Передаточная функция регулятора положения

W (р)  k

 kckм

 0,088 \* 0,005

 1,375

рп рп

8Тт

kцап

8 \* 0,008 \* 0,005

Параметры регулятора положения

R8

R7

R9

РП



ЦАП 



Резистор Резистор

R 7  7,5 кОм

R8  kрпR7  1,375\*7,5  10,31кОм.

3.1.3. Расчет времени разгона электропривода подачи до номинальной скорости вращения.

Разгон происходит по прямоугольной диаграмме при кратности тока равной 4, Электропривод имеет два контура, моменты инерции редуктора и ходового винта не учитываем.

Ускорение привода

**  *M*  *Mс*

*Jпр*

 15,2  2,85  14,88 м/с2

0,83

где

*M*  *k**Iст*  *k*4*Iн*  4*Mн*  4\*3,8 15,2 Н\*м

Время разгона

*t*  *н* 314  5,84 с

*p * 53,77

3.2. Выбор комплектных электроприводов переменного тока.

В обязательном порядке в качестве комплектных электроприводов переменного тока должны быть выбраны соответствующие по току, напряжению и мощности выбранному АД.

В каталогах различных фирм содержится информация о параметрах частотных приводов и приводится схема подключения. Обязательным условием выбора конкретного электропривода является наличие векторной системы управления.

* + 1. Расчет статических характеристик электропривода переменного тока при различных законах частотного регулирования.

Для двигателя, выбранного на соответствующую мощность и синхронную скорость вращения, находятся абсолютные значения сопротивлений статора и ротора. С этой целью определяется номинальное значение тока и полное сопротивление двигателя

 *Р* 103 

5500



*I*н н

3*U*н η нcos**н 3\* 220 \* 0,87 \* 0,91

*Z*  *U*н  220  20,9*Ом*.

σ

*I*н 10,5

*P* 103 5500 \*103

Номинальный момент двигателя

*M* H  H 

ωH

308

 17,8 Н\*м

где

ωH ω0 1*S*H314\*(10,019) 308

Индуктивные сопротивления намагничивающего контура, Индуктивные сопротивления рассеяния фаз статора и ротора и их активные сопротивления

равны

*Xm*  *Z*н*X* \**m*  20,9\*3,879,42*Ом* *X*1σ  *Z*н*X* \*1σ  20,9\*0,051*Ом* *X*2σ  *Z*н*X* \*2σ  20,9\*0,11 2,3*Ом* *R*1  *Z* н *R* \*1  20 ,9 \* 0,05  1*Ом* 

*R*2  *Z* н *R* \*2  20 ,9 \* 0,04  0,836 *Ом* 

Относительные значения сопротивлений

*X* \**m*, *X* \*1σ, *X*2σ,*R*\*1,*R*\*2

для

соответствующих АД приведены в таблице 3 приложения.

Полное индуктивное сопротивление фазы статора при разомкнутой цепи ротора

*X*1  *Xm*  *X*1σ 79,42180,42

Полное индуктивное сопротивление фазы ротора при разомкнутой цепи статора

*X*2  *Xm*  *X*2σ  79,422,381,72

Коэффициент рассеяния

*X* 2

79 ,42 2

σ  1 *m*  1 

*X* 1 *X* 2

80 ,42 \* 81,72

 0,96

Статические механические характеристики АД выполняются для трех законов частотного регулирования. Для пропорционального закона регулирования рассчитываются четыре характеристики, соответствующих значениям напряжения и частоты, а именно:

* + - 1. *U* ,

н

* + - 1. *U* ,

н

*f* ;

2 *f* ;

н

н

3) 0,5*U* ,

н

4) 0,1*U* ,

н

0,5 *f* ;

0 ,1 *f* .

н

н

Для законов постоянства потокосцеплений статора и ротора рас- считываются по три характеристики, а именно:

1. *U* , 2)

н

3)

*f* ;

а*U* ,

н

н

в*U* ,

н

0,5 *f* ;

0 ,1 *f* .

н

н

Коэффициенты

а  0,5 ;

в  0,1

на величину компенсации падений

напряжения для соответствующих сопротивлений асинхронного двигателя.

* + - 1. Механические характеристики при законе частотного регулирования

*U*  *const f*

Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости ротора в этом случае будет

*р U* 2ω\* *X* 2 *R*

*М*  3 

ω

*R R*

2  *R* ω\*

0ээл



*п* 1 *р m* 2



* σω\*

ω\*

*X*

*X*

*X*

* *R* ω\*

*X*

2

1

2

0

*р*

1

2

2

0

1

1

*р*

2

Подставляя

ω\*0и

ω\**р* , рассчитанных для соответствующих значений

параметров питания частотного преобразователя и заданных значений скорости вращения двигателя, находим величину *М* и тем самым

механические характеристики ω  *f* (*М* ) . В случае машинного счета или

ручного часть результатов расчетов должна быть представлена в виде таблицы (см. Таблица 1).

