**ЭЛЕКТРОПРИВОД**

*Практикум*

*для студентов специальности*

*13.03.03 «Энергетическое машиностроение*

*агроэнергетического факультета БГАТУ.*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

*Практическое заиятие № 1*

Построение графиков механических характеристик

рабочих машин

*Практическое заиятие № 2*

Составление кинематической схемы электропривода

14

*Практическое заиятие № 3*

Составление расчетных схем механической части электропривода

26

*Практическое заиятие № 4*

Построение графика механической характеристики ДПТ

параллельного и последовательного возбуждения

*Практическое заиятие № 5*

Построение графиков механической и электромеханической

характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя 41

*Практическое заиятие № 6*

Расчет пусковых резисторов для асинхронного

электродвигателя с фазным ротором.

48

*Практическое заиятие №* 7

Расчет механической характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

при динамическом торможении

54

*Практическое заиятие № 8*

Расчет механических характеристик

асинхронного электродвигателя при регулировании

скорости вращения частотой тока и построение их графиков 61

*Практическое занятие № 9*

[Графоаналитический расчет времени пуска асинхронного электропривода 67](#bookmark259)

*Практическое занятие №10*

[Расчет энергетических показателей асинхронного электродвигателя 73](#bookmark287)

*Практическое занятие №11*

Определение оптимального коэффициента нагрузки асинхронного электродвигателя, целесообразность замены его меньшим по мощности 78

*Практическое занятие № 12*

Энергосбережение при ограничении холостых ходов асинхронных электродвигателей и при увеличении коэффициента загрузки рабочих машин

84

*Практическое занятие № 13*

Энергосбережение при регулировании подачи центробежных машин путем изменения скорости

электропривода

*Практическое занятие №14*

Энергосбережение при замене нерегулируемого электропривода вентилятора с дросселированием потока на регулируемый электропривод с трехскоростным электродвигателем 101

*Практическое занятие № 15*

[Энергосбережение при регулировании скорости транспортера 112](#bookmark444)

*Практическое занятие №16*

[Энергосбережение при переходных процессах в электроприводе 121](#bookmark474)

*Практическое занятие №17*

[Нагрев и охлаждение электродвигателя в режимах работы SI, S2, S3 128](#bookmark516)

*Практическое занятие № 18*

[Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S1 138](#bookmark545)

*Практическое заиятие № 19*

[Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S2 145](#bookmark574)

*Практическое заиятие № 20*

[Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S3 152](#bookmark603)

*Практическое заиятие № 21*

[Выбор асинхронного электродвигателя режима S1 для работы в режиме S3 159](#bookmark629)

*Практическое заиятие № 22*

Выбор асинхронного электродвигателя по мощности и маховика для работы в перемежающемся режиме с ударной нагрузкой на валу 165

*Практическое заиятие № 23*

[Выбор асинхронного электродвигателя по мощности для работы в режиме S8 172](#bookmark683)

*Практическое заиятие № 24*

[Выбор асинхронного электродвигателя для привода скреперного транспортера УС-Ф-170 177](#bookmark707)

*Практическое заиятие № 25*

Выбор асинхронного электродвигателя для привода горизонтального скребкового транспортера

кругового движения 189

ЛИТЕРАТУРА 198

Расчетный практикум подготовлен в соответствии с учебной про­граммой курса «Электропривод» для студентов специальности 1-74 06-05 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (элек­троэнергетика)».

Учебным планом предусмотрено проведение практических заня­тий по основным разделам курса. Практикум знакомит студентов с темами занятий, программой занятий, индивидуальным заданием и методикой решения задач.

На первом занятии каждый студент получает свой номер вари­анта и исходные данные, в соответствии которыми рассчитывает первую и все последующие задачи.

Темы практических занятий тесно связаны с прочитываемыми в это время лекциями, что облегчает студенту понимание сути изу­чаемых процессов.

Каждое практическое занятие рассчитано на 2 или 4 часа само­стоятельной работы студента в учебной аудитории с данными ме­тодическими указаниями.

Для успешного выполнения расчетов студенты обязаны заранее ознакомиться с темой предстоящего практического занятия, подго­товить ответы на вопросы для самоподготовки, воспользовавшись приведенной литературой, а также взять в учебную аудиторию калькулятор, линейку и карандаш.

В начале каждого занятия студенты опрашиваются по вопросам для самоподготовки (или показывают выполненные в письменном виде ответы на вопросы для самоподготовки).

В конце занятия студент показывает преподавателю результаты расчетов и ответы на контрольные вопросы. Как правило, следую­щее занятие студент выполняет только после получения положи­тельной оценки по предыдущему занятию.

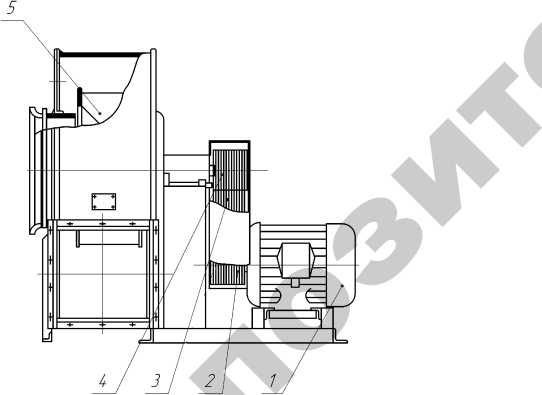
Контрольная работа

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ МЕХАНИЧЕСКИХ

ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ МАШИН

**Цель занятия:** научиться рассчитывать мощность, необходимую для привода вентилятора по его основным техническим характеристи­кам, строить график механической характеристики вентилятора.

**Задача.** В хозяйстве используется центробежный вентилятор ис­полнения № 6. Он имеет колесо вентилятора, насаженное на отдель­ный вал, который связан с валом электродвигателя через ременную передачу (рис. 1.1). Определить мощность приводного электродвига­теля и построить график приведенной к валу электродвигателя меха­нической характеристики вентилятора.



*Рис. 1.1.* Конструкция центробежного вентилятора исполнения № 6:

*1 -* электродвигатель; *2 -* ведущий шкив; *3 -* ременная передача;

*4 -* ведомый шкив; *5 -* колесо вентилятора

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие типовые механические характеристики рабочих машин и механизмов вы знаете?
2. Какие исходные данные необходимы для вычисления мощно­сти вентилятора?

**Литература.** Фоменков, А. П. Электропривод сельскохозяйст­венных машин, агрегатов и поточных линий : учебник / А. П. Фо­менков. - Москва : Колос, 1984. - 288 с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 1.1 технические характеристики центро­бежного вентилятора по своему варианту.
2. Определить мощность, необходимую для обеспечения работы вентилятора в номинальном режиме.
3. Определить мощность электродвигателя вентилятора с учетом коэффициента запаса (табл. 1.2).
4. По табл. 1.3 выбрать двигатель и выписать его характеристики.
5. Определить номинальный статический момент сопротивления вентилятора (при заданной в табл. 1.1 угловой скорости рабочего колеса).
6. Выполнить расчеты механической характеристики вентилято­ра и построить ее график.
7. Определить приведенные к валу электродвигателя моменты сопротивления вентилятора.
8. Построить график приведенной к валу электродвигателя меха­нической характеристики вентилятора.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Технические характеристики цен­тробежного вентилятора выписать из табл. 1.1.

Исходные данные

*Таблица 1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | № вентилятора | Подача *Q,* м3/ч | Давление *р,* Па | КПД вентилятора Пь о.е. | Угловая скорость колеса сос н, с'1 | КПД передачи гр, о.е. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 3 | 1600 | 600 | 0,76 | 200 | 0,95 |
| 2 | 3 | 1700 | 700 | 0,76 | 220 | 0,95 |
| 3 | 3 | 1800 | 800 | 0,77 | 240 | 0,95 |