Таблица 1 Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uн, fн | ω0\*=1 | ω0н | 0,95 ω0н | 0,9 ω0н | 0,8 ω0н | 0,6 ω0н | 0,4 ω0н | 0,2 ω0н | 0 |
| ω | 314 | 298,45 | 282,74 | 251,32 | 188,49 | 125,66 | 62,83 | 0 |
| ωрн | 0 | 15,7 | 31,41 | 62,83 | 125,66 | 188,49 | 251,3 | 314,15 |
| ωр\* | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
| М | 0 | 22,57 | 37,1 | 48,14 | 44,12 | 36,1 | 29,78 | 25,16 |
| 0.5Uн0.5fн | ω0\*=0,5 | ω01 | 0,95 ω01 | 0,9 ω01 | 0,8 ω01 | 0,6 ω01 | 0,4 ω01 | 0,2 ω01 | 0 |
| ω | 157 | 149,22 | 141,37 | 125,66 | 94,24 | 62,83 | 31,41 | 0 |
| ωр1 | 0 | 7,85 | 15,7 | 31,41 | 62,8 | 94,24 | 125,66 | 157 |
| ωр1\* | 0 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| М | 0 | 20,24 | 30,76 | 36,71 | 32,29 | 26,41 | 21,95 | 18,67 |
| 0.1Uн,0.1fн | ω0\*=0,1 | ω02 | 0,95 ω02 | 0,9 ω02 | 0,8 ω02 | 0,6 ω02 | 0,4 ω02 | 0,2 ω02 | 0 |
| ω | 31,4 | 29,84 | 28,27 | 25,13 | 18,84 | 12,56 | 6,28 | 0 |
| ωр2 | 0 | 1,57 | 3,14 | 6,28 | 12,56 | 18,84 | 25,13 | 31,41 |
| ωр2\* | 0 | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1 |
| М | 0 | 9,83 | 10,1 | 8,11 | 5,38 | 3,9 | 3,14 | 2,6 |
| Uн, 1.5fн | ω0\*=1,5 | ω03 | 0,95 ω03 | 0,9 ω03 | 0,8 ω03 | 0,6 ω03 | 0,4 ω03 | 0,2 ω03 | 0 |
| ω | 471,2 | 447,67 | 424,11 | 376,99 | 282,74 | 188,49 | 94,24 | 0 |
| ωр3 | 0 | 23,56 | 47,12 | 94,24 | 188,49 | 282,74 | 376,99 | 471,23 |
| ωр3\* | 0 | 0,075 | 0,15 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 |
| М | 0 | 10,41 | 17,61 | 23,53 | 21,74 | 17,66 | 14,49 | 12,17 |

При *U*

H

и *f* H

определена кратность максимального момента, найденного

по графику ω 

*f* (*М* ) ,

**  *M*max  48,14  2,7 .

*M*H 17,8

* + - 1. Механические характеристики при постоянном потокосцеплении статора.

Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости ротора в этом случае будет

*р k* 2 *R*2

*п* 1 ω\*

*E* 2 .

*М*  3

p a Н\*м

 *R* 2 ω2

ω    2   σ*X* 2  0

0элн

 ω\* 2

 p 

Величина критического или максимального момента, за счет компенсации падения напряжения на обмотке статора при замене напряжения *U* на *Е*а, определяется из выражения

3 *р k* 2 *Е* 2

*М* *п* 1 а ,

к 2ω

0

0ээл σ*X* 2

ω \*2

где *k*  *Xm* .

1

*X*

1

Значение *E*a

находится для *U* и

н

*f* и при расчете механических

н

характеристик изменяется в соответствии с изменением

ω\*0 . Для того, чтобы

избежать перегрузки АД, необходимо величину критиче-ского момента

сохранять такой же, как и для закона регулирования

*U*  *const* . Отсюда для

*f*

ориентированных расчетов величина

*E*a находится из выражения

*E*a  ,

ω \*0 2*M* '*K* ω 0 элнσ*X* 2

*K*1 3 *pn*

где

*M* 'K

равно критическому или максимальному моменту, найденному в

подразделе 3.2.1.1.

Результаты расчета сведены в таблицу (см. Таблица 2).