*Окончание табл. 1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | 3 | 1900 | 900 | 0,78 | 260 | 0,95 |
| 5 | 3 | 2000 | 1260 | 0,78 | 270 | 0,95 |
| 6 | 4 | 2000 | 360 | 0,75 | 120 | 0,95 |
| 7 | 4 | 2800 | 420 | 0,8 | 130 | 0,95 |
| 8 | 4 | 3000 | 680 | 0,78 | 170 | 0,95 |
| 9 | 4 | 4000 | 800 | 0,8 | 180 | 0,95 |
| 10 | 4 | 5000 | 850 | 0,76 | 200 | 0,95 |
| 11 | 5 | 6500 | 920 | 0,8 | 160 | 0,95 |
| 12 | 5 | 5600 | 750 | 0,8 | 180 | 0,95 |
| 13 | 5 | 5000 | 520 | 0,8 | 120 | 0,95 |
| 14 | 5 | 4000 | 500 | 0,76 | ПО | 0,95 |
| 15 | 6 | 4000 | 360 | 0,78 | 100 | 0,95 |
| 16 | 6 | 6000 | 340 | 0,78 | 80 | 0,95 |
| 17 | 6 | 7000 | 380 | 0,76 | 90 | 0,95 |
| 18 | 6 | 8000 | 650 | 0,8 | ПО | 0,95 |
| 19 | 6 | 9000 | 750 | 0,77 | 120 | 0,95 |
| 20 | 8 | 10 000 | 900 | 0,79 | 130 | 0,95 |
| 21 | 8 | 10 000 | 600 | 0,8 | 90 | 0,95 |
| 22 | 8 | 12 000 | 700 | 0,77 | 100 | 0,95 |
| 23 | 8 | 15 000 | 800 | 0,76 | ПО | 0,95 |
| 24 | 8 | 18 000 | 700 | 0,7 | 120 | 0,95 |
| 25 | 8 | 10 000 | 1200 | 0,56 | 100 | 0,95 |
| 26 | 8 | 13 000 | 1800 | 0,565 | 120 | 0,95 |
| 27 | 8 | 15 000 | 2700 | 0,56 | 130 | 0,95 |
| 28 | 8 | 17 000 | 3200 | 0,56 | 170 | 0,95 |
| 29 | 8 | 20 000 | 2200 | 0,56 | 180 | 0,95 |
| 30 | 8 | 10 000 | 1100 | 0,55 | 90 | 0,95 |

*• к пункту 2 плана занятия.* Мощность, необходимая для вра­щения вентилятора, вычисляется по формуле

(1.1)

где *О -* объемная подача, м7с;

*р -* давление, Па;

ղ1 - КПД вентилятора;

ղ2- КПД передачи (клиноременной - 0,95).

*• к пункту 3 плана занятия.* Уточнить мощность вентилятора с помощью коэффициента запаса по мощности, который находят по табл. 1.2.

Зависимость коэффициента запаса /с; от мощности *Рм0*

|  |  |
| --- | --- |
| Мощность РМ0, кВт (включительно) | Коэффициент запаса *k3* |
| до 0,5 | 1,5 |
| от 0,5 до 1,0 | 1,3 |
| от 1,0 до 2,0 | 1,2 |
| от 2,0 до 3,0 | 1,1 |
| больше 3,0 | 1,0 |

*Таблица 1.2*

Уточненная мощность вентилятора вычисляется по формуле

(1.2)

*• к пункту 4 плана занятия.* В табл. 1.3 выбрать электродвига­тель по значению фактически потребляемой мощности (Рн > Рм). Выписать из табл. 1.3 все приведенные в ней технические характе­ристики электродвигателя.

*Таблица 1.3*

Технические характеристики четырехполюсных электродвигателей  
серии АИР основного исполнения (до 90 кВт)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| § <u | | Номинальная мощность Рн, кВт | Номинальные значения | | | Кратность момента, о.е. | | | | Кратность пусково­го тока *ki,* о.е. | Момент инерции ротора Ур д, кгм2 | Масса электродвигателя  W, кг |
| КПД т), % | (D  о  £  9-  ОТ  О  Q | скольжение  SH, % | пускового Цпуск |  | | минимального при пуске Pmin |
|  | хипоразмер электродвига |  | критических о  Цтах |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| АИР50А4 | | 0.06 | 53 | 0.63 | 11 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 4.5 | 0.000029 | 2.6 |
| АИР50В4 | | 0.09 | 57 | 0.65 | 11 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 4.5 | 0.000033 | 2.9 |
| АИР56А4 | | 0.12 | 63 | 0.66 | 10 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 5 | 0.0007 | 3.35 |
| АИР56В4 | | 0.18 | 64 | 0.68 | 10 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 5 | 0.00079 | 3.9 |
| АИР63А4 | | 0.25 | 68 | 0.67 | 12 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 5 | 0.0012 | 4.7 |
| АИР63В4 | | 0.37 | 68 | 0.7 | 12 | 2.3 |  | 2,2 | 1.8 | 5 | 0.0014 | 5.6 |

*Окончание табл. 1.3*

*• к пункту 5 плана занятия.* Номинальный статический момент

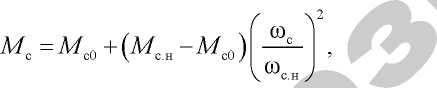
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| АИР71А4 | 0.55 | 70.5 | 0.7 | 9.5 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 5 | 0.0013 | 7.8 |
| АИР71В4 | 0.75 | 73 | 0.76 | 10 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 5 | 0.0014 | 8.8 |
| АИР80А4 | 1.1 | 75 | 0.81 | 7 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 5.5 | 0.0032 | 9.9 |
| АИР80В4 | 1.5 | 78 | 0.83 | 7 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 5.5 | 0.0033 | 12.1 |
| AIIP90L4 | 2.2 | 81 | 0.83 | 7 | 2.1 | 2.2 | 1.6 | 6.5 | 0.0056 | 17 |
| AIIP100S4 | 3 | 82 | 0.83 | 6 | 2 | 2.2 | 1.6 | 7 | 0.0087 | 21.6 |
| AIIP100L4 | 4 | 85 | 0.84 | 6 | 2 | 2.2 | 1.6 | 7 | 0.011 | 27.3 |
| АИР112М4 | 5.5 | 85.5 | 0.86 | 4.5 | 2 | 2.5 | 1.6 | 7 | 0.017 | 41 |
| AIIP132S4 | 7.5 | 87.5 | 0.86 | 4 | 2 | 2.5 | 1.6 | 7.5 | 0.028 | 58 |
| АИР132М4 | 11 | 87.5 | 0.87 | 3.5 | 2 | 2.7 | 1.6 | 7.5 | 0.04 | 70 |
| AIIP160S4 | 15 | 90 | 0.89 | 3 | 1.9 | 2.9 | 1.8 | 7 | 0.078 | 100 |
| АИР160М4 | 18.5 | 90.5 | 0.89 | 3 | 1.9 | 2.9 | 1.8 | 7 | 0.1 | ПО |
| AIIP180S4 | 22 | 90.5 | 0.87 | 2.5 | 1.7 | 2.4 | 1.5 | 7 | 0.15 | 170 |
| АИР180М4 | 30 | 92 | 0.87 | 2 | 1.7 | 2.7 | 1.5 | 7 | 0.19 | 190 |
| АИР200М4 | 37 | 92.5 | 0.89 | 2 | 1.7 | 2.7 | 1.6 | 7.5 | 0.28 | 245 |
| AIIP200L4 | 45 | 92.5 | 0.89 | 2 | 1.7 | 2.7 | 1.6 | 7.5 | 0.34 | 270 |
| АИР225М4 | 55 | 93 | 0.89 | 2 | 1.7 | 2.6 | 1.6 | 7 | 0.51 | 335 |
| AIIP250L4 | 75 | 94 | 0.88 | 1.5 | 1.7 | 2.5 | 1.4 | 7.5 | 0.89 | 450 |
| АИР250М4 | 90 | 94 | 0.89 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 1.3 | 7.5 | 1.1 | 480 |

сопротивления Мс.н на приводном валу вентилятора вычисляется по формуле

(1.3)

где (ωс.н - номинальная угловая скорость приводного вала вентиля­тора, рад/с.

*• к пункту 6 плана занятия.* Механическая характеристика вен­тилятора описывается формулой



где Мс *-* момент сопротивления при заданной скорости сос, Н-м;

Мс0*-* начальный статический момент, Н-м;

Мс.н- номинальный статический момент, Н-м.

*• к пункту 7 плана занятия.* принять *Мс0* =0,1*5Мс.н*

начальный статический момент

Для нахождения Мс следует задать несколько значений угловой скорости ωс (табл. 1.4). Результаты вычислений моментов сопро­тивления Мс по формуле (1.4) записать по форме табл. 1.4.

*Таблица 1.4*

Результаты расчетов механической характеристики вентилятора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Механическая характеристика вентилятора (на его валу) | | | | | | | Приведенная к валу электродвигателя механическая характеристика вентилятора | |
| ωс | ωс / ωс.н | (ωс / ωс.н)2 | Мс.н | Мс0 | (Мс0- Мс.н)( (ωс / ωс.н)2 | Мс  по (1.4) | по (1.5) | по (1.7) |
|  | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0,2 |  |  |  |  |  |
|  | о,з |  |  |  |  |  |
|  | |0,4 |  |  |  |  |  |
|  | 0,6 |  |  |  |  |  |
|  | 0,8 |  |  |  |  |  |
|  | 1,0 |  |  |  |  |  |

Механическая характеристика рабочей машины представляется в виде зависимости Мс =f (ωc).

*• к пункту 8 плана занятия.* Приведенный к валу электродвигате­ля момент сопротивления вентилятора *М'с* определяется по формуле

(1.5)

где I - передаточное число:

(1.6)

где ωн - номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с.