Таблица 2

Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uн, fн | ω | 314,2 | 298,49 | 282,78 | 251,36 | 188,52 | 125,68 | 62,84 | 0 |
| ωрн | 0 | 15,71 | 31,42 | 62,84 | 125,68 | 188,52 | 251,36 | 314,2 |
| ωр\* | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
| М | 0 | 20,5 | 30,2 | 41,14 | 37,2 | 29,5 | 19,16 | 15,4 |
| 0.5Uн,0.5fн | ω | 157,1 | 149,245 | 141,39 | 125,68 | 94,26 | 62,84 | 31,42 | 0 |
| ωр1 | 0 | 7,855 | 15,71 | 31,42 | 62,84 | 94,26 | 125,68 | 157,1 |
| ωр1\* | 0 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| М | 0 | 20,7 | 28,7 | 40,1 | 30,3 | 24,5 | 19,3 | 16,6 |
| 0.1Uн,0.1fн | ω | 31,4 | 29,83 | 28,26 | 25,12 | 18,84 | 12,56 | 6,28 | 0 |
| ωр2 | 0 | 1,57 | 3,14 | 6,28 | 12,56 | 18,84 | 25,12 | 31,4 |
| ωр2\* | 0 | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1 |
| М | 0 | 23,5 | 32,2 | 43,7 | 36,5 | 30,2 | 26,12 | 18,2 |

Кратность максимального момента:

**  *M*max  43,7  2,45 Нм

*M*H 17,8

* + - 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИ ПОСТОЯНСТВЕ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА

Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости ротора в

3 *p* 2ψ2 ω

* + ω

*MR*2

этом случае будет *M* 

*п* 2 0

*R*

или

ω  ω0 

3 *p* 2ψ 2 .

2

Потокосцепление ротора  2

*п* 2

находится для *U* и

н

*f* . Для обеспечения

н

жесткости механических характеристик, соответствующих жесткости естественной характеристики, чтобы не допустить пере-грузки в длительном

режиме работы АД, в случае ориентировочных расчетов можно находить 

2

из выражения

2  ,

1 *MR* 2

*pn* 3(ω 0  ω' н )

где

ω'*н*

- номинальная скорость вращения, соответствующая моменту *М*

для механической характеристики первого закона регулирования при номинальных данных.

н

Результаты расчетов сведены в таблицу (см. Таблица 3).

Таблица 3 Зависимость электромагнитного момента от угловой скорости

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | M=0 | M=Mн=120H\*м | M=2Mн=240H\*м |
| Uн | fн |  | 314,16 | 309,67 | 305,18 |
| 0,5 Uн | 0,5fн |  | 157,08 | 152,59 | 148,10 |
| 0,1Uн | 0,1fн |  | 31,42 | 26,92 | 22,43 |

3.2.2. СИНТЕЗ СИСТЕМ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.

* + - 1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АД

Индуктивность намагничивающего контура

L = Xm

m mO элн

= 14.89 = 0.0474 Гн

314.5

Индуктивность рассеивания фазы обмотки статора

L1o

= X1o

mO элн

= 0.27

314.15

= 0.00087 Гн

Индуктивность рассеяния фазы обмотки ротора

L2o

= X2o

mO элн

= 0.43

314.15

= 0.0013 Гн

Полная индуктивность цепи статора при разомкнутой цепи ротора

L1 = Lm + L1o = 0.0474 + 0.00087 = 0.04829 Гн

Полная индуктивность цепи ротора при разомкнутой цепи статора

L2 = Lm + L2o = 0.0474 + 0.0013 = 0.04879

Постоянная времени цепи статора при разомкнутой цепи ротора

T = L1

1 R1

= 0.04829 = 0.41

0.117

Постоянная времени цепи ротора при разомкнутой цепи статора

L2

=

T2 u

R

2

= 0.04879 = 0.62

0.078

Коэффициенты передачи

K = Lm = 0.0474

= 0.98

* + - * 1. L1

0.04829

K = Lm = 0.0474

= 0.97

* + - * 1. L2

0.04879

* + - 1. КОНТУР РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗНОГО ТОКА.

В состав объекта управления этого контура входит автономный инвертор напряжения и цепь обмотки статора с индуктивностью от потока рассеяния.

*k*п *U*1

*Т* μ *р*  1

*W*pт(-)(*p*)

1

*R*1σ*T*1 *p* 1

*i*1αβ *з*

*k* т

(-)

*i*1αβ

*и*дт

1

где*Т*μ -малая постоянная времени, принимаемая

инвертора);

*Т*μ  *f*

(частота ШИМ

k = Uфн = 38O = 38 - коэффициент передачи инвертора напряжения;

п Uу 1O

k = i1(α–þ) =- коэффициент передачи датчика тока;

т

2I1ф

Т - постоянная цепи статора при разомкнутой цепи ротора.