Любая другая неноминальная приведенная скорость электродви­гателя определяется по формуле

\*i (1.7)

Приведенная к валу электродвигателя механическая характери­стика вентилятора представляется в виде зависимости Мс' *=*f()и строится на том же графике, что и характеристика Мс =f(ωc). Рас­четы рекомендуется записать по форме табл. 1.4.

Контрольные вопросы:

1. Опишите методику расчета мощности электродвигателя вен­тилятора.
2. Опишите методику построения механической характеристики вентилятора.
3. Опишите методику построения приведенной к валу электро­двигателя механической характеристики рабочей машины.

Практическое занятие № 2

СОСТАВЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ

СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**Цель занятия:** научиться составлять кинематическую схему электропривода и рассчитывать ее элементы.

**Задача.** Для условий задачи практического занятия № 1 соста­вить кинематическую схему электропривода вентилятора и рассчи­тать ее элементы.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что показывает кинематическая схема электропривода?
2. Назовите элементы кинематической схемы.

**Литература.** Электропривод : учеб.-метод, пособие по курсово­му и дипломному проектированию / В. В. Гурин, Е. В. Бабаева. - Минск : БГАТУ, 2006. - 314 с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 2.1 исходные данные по своему варианту.
2. Выбрать элементы кинематической схемы: клиноременную передачу; диаметры ведущих и ведомых шкивов передачи.
3. Ознакомиться с графическими обозначениями элементов кине­матических схем (см. табл. 2.7). Составить кинематическую схему электропривода вентилятора.

Методические указания:

В описании вентилятора (см. практическое занятие № 1) указа­но, что вал вентилятора исполнения № 6 связан с валом электро­двигателя через ременную передачу. Следовательно, необходимо выбрать ременную передачу и составить кинематическую схему электропривода с ременной передачей.

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные к расчету выпи­сать из табл. 2.1.

*Таблица 2.1*

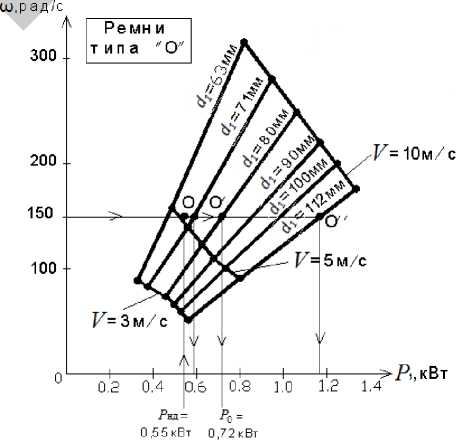
Выбор ременной передачи ной в [1].

юдится по методике, изложен-

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность элек­тродвигателя РН.Д, кВт | Угловая скорость (Овд. рад/с | № венти­лятора | Переда­точное число *i* | Момент инерции ротора электродвигате­ля У. д, кг-м2 |
| 1 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 3 | 0,71 | 0,0014 |
| 2 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 3 | 0,64 | 0,0014 |
| 3 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 3 | 0,59 | 0,0014 |
| 4 | АИР80А4 | 1Д | 146,5 | 3 | 0,56 | 0,0032 |
| 5 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 3 | 0,51 | 0,0033 |
| 6 | АИР71А4 | 0,55 | 142,5 | 4 | 1,19 | 0,0013 |
| 7 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 4 | 1,09 | 0,0014 |
| 8 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 4 | 0,92 | 0,0032 |
| 9 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 4 | 0,81 | 0,0033 |
| 10 | AHP90L4 | 2,2 | 146,5 | 4 | 0,73 | 0,0056 |
| И | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 5 | 0,93 | 0,0087 |
| 12 | AHP90L4 | 2,2 | 146,5 | 5 | 1,05 | 0,0056 |
| 13 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 5 | 1,22 | 0,0033 |
| 14 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 5 | 1,33 | 0,0032 |
| 15 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 6 | 1,42 | 0,0014 |
| 16 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 6 | 1,83 | 0,0032 |
| 17 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 6 | 1,63 | 0,0033 |
| 18 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 6 | 1,35 | 0,0087 |
| 19 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 6 | 1,23 | 0,0087 |
| 20 | AHP100L4 | 4 | 148,1 | 8 | 1,14 | 0,0110 |
| 21 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 8 | 1,65 | 0,0087 |
| 22 | AHP100L4 | 4 | 148,1 | 8 | 1,48 | 0,011 |
| 23 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 8 | 1,37 — | 0,017 |
| 24 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 8 | 1,25 | 0,017 |
| 25 | AHP132S4 | 7,5 | 151,2 | 8 | 1,51 *9* | 0,028 |
| 26 | AHP160S4 | 15 | 152,8 | 8^ | 1,27 | 0,078 |
| 27 | AHP180S4 | 22 | 153,6 | 8 | 1,10 | 0,15 |
| 28 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 8 | 0,96 | 0,19 |
| 29 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 8 | 1,10 | 0,19 |
| 30 | AHP132S4 | 7,5 | 151,2 | 8 | 1,68 | 0,028 |

В качестве примера возьмем мощность РН д = 0,55 кВт и угловую скорость соН д =150 рад/с. По этим данным на рис. 2.1 построена точ­ка О. Из рис. 2.1 видно, что ближайший больший диаметр ведущего шкива составляет 71 мм. Но его не следует выбирать, поскольку он обеспечивает мощность 0,59 кВт, т. е. малый запас по мощности (0,59/0,55 = 1,07), а учет поправочных коэффициентов, определяе­мых далее по табл. 2.2-2.5, требует запаса в 15-20 %. По этой при­чине выбирают следующий диаметр шкива, т. е. *d\* = 80 мм, точ­ка О'. Этот диаметр обеспечивает передаваемую мощность *Ро =* 0,72 кВт без учета снижающих эту мощность коэффициентов, которые определяются после расчета других размеров передачи.



*Рис. 2.1.* Пример определения диаметра rf] ременной передачи и типа ремня

При выборе рабочей точки О' не рекомендуется заходить в область линейных скоростей выше 15 м/с. При Рнд до 1 кВт (включительно) рекомендуется брать один ремень типа О, при *Р,,*,д от 1 кВт до 2,2 кВт (включительно) - ремень типа А, при *Р,,*,д от 2,2 кВт до 4 кВт - ремень типа Б, при больших мощностях - несколько ремней типа Б.

Если на рис. 2.1 при заданной скорости сонд не достаточна мощ­ность, передаваемая одним ремнем, то выбирается два ремня и бо-

лее или другой тип ремня. Например, на рис. 2.1 требуется передать мощность 1,5 кВт, а можно предать лишь мощность 1,19 кВт (точ­ка О"). Тогда следует заранее брать два ремня и точку О' искать для мощности Рн.д / 2. Хорошие результаты получаются в том случае, если точка О' будет в области средних значений (рис. 2.2).

ш,рад/с

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 25 L | 1/С |  |
|  |  | 20 м/с Гх |  |  |
|  | 15М/ | ;/ /X |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | о м/с | ;71/&=8^^ | =9q4=icn^ |  |
| **5 М** | с/ *S 7* |  |  |  |
| **3 м/с** |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**700**

**600**

**Б00**

400

**300**

**200**

**100**

ы,рад/с

**500**

**400**

**300**

**Ро. кВт**

о

*Рис. 2.26.* Зависимость передаваемой угловой скорости и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа А

О 0.5 I 1,5 2 Ро. кВт

*Рис. 2.2а.* Зависимость передаваемой угловой скорости  
и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа О

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | **!5м/с** | | **30 м/с** |  |  |  |
|  |  | 20 | **м/с** |  |  |  |  |  |
|  |  | **0=90 Z=i** | 00/ | |  |  |  | 4 |
|  |  | **10 м/с/ /** |  |  | #160 |  |  | *А* |
| **5 м/с** |  |  |  |  |  | £ |  |  |
| **3 м/с //** |  |  |  |  |  | ■ |  |  |

**200**

**300**

**250**

**200**

**150**

**100**

**50**

|  |  |  |  | **30 м/^** |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | **25 м/с\** |  |  |
|  |  | **15** | **20**  **м/с /** | **м/с I** |  |  |
|  |  | **с/=125/у=** |  | **=16с/(d=** |  | **)о/** |
|  | **10** | **м/у** |  |  |  |  |
|  | **5 м/с /** |  |  |  |  |  |
| **3 м/<** |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**350**

**2 3 4 5 6** *Ро.* **кВт**

*Рис. 2.2в.* Зависимость передаваемой угловой скорости и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа Б

Выбор элементов ременной передачи провести в следующей по­следовательности.

1. Выбрать по рис. 2.2 тип ремня (О, А, Б и т. д.) и диаметр ве­дущего шкива с/. На рис. 2.2 приведены зависимости со = где со - угловая скорость ведущего шкива передачи, рад/с, а *Ро -* мощ­ность на ведущем шкиве передачи, кВт. В большинстве случаев

ил ра д/с

ведущий шкив насаживается на вал электродвигателя и со = сонд, a *Pq* Рн.д.

На рис. 2.2 представлены также возрастающие линии диаметров ведущего шкива с/,. Они показывают, какую скорость и мощность может передать ременная передача при данном диаметре *dv* Вос­пользовавшись этими кривыми, определить требуемый диаметр и тип ремня. Для этого найти на графике точку с координатами сон д и/'п1 (см. рис. 2.1) и провести расчеты, как описано выше.

1. Определить геометрические размеры передачи, согласовывая их со стандартами.

Диаметр ведомого шкива, мм:

<7, = 0,98с//'.

(2.1)

Выбрать ближайшее значение с/2 из ряда, мм: 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250;315;355;400;450;500;630.

Межосевое расстояние, мм:

*а &* 0,8^^ + </2).

(2.2)

Длина ремня, мм:

*/ = 2а + it*

*(di+d2) (dz-d$*

2 + *4а*

(2.3)

Выбрать ближайшее большее значение /р из ряда, мм: 400; 450; 500; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500; 2800; 3150; 3550;4000;4500.

1. Определить угол обхвата ведущего шкива:

*щ* = 180-57,3

(2.4)

*а*

Угол (Xi должен быть >120°.

1. Линейная скорость ремня, м/с:

(2.5)

где сон - номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с.

1. Допустимая полезная мощность (кВт), передаваемая од: клиновым ремнем, определяется по формуле

1 доп 1 0 '-и v-р.р?

где Са, *Св, Св,* Ср р- коэффициенты из табл. 2.2-2.5.

Если значения задаваемых величин не соответствуют значениям в табл. 2.2-2.5, то эти числа аппроксимируются по правилам мате­матики. Принять угол наклона ременной передачи 0 °C, режим ра­боты - средний.

*Таблица 2.2*

Зависимость коэффициента *Са* от угла обхвата малого шкива щ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| щ, ° | 180 | 170 | 160 | 150 | | 140 | 130 | 120 |
| *са* | 1 | 0,98 | 0,95 | 0.92 | 0,89 | 0,86 | 0.83 |

Зависимость коэффициента Cv от линейной скорости ремня в

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| в. м/с | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| *cv* | 1,05 | 1,04 | 1 | 0,94 | , 0,85 | 0,74 | 0,6 | 0,58 | 0.55 |

*Таблица 2.4*

Зависимость коэффициента режима работы Сррот условий работы передачи

| о,° | 0-60 | 60-80 | 80-90 |
| --- | --- | --- | --- |
| Се | 1 | 0,9 | 0,8 |

*Таблица 2.5*

Зависимость коэффициента Се от угла наклона ременной передачи 9

р.р

1. Найденное по формуле (2.6) значение *РЯ0Т1* должно быть боль­ше значения номинальной мощности электродвигателя *Р,,,д:*

| Весьма тяжелый (ВТ) | Тяжелый | Средний | Легкий |
| --- | --- | --- | --- |
| 0.9 | 0,95 | 1 | 1.05 |

Режим работы

Рдоп>Л.д. (2.7)

1. Ширина шкива передачи *В* зависит от числа и типа ремней и для клинового ремня приближенно вычисляется по формуле

*В = l,25Nb + 0,25b,* (2.8)

где *b -* ширина верхней части сечения ремня, мм (табл. 2.6);

*N-* количество клиновидных ремней.

*Таблица 2.6*

Зависимость ширины верхней части сечения клинового ремня от его типа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип ремня | О | А | Б | УО | УА | УБ |
| Ширина *Ь,* мм | 10 | 13 | 17 | 10 | 13 | 17 |

1. Массу шкива вычислить по формуле

*-D*

(2.9)

I 4 J

где р - удельный вес стали; р = 7800 кт/м’:

*d -* диаметр шкива, м;

*В -* ширина шкива, м.

Массу колеса вентилятора вычислить по эмпирической формуле

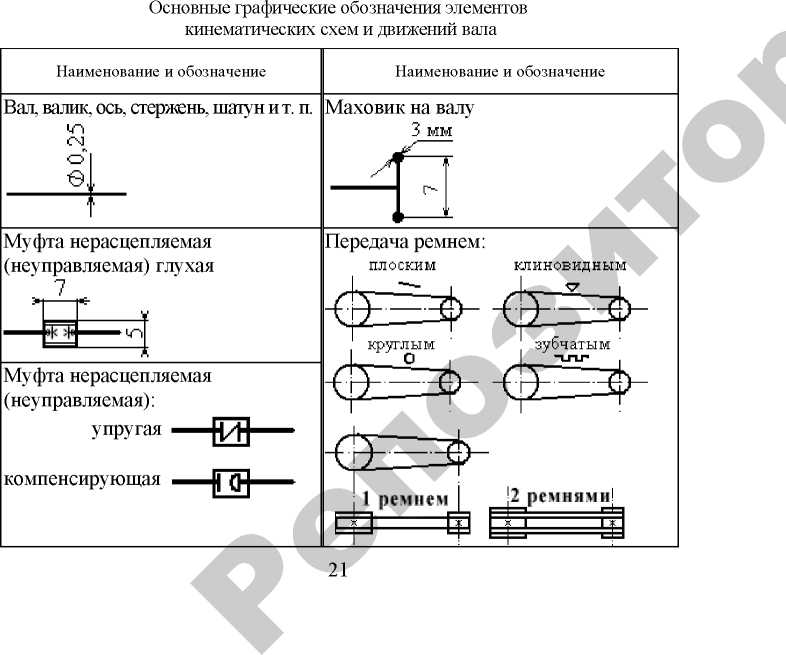
*т = 22D; ,*

(2.Ю)

где *D5 -* диаметр колеса вентилятора, м (см. табл. 2.1).

*• к пункту 2 плана занятия.* Пользуясь табл. 2.7, составить ки­нематическую схему электропривода.

*Таблица 2.7*



Наименование и обозначение

Наименование и обозначение

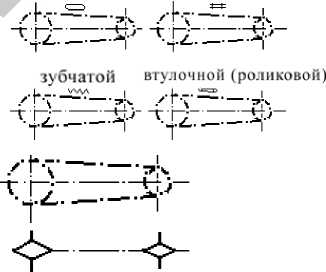
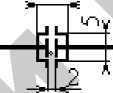
Муфта сцепления механическая: асинхронная (например, фрикци­онная)

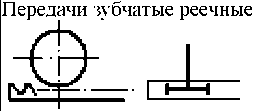
Муфта автоматическая (самодейст­вующая) обгонная (свободного хода)

6

Передача цепью:

**круглозвенной пластинчатой**





Гайка на винте, передающем движение

Электрический двигатель

Центробежная фрикционная муфта б

Муфта автоматическая (самодей­ствующая) предохранительная с разрушающим элементом



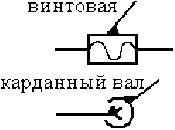
Тормоз (общее обозначение без уточнения типа)

Кинематическая пара:

Одностороннее движение:

прямолинейное

вращательное



Наименование и обозначение

Наименование и обозначение

Подшипники качения:

Возвратное движение:

радиальные

прямолинейное

радиально-упорные

"51

о|

двухсторонние

Го]

L2I

упорные односторонние

о|

°1

упорные двухсторонние

|о|

I °1

Гибкий вал для передачи вращающего момента

вращательное

Звено рычажных механизмов:

кр ив оши п , кор о мы сл о , шатун

Мотор-редуктор:

червячный

соосный

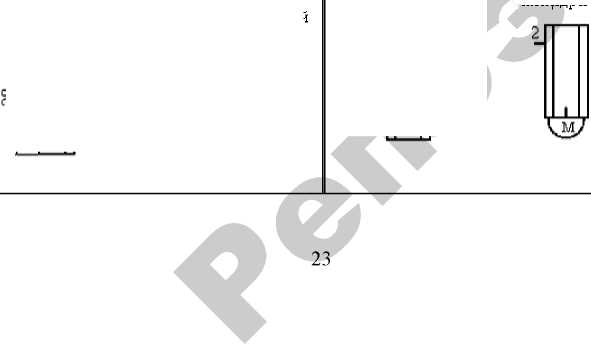
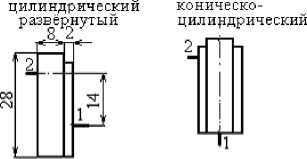
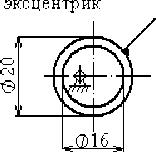
червячный

Редуктор:

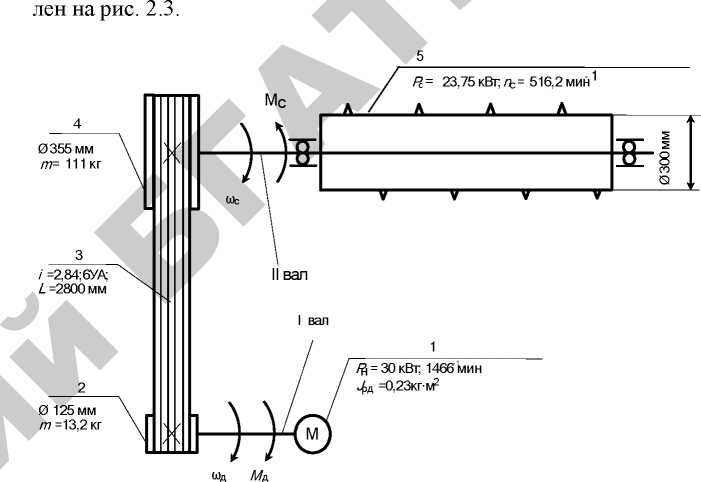
соосный

коническо-

ц и л и рдр ич е ский



Образец кинематической схемы шнекового смесителя представ-



*Рис. 2.3.* Образец кинематической схемы шнекового смесителя

Под кинематической схемой составляется таблица параметров ременной передачи (образец - табл. 2.8) и таблица перечня элемен­тов ременной передачи (образец - табл. 2.9).