1

Контур тока настраивается на технический оптимум и желаемая передаточная функция разомкнутого контура имеет вид

W р 

жm

1   1

μ μ 

2T p T p  1

2Т

р

Передаточная функция регулятора тока

Wрт

р 

1 / (

2Т р *Т*

т

*k* п \*

*р*  1

1

*R* σ*T p* 1

\* *k* ) =

 μ 1 1

1

0,016р

/( 38 \* 0,25

0,0013р(0,022р  1)

 0,000029р 2  0,0013р 0,152р \* (Т 0р  1)

 0,000029р 2  0,0013р 0,152р \* (0,0004р  1)

Передаточная функция замкнутого контура токас учетом того, что T2  0

μ

W р 

1/ кт 4

зам

2Тр  1 0,016р  1

* + - 1. КОНТУР РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА.

В состав контура входит замкнутый контур регулирования тока и звено

с передаточной функцией

*U*зп

*Lm* , регулятор потока.

*T*2 *p* 1

*i*1()з *i*1(-)  2

(-)

*и*дп

*kп*

*W*рп(*р*)

*W*зам.т(*р*)

 *Lm*

*T*2 *p* 1

Где *Т* - постоянная обмотки ротора;

2

k  Uп ψ2

п

 10

0,85

 11,76 - коэффициент передачи датчика потокосцепления.

Передаточная функция регулятора потокосцепления

W р  1 / (

1/ кт

\* *Lm* \* *k* ) =

рп 2Т р



2Тр 1

*п*

*T*2 *p* 1

1

0,016р

/( 4 \* 0,07 \*11,76 (0,016р  1)(0,67р  1)

 0,011р 2  0,686р  1 

0,053р \* (Т 0р  1)

0,011р2  0,686р  1

0,152р \* (0,0004р  1)

* + - 1. КОНТУР РЕГУЛИРОВАНИЯ МОМЕНТА.

В состав контура входит замкнутый контур тока, звено момента.

С А ψ 2

*W*зам.т(*р*)

*W*рм(*р*)

СА2, регулятор

*М*д

(-)

*iз(1) i*1 *М*

*и*дм

kм

Где C А

 3 p k 2 п 2

 3 \* 0,97  1,455

2

- конструктивный коэффициент

kм 

Uн

2Мн

 380

120,04

 3,17

- коэффициент передачи датчика момента.

Передаточная функция регулятора момента

W р 

1 / (

1/ кт

\* С ψ

\* k ) = 1

/(4 \*1,455\* 0,85\*3,17  0,016р 1

рм 2Т р



2Т

р 1 А 2 м

0,016р

0,016р 1

0,25р

Передаточная функция замкнутого контура регулирования момента

W р 

1/ км 

0,315

зам

2Тр  1

0,016р  1

* + - 1. КОНТУР РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ.

В состав контура скорости входят замкнутый контур регулирования момента, механическая часть двигателя и регулятор скорости.

*м*



*1/Jp*

*W*зам.м(*р*)

*W*рс(*р*

)

*U*зс

*uзм*

(-)

*и*дс

*kc*

Где *J* – момент инерции ротора двигателя;

kc 

U

ω

н

 380

308,23

 1,23 - коэффициент передачи датчика скорости.

Данный контур настроить на симметричный оптимум. Желаемая передаточная функция разомкнутого контура будет иметь вид

W р   1

жс

8T

16Т р  1

 \* μ 

p 4T

p  1

16Т

p

512Т 3 р  128Т 2 р

16Т р  1

 16Т р  1  0,128р  1

μ μ μ

  

Передаточная функция регулятора скорости

512Т 3 р

0,00026 р

W р  16Т  р  1 /(

1/ км

\*1/Jp\*kc) =

рс 512 Т 3 р



2Тр 1

0,128р  1 /(

1,25

0,00205р 2 0,144р  1

)  

0,00205р 2  0,144р  1

0,00026р

0,016р  1

0,000325р \* (Т 0р  1)

0,000325р \* (0,0004р  1)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта была спроектирована система управления электропривода подачи металлорежущего станка, обеспечивающего регулирование скорости рабочей подачи от Vраб мин до Vраб макс при постоянном моменте.

Были рассчитаны основные параметры для проектирования системы и

выбран подходящий двигатель. В работе также производился расчет статики и динамики. Был рассчитан контур тока, скорости, положения; рассчитаны и построены характеристики зависимости электромагнитного момента от угловой скорости. Была синтезирована система векторного управления асинхронным двигателем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов М.И. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. Учеб- ник для ВУЗов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов – М.: Изда- тельский центр «Академия», 2004 – 576с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений

/Г.Г.Соколовский – М.: Издательский центр «Академия»,2006-272с.

1. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений/В.М.Терехов, О.И.Осипов; под ред. В.М.Терехова -М: Издательский центр «Академия», 2005-304с.