*Таблица 2.8*

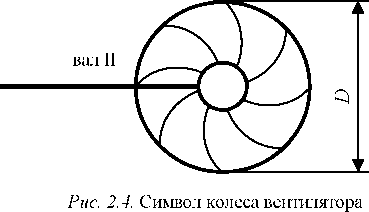
Параметры ременной передачи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Электродвигатель | Передача | Рабочая машина |
| Рдв = 25 кВт | Клиноременная, / = 2,84, г] = 0,95 | *Рс=* 23,75 кВт |
| Мдв= 161.6 Н-м | Ремень типа УА | М= 436,2 Н-м |
| /7ДВ= 1466 мин1 | Количество ремней - 6 | *пс =* 516,2 мин1 |
| (Вдв = 153,19 рад/с | Длина ремня 2800 мм | сос= 53,94 рад/с |

Перечень элементов кинематической схемы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Кол-во | Примечание |
| 1. Электродвигатель 4API80М4БСХУ2. Рн= 30 кВт | 1 | Эр.д = 0,23 кг-м2 |
| 2. Шкив ведущий на 6 ручьев, 0125 мм | 1 | *В =* 132,5 мм |
| 3. Ремень типа УА длиной 2800 мм | 6 | — |
| 4. Шкив ведомый на 6 ручьев 0355 мм | 1 | *В =* 132,5 мм |
| 5. Шнековый измельчитель, 0300 мм, *L =* 3000 мм | 1 | - |

Колесо вентилятора изобразить условно в виде символа, показан­ного на рис. 2.4. Диаметр (в мм) должен соответствовать номеру вен­тилятора, умноженному на 100.



Определить параметры составленной кинематической схемы подобно тому, как это сделано на рис. 2.3.

Полученные результаты расчетов (тип ремня, количество ремней, длина ремня, диаметры шкивов, колеса вентилятора и их массы) ука­зываются на кинематической схеме (см. рис. 2.3).

Контрольные вопросы:

1. По какой формуле определяется диаметр ведомого шкива клиноременной передачи?
2. Как определяется количество ремней клиноременной передачи?
3. Каким символом на кинематической схеме обозначаются электродвигатель, мотор-редуктор, упругая муфта, цепная переда­ча, ременная передача, гибкий вал?

Практическое занятие № 3

СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**Цель занятия:** научиться составлять расчетные схемы механи­ческой части электропривода и определять приведенный момент инерции.

**Задача.** Для составленной на практическом занятии № 2 кине­матической схемы электропривода составить расчетную и приве­денную одномассовые схемы механической части электропривода. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

Вопросы для самоподготовки:

1. По какой формуле приводятся моменты инерции вращающих­ся тел к валу электродвигателя?
2. По какой формуле приводятся к валу электродвигателя посту­пательно движущиеся массы рабочей машины?
3. По какой формуле приводятся к валу электродвигателя мо­менты сопротивления рабочей машины?

**Литература.** Чиликин, **М. Г.** Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Составить исходную расчетную схему механической части электропривода вентилятора.
2. Определить моменты инерции элементов схемы.
3. Составить приведенную двухмассовую схему механической части электропривода.
4. Составить приведенную одномассовую схему механической части электропривода.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные к расчету взять из табл. 3.1.

*Таблица 3.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер  электродвигателя | Момент инерции ротора элек­тродвигателя /р.д, кг-м2 | (D О я я о й - Ч О  Д S С я | Диаметр | | | Момент сопротивления  Мс.н, Н-м | Ширина шкива передачи *В,* мм |
| колеса вентилятора  £>5, м | ведущего шкива tZb мм | ведомого шкива *di,* мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | АИР71В4 | 0.0014 | 0,71 | 0,3 | 100 | 71 | 2,8 | 15 |
| 2 | АИР71В4 | 0.0014 | 0,64 | 0,3 | 100 | 71 | 3,1 | 15 |
| 3 | АИР71В4 | 0.0014 | 0,59 | 0,3 | 100 | 71 | 3,0 | 15 |
| 4 | АИР80А4 | 0.0032 | 0,56 | 0,3 | 112 | 71 | 3,2 | 19.5 |
| 5 | АИР80В4 | 0.0033 | 0,51 | 0,3 | 125 | 71 | 4,2 | 19.5 |
| 6 | АИР71А4 | 0.0013 | 1Д9 | 0,4 | 80 | 100 | 3,5 | 15 |
| 7 | АИР71В4 | 0.0014 | 1,09 | 0,4 | 100 | 112 | 5,0 | 15 |
| 8 | АИР80А4 | 0.0032 | 0,92 | 0,4 | 112 | 112 | 6,2 | 19.5 |
| 9 | АИР80В4 | 0.0033 | 0,81 | 0,4 | 125 | 100 | 7,8 | 19,5л, |
| 10 | AHP90L4 | 0.0056 | 0,73 | 0,4 | 160 | 125 | 9,8 | 19,5 |
| 11 | AHP100S4 | 0.0087 | 0,93 | 0,5 | 160 | 160 | 15,0 | 25,5 |
| 12 | AHP90L4 | 0.0056 | 1,05 | 0,5 | 160 | 180 | 13,2 | 19,5 |
| 13 | АИР80В4 | 0.0033 | 1,22 | 0,5 | 125 | 160 | 10,3 | 19,5 |
| 14 | АИР80А4 | 0.0032 | 1,33 | 0,5 | 112 | 160 | *f* 9.1 | 19.5 |
| 15 | АИР71В4 | 0.0014 | 1,42 | 0,6 | 100 | 140 | 7,0 | 15 |
| 16 | АИР80А4 | 0.0032 | 1,83 | 0,6 | 112 | 224 | 12,4 | 19.5 |
| 17 | АИР80В4 | 0.0033 | 1,63 | 0,6 | 125 | 200 | 13,6 | 19.5 |
| 18 | AHP100S4 | 0.0087 | 1,35 | 0,6 | 160 | 224 | 20,7 | 25,5 |
| 19 | AHP100S4 | 0.0087 | 1,23 | 0,6 | 160 | 200 | 23,5 | 25.5 |
| 20 | AHP100L4 | 0.0110 | 1,14 | >0,8 | 200 | 224 | 25,6 | 25.5 |
| 21 | AHP100S4 | 0.0087 | 1.65 | 0,8 | 160 | 315 | 26.8 | 25.5 |

На кинематической схеме, составленной на практическом занятии №2, изображены 4 элемента, обладающие моментом инерции:

3) жесткость длинного ведомого вала.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 22 | АИР100Е4 | 0.0110 | 1,48 | 0,8 | 200 | 315 | 31,9 | 25.5 |
| 23 | АИР112М4 | 0.0170 | 11.37 | 0,8 | 160 | 224 | 42,0 | 46.75 |
| 24 | АИР112М4 | 0.0170 | 1,25 | Г 0,8 | 160 | 224 | 43,9 | 46.75 |
| 25 | AHP132S4 | 0.0280 | 1,51 | 0,8 | 180 | 315 | 62,7 | 46.75 |
| 26 | AHP160S4 | 0.0780 | 1,27 | 0,8 | 180 | 250 | 100.9 | 89.25 |
| 27 | AHP180S4 | 0.1500 | 1,10 | 0,8 | 200 | 224 | 151.0 | 110.5 |
| 28 | АИР180М4 | 0,19 | 0.96 | 0,8 | 200 | 200 | 177.5 | 174 |
| 29 | АИР180М4 | " 0,19 | 1,1 | 0,8 | 200 | 224 | 164.1 | 174 |
| 30 | AHP132S4 | 0.0280 | 1.68 | 0.8 | 180 | 315 | 65.0 | 46.75 |

1. электродвигатель;
2. ведущий шкив;
3. ведомый шкив;
4. колесо вентилятора.

Моментом инерции ремней и валов пренебрегаем.

В кинематической схеме можно выделить 3 жесткости:

1. жесткость короткого ведущего вала;
2. жесткость ременной передачи;

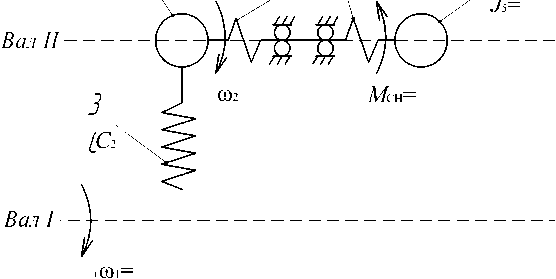
Жесткость ременной передачи во много раз меньше жесткости валов.

В кинематической схеме просматриваются 2 вала:

1. вал электродвигателя с ведущим шкивом (вал 1);
2. вал с ведомым шкивом, двумя подшипниками и колесом вен­тилятора на втором конце (вал 2).

При составлении расчетной схемы моменты инерции условно изображаются окружностью диаметром 10 мм (О), а жесткости - в виде пружины ( АЛЛ ). Чем меньше жесткость пружины, тем больше она содержит витков. Поэтому для жесткости ведущего ва­ла достаточно изобразить один виток пружины, для ведомого - два витка, для ременной передачи - 8-10 витков.

Пример изображения жесткости первого вала и моментов инер­ции на нем приведен на рис. 3.1.



*Рис. 3.1.* Пример фрагмента исходной расчетной схемы механической части привода

Дополнить эту схему моментом инерции ведомого шкива J2, же­сткостью вала Ci, моментом инерции электродвигателя 7рд. В ре­зультате получится исходная расчетная схема механической части электропривода вентилятора. Следует придерживаться нумерации элементов, приведенных в кинематической схеме.

* *к пункту 2 плана занятия.* Моменты инерции вращающихся частей определить методом редукции по формуле

*J = rkmR2,* (3.1)

где X - коэффициент; для сплошных ременных шкивов X = 0,7; для колеса вентилятора X = 0,8;

*т -* масса шкива (или колеса вентилятора), кг;

*R -* наружный радиус шкива (или колеса вентилятора), м.

По формуле (3.1) вычислить J2, Л, Л и записать их значения на рисунке, составленном подобно рис. 3.1.

* *к пункту 3 плана занятия.* При составлении приведенной двухмассовой схемы механической части электропривода жестко­стью валов можно пренебречь, а момент инерции на валу 1 опреде­лить по формуле

(3.2)

где J2 - момент инерции ведущего шкива, кг-м2.

Момент инерции на валу 2 определяется по формуле

Л,5 - Л Р-3)

где Л и *J5* - моменты инерции ведомого шкива и колеса вентиля­тора, кг-м2.

При построении двухмассовой схемы учитываем жесткость только клиноременной передачи. Составляем двухмассовую схему механической части электропривода. Рисуем вал 1 в виде жирной линии ина ней изображаем окружность диаметром 10 мм. Указы­ваем позиционное обозначение круга символом момента инерции Л и его величину. От окружности вертикально вверх изображаем же­сткость ременной передачи в виде пружины. Рисуем вал 2 в виде жирной линии параллельно линии вала 1 и на ней изображаем ок­ружность диаметром 10 мм. Указываем ее позиционное обозначе­ние символом момента инерции Л,5 и величину. Указываем значе­ния скоростей и моментов на валах 1 и 2.

*• к пункту 4 плана занятия.* Приведенная одномассовая схема ме­ханической части электропривода составляется исходя из предполо­жения, что жесткостями валов и ременной передачи можно пренеб­речь, а моменты инерции на втором валу следует привести (пересчи­тать) к первому валу по формуле

■С-У 0.4)

где *i -* передаточное отношение ременной передачи.

Общий приведенный момент инерции, действующий на валу 1:

Лр=Л+Лр2- (3-5)

Момент сопротивления приводится к валу электродвигателя по формуле

*М*

(3.6) Z1lnep

где Цпер - КПД ременной передачи, т|пер = 0,95.

Составляем (рисуем) одномассовую схему механической части электропривода. Рисуем вал 1 в виде жирной линии и на ней изо­бражаем окружность диаметром 10 мм. Указываем ее позиционное обозначение символом момента инерции ./||р и величину. Простав­ляем на ней приведенный момент сопротивления и угловую ско­рость вала.

Контрольные вопросы:

1. Что называется расчетной схемой механической части элек­тропривода?
2. Какие параметры указываются на расчетной схеме механиче­ской части электропривода?
3. Опишите методику построения исходной расчетной схемы механической части электропривода.
4. Объясните построение одномассовой расчетной схемы меха­нической части электропривода.

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИТ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

**Цель занятия:** научиться определять скорость идеального холо­стого хода и другие параметры электродвигателей постоянного тока и строить графики их естественных и искусственных характеристик.

Задачи:

1. На предприятии для регулируемого привода барабанного до­затора решено использовать электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения от списанного станка. Определить па­раметры механической характеристики электродвигателя постоян­ного тока независимого возбуждения и построить ее график.
2. На предприятии для привода электрической тележки решено ис­пользовать электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения от подъемного механизма. Определить параметры есте­ственной механической характеристики электродвигателя постоянно­го тока последовательного возбуждения и построить ее график.

Вопросы для самоподготовки:

1. В какой зависимости находятся ток и магнитный поток элек­тродвигателей постоянного тока независимого и последовательного возбуждения?
2. В какой зависимости находятся момент и ток электродвигателей постоянного тока независимого и последовательного возбуждения?

**Литература.** Чиликин, **М. Г.** Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 4.1 технические характеристики электро­двигателя постоянного тока независимого возбуждения по своему варианту.
2. Определить номинальный ток и номинальный КПД электродви­гателя.
3. Вычислить сопротивление обмотки якоря и коэффициент ЭДС.
4. Определить параметры естественной механической характе­ристики электродвигателя и построить ее график.
5. Определить жесткость механической характеристики при мо­менте 0,2Л/н и угловую скорость при этом моменте.
6. Выписать из табл. 4.2 технические характеристики электро­двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
7. Определить параметры естественной механической характе­ристики электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения и построить ее график.
8. Найти угловую скорость вращения электродвигателя при *Мс = 0.2М,.* и жесткость механической характеристики в ее крайних точках.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Технические данные электродви­гателей постоянного тока независимого возбуждения выписать из табл. 4.1.

*Таблица 4.1*

Технические данные электродвигателей постоянного тока независимого возбуждения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность *Рн,* кВт | Напряжение <7н,В | Ток якоря *1„,* А | кпд Пн. | Номинальная частота вращения *пн,* мин’1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,17 | ПО | — | F47,5 | 750 |
| 2 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,17 | 220 | — | 48,5 | 750 |
| 3 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,25 | ПО | — | 56 | 1060 |
| 4 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,25 | 220 | — | 57 | 1120 |
| 5 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,37 | ПО | — | 61,5 | 1500 |
| 6 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,37 | 220 | — | 61,5 | 1500 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,71 | ПО | — | 69.5 | 2360 |
| 8 | 2ПН90МУХЛ4 | 0,71 | 220 | — | 70 | 2360 |
| 9 | 2ПН90МУХЛ4 | 1,0 | Ь4 10 | — | 71,5 | 3000 |
| 10 | 2ПН90МУХЛ4 | 1,0 | ~ 220 | — | 72.5 | 3000 |
| 11 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,2 | ПО | — | 54 | 750 |
| 12 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,2 | 220 | — | 54.5 | 800 |
| 13 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,34 | ПО | — | 60 | 1060 |
| 14 | 2ПН90ЕНХЛ4 | F 0,34 | 220 | — | 60 | 1000 |
| 15 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,55 | ПО | — | 67.5 | 1500 |
| 16 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,55 | 220 | — | 67.5 | 1500 |
| 17 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,9 | ПО | — | 73 | 2000 |
| 18 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 0,9 | по | — | 73 | 2120 |
| 19 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 1,3 | по | — | 76 | 3150 |
| 20 | 2ПН90ЕНХЛ4 | 1,3 | 220 | — | 78 | 3150 |
| 21 | 4I10100S2 | 0,55 | ПО | 8,6 | — | 750 |
| 22 | 4I10100S2 | 0,55 | 220 | 3,8 | — | 750 |
| 23 | 4I10100S2 | 0,75 | ПО | 10,4 | — | 1000 |
| 24 | 4I10100S2 | 0,75 | 220 | 4,8 | — | 1000 |
| 25 | 4I10100S2 | 1,1 | ПО | 13.8 | — | 1500 |
| 26 | 4I10100S2 | 1,1 | 220 | 6,1 | — | 1500 |
| 27 | 4I10100S2 | 1,5 | ПО | 19.3 | — | 2200 |
| 28 | 4I10100S2 | 1,5 | 220 | 9,5 | — | 2200 |
| 29 | 4I10100S2 | 2,2 | ПО | 26.2 | — | 3000 |
| 30 | 4I10100S2 | 2.2 | 220 | 13.4 | — | 3000 |

*• к пункту 2 плана занятия.* Номинальный ток электродвигате­ля (если он не задан в табл. 4.1):

(4.1)

где т]н - КПД, о.е.;

*Рн -* номинальная мощность, Вт.

Номинальный КПД электродвигателя (если он не задан в табл. 4.1):

(4.2)

*• к пункту 3 плана занятия.* Сопротивление обмотки якоря:

„ О,5С/.(1-Ч.)

(4.3)

(4.4)

*R' ~*

Коэффициент ЭДС:

*Е„ U-IR*

*IX*  н н ня

*Ке*

сон С0н

где сон = 0,1045ин.

*• к пункту 4 плана занятия.* Скорость идеального холостого хода электродвигателя:

соС1 =

(4.5)

Номинальный момент электродвигателя:

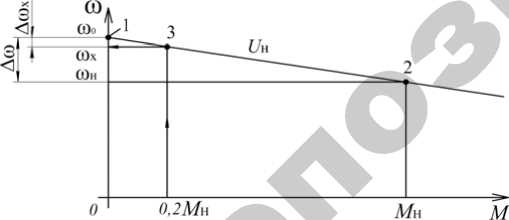
(4.6)

со,

Координаты точек естественной механической зависимости:

1. *М=* 0; со = со0;
2. *М=* Мн; со = сон.

По этим точкам построить график естественной механической характеристики электродвигателя со = ДЛД в виде прямой линии (рис. 4.1). С учетом масштаба построения размер рисунка не дол­жен быть меньше 150\* 150 мм.



*Рис. 4.1.* Вид механических характеристик электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения

*• к пункту 5 плана занятия.* Определить жесткость механиче­ской характеристики:

с7со ~ Асо со,, —сон со,,-сон

*dM~ Ш 0-Мн Мн*

Определить скорость электродвигателя при *Мс = 0.2М,,* можно из уравнения механической характеристики, записанного для номи­нального момента:

®h=“0-V4- (4-8)

Из уравнения (4.8) имеем:

(4-9)

*м Мн*

Тогда

*=(й0-кмМх.* (4.10)

В рабочем режиме *Мс =МХ.* По формуле (4.10) найти скорость сох электродвигателя при М. = 0,2Л/н:

сох=со0-^мО,2Мн. (4.11)

*• к пункту 6 плана занятия.* Технические данные электродвига­теля постоянного тока последовательного возбуждения выписать из табл. 4.2.

*Таблица 4.2*

Технические данные электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность Рн, кВт | Номинальный ток /н, А | Номинальная частота вращения *пн,* мин'1 | Сопротивление  РпОСЛ? Ом |
| 1 | ДП-12 | 3,0 | 19 | 960 | 0,59 |
| 2 | ДП-21 | 4,5 | 28 | 900 | 0,275 |
| 3 | ДП-22 | 6,0 | 36 | 850 | 0,30 |
| 4 | ДП-31 | 8,5 | 50 | 770 | 0,118 |
| 5 | ДП-32 | 12 | 68 | 675 | 0,097 |
| 6 | ДП-41 | 17 | 94 | 630 | 0,053 |
| 7 | ДП-42 | 23 | 125 | 600 | 0,039 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность Рн, кВт | Номинальный ток /и. А | Номинальная частота вращения /7И. мин'1 | Сопротивление  ^посл? Ом |
| 8 | ДП-52 | 33 | 175 | 630 | 0,033 |
| 9 | ДП-62 | 50 | 260 | 520 | 0,0205 |
| 10 | ДП-72 | 75 | 385 | 470 | 0,0105 |
| 11 | ДП-21 | 5,5 | 33 | 1200 | 0,275 |
| 12 | ДП-22 | 8,0 | 46 | 1200 | 0,19 |
| 13 | ДП-31 | 12 | 67 | 1100 | 0,118 |
| 14 | ДП-32 | 17 | 92 | 1000 | 0,06 |
| 15 | ДП-41 | 23 | 124 | 970 | 0,053 |
| 16 | ДП-42 | 42 | 218 | 850 | 0,022 |
| 17 | МП-12 | 2,5 | 15,6 | 1000 | 0,89 |
| 18 | МП-22 | 4,5 | 28 | 880 | 0,26 |
| 19 | МП-32 | 9,0 | 52 | 750 | 0,143 |
| 20 | МП-41 | 12,5 | 72 | 630 | 0,088 |
| 21 | МП-51 | 25 | 134 | 575 | 0,032 |
| 22 | МП-52 | 35 | 185 | 575 | 0,028 |
| 23 | МП-62 | 50 | 260 | 510 | 0,020 |
| 24 | МП-72 | 80 | 405 | 460 | 0,0098 |
| 25 | МП-12 | 2,5 | 15,6 | 1100 | 0,86 |
| 26 | ДП-21 | 5,5 | 33 | 1250 | 0,270 |
| 27 | ДП-31 | 8,5 | 50 | 790 | 0,112 |
| 28 | ДП-22 | 6,0 | 36 | 820 | 0,32 |
| 29 | ДП-21 | 4,5 | 28 | 860 | 0,295 |
| 30 | ДП-12 | 3,о | 19 | 950 | 0,61 |

*Примечание. UH =* 220 В; Лпосл соответствует 20 °C.

*• к пункту 7 плана занятия.* Номинальный момент электродви­гателя вычислить по формуле (4.6).

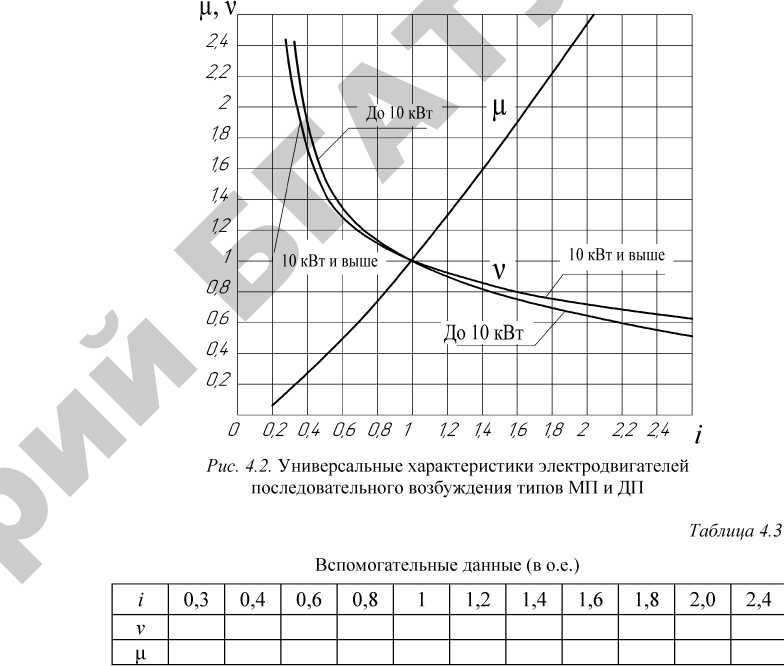
Номинальная угловая скорость:

сон =0,1

Для значений тока, указанных в табл. 4.3, найти значения скоро­сти v в относительных единицах и момента ц в относительных еди­ницах для соответствующего электродвигателя (рис. 4.2). Результа­ты записать в табл. 4.3.

(4.12)





Следует обратить внимание на мощность электродвигателя (до 10 кВт или более) и воспользоваться соответствующей кривой на рис. 4.2.

Две последние строки в табл. 4.3 представляют собой естествен­ную механическую характеристику электродвигателя в относитель­ных единицах. Для перевода их в именованные единицы скорости и момента пользуются следующими формулами:

со = <oHv;

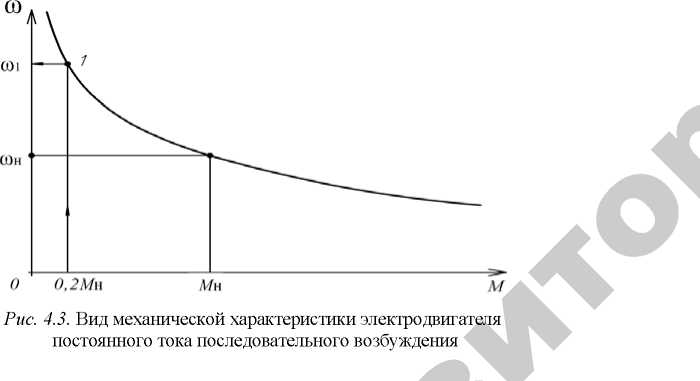
(4-13)

С помощью этих формул пересчитать механическую характери­стику и записать значения угловой скорости и момента по форме табл. 4.4.

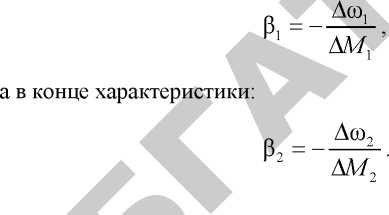
*Таблица 4.4*

Естественная механическая характеристика электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| со, рад/с |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| М Н-м |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Построить график механической характеристики электродвигате­ля по данным табл. 4.4. Размер рисунка не должен быть меньше 150[[1]](#footnote-1) 150 мм (рис. 4.3).

Тогда в начале характеристики жесткость составит:



(4.15)

(4.16)

Контрольные вопросы:

1. Как построить график механической характеристики электро­двигателя постоянного тока параллельного возбуждения?
2. Как построить график механической характеристики электро­двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
3. Как определяется жесткость механической характеристики электродвигателя?
4. Как находится скорость идеального холостого хода электро­двигателя постоянного тока параллельного возбуждения?
5. Как находится скорость холостого хода электродвигателя по­стоянного тока последовательного возбуждения?
6. Что называется электромеханической характеристикой элек­тродвигателя?
7. Какие характерные точки различают на механической харак­теристике трехфазного асинхронного электродвигателя?

| Вариант | Типоразмер  электродвигателя | Номинальная мощность “.Т ■■*Рн* кВт | Номинальная угловая скорость электродвигателя Он, рад/с | Кратность момента, о.е. | | | Кратность пускового тока *ki* | cos^n, о.е. | КПД номинальный Пн, о.е. |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| пускового  Цпуск | критического  Цмакс | минимального  Цмин |
| 1 | ~~F»~~~~2~~ | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5 | 0,76 | 0,73 |
| 2 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5 | 0,76 | 0,73 |
| 3 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5 | 0,76 | 0,73 |
| 4 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,81 | 0,75 |
| 5 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,83 | 0,78 |
| 6 | АИР71А4 | 0,55 | 142,5 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 5 | 0,70 | 0,705 |
| 7 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5 | 0,76 | 0,73 |
| 8 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,81 | 0,75 |
| 9 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,83 | 0,78 |
| 10 | АИР90Е4 | 2,2 | 146,5 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 6,5 | 0,83 | 0,81 |
| 11 | АИР10084 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,83 | 0,82 |
| 12 | АИР90Е4 | 2,2 | 146,5 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 6,5 | 0,83 | 0,81 |
| 13 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,83 | 0,78 |
| 14 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,81 | 0,75 |
| 15 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5 | 0,76 | 0,73 |
| 16 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,81 | 0,75 |
| 17 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,83 | 0,78 |
| 18 | АИР10084 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,83 | 0,82 |
| 19 | АИР10084 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,83 | 0,82 |
| 20 | АИР100Е4 | 4 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,84 | 0,85 |
| 21 | АИР10084 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,83 | 0,82 |
| 22 | АИР100Е4 | 4 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7 | 0,84 | 0,85 |
| 23 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 7 | 0,86 | 0,855 |

*Таблица 5.1*

Исходные данные

Практическое занятие № 5

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

**Цель занятия:** освоить методику уточненного расчета механиче­ской характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя и упрощенного расчета его электромеханической характеристики и научиться строить графики механической и электромеханической характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя.

**Задача.** По данным, приведенным в табл. 5.1, построить гра­фики механической и электромеханической характеристик элек­тродвигателя.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что называется механической характеристикой электро­двигателя?

**Литература.** Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиздат, 1981. - 576 с.

План занятия:

1. Рассчитать механическую характеристику асинхронного элек­тродвигателя при номинальном напряжении и построить ее график.
2. Рассчитать электромеханическую характеристику асинхрон-

ного электродвигателя при номинальном напряжении и построить ее график.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные к расчету меха­нической характеристики трехфазного асинхронного электродвига­теля выписать из табл. 5.1.

*Окончание табл. 5.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 24 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 7 | 0,86 | 0,855 |
| 25 | AHP132S4 | 7,5 | 151,2 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 7,5 | 0,86 | 0,875 |
| 26 | AHP160S4 | 15 | 152,8 | 1,9 | 2,9 | 1,8 | 7 | 0,89 | 0,9 |
| 27 | AHP180S4 | 22 | 153,6 | 1,7 | 2,4 | 1,5 | 7 | 0,87 | 0,905 |
| 28 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 1,7 | 2,7 | 1,6 | 7 | 0,87 | 0,92 |
| 29 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 1,7 | 2,7 | 1,6 | 7 | 0,87 | 0,92 |
| 30 | AHP132S4 | 7,5 | 151,2 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 7,5 | 0,86 | 0,875 |

Механическую характеристику асинхронного электродвигателя рассчитывают по уточненной формуле Клосса:

2Ммакс(1 + £) с <?

(5-1)

+ ^<а№ *+2Е*

\акс *S*

где *М, Ммякс -* рассчитываемый и максимальный моменты, Нм;

*Е -* коэффициент, *Е*

*S,* ^макс - задаваемое значение скольжения и максимальное (кри­тическое) скольжение, о.е.

Критическое скольжение:

q q М'макс "I" д/Нмакс + Самаке /СЭЛ

^макс J 1ПС/ 1\ I ’

^^нСИмакс-1)

(5.3)

где цмакс - кратность максимального момента электрод 5Н - номинальное скольжение, о.е.

Номинальное скольжение:

о

S = Ч~Ю,.

®0

где ©о - синхронная угловая скорость, рад/с; <в0 = 157 рад/с; (он - номинальная угловая скорость, рад/с.

Максимальный (критический) момент:

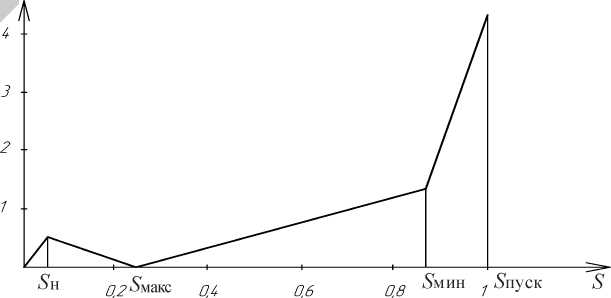
где 7ИН - номинальный момент, Нм;

Цмакс - кратность максимального момента, о.е. Номинальный момент:



Коэффициент *Е* находится в сложной зависимости от скольже­ния *S.* Изобразить изменение коэффициента *Е =J(S)* в виде ломаной линии, как показано на рис. 5.1, вычислив его значения по форму­ле (5.6) в четырех характерных точках:

1. при£ = 5н Ц = Цн= 1, а коэффициент *Е = Ец\*
2. при *S =* 5макс ц = цмакс, а коэффициент *Е =* 0;
3. при *S =* 5МИН = 0,85 ц = цмин? а коэффициент *Е =* Амин;
4. при £ =1 ц = цпуск, а коэффициент *Е = Епу(Ж.*



*Рис. 5.1.* Примерный вид зависимости *Е =f(S)* для асинхронных электродвигателей (возможны отрицательные значения *Е)*

Значения *Е* в этих точках вычислить по выражению (5.6), под­ставив в его значения *S* и ц в характерных точках 7, 3, 4:

I макс гамаке

^макс $Н

Ц макс

Н

44

Например, в первой точке формула (5.6) имеет следующий вид:

макс ^Нмакс

Ин

77 макс н

2Ц

гамаке

Ин

Если электродвигатель имеет рмакс = Цпуск, то по формуле (5.6) в точке *4* имеем деление на ноль. Чтобы этого избежать, не вычис­ляем Епуск по формуле (5.6) для точки *4,* а в табл. 5.1 при 5=1 про­ставляем знак «-». Значение момента для этой точки (третья снизу строка табл. 5.2) вычислить по формуле

(5.7)

Далее, задав значение скольжения *S,* найти *Е* по кривой *Е = f(S)* и вычислить значения, приведенные в табл. 5.2.

По данным табл. 5.2 построить график механической характери­стики электродвигателя со =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетные величины | Значения расчетной величины при скольжении *S,* равном | | | | | | |
| *s„* | *3S„* | *Sm3KC* | 0.4 | 0.65 | 0.85 | 1 |
| *Е* по графику *Е =f(S)* |  |  | *0* |  |  |  |  |
| *а+Е)* |  |  | 1 |  |  |  |  |
| *2Е* |  |  | 0 |  |  |  |  |
| *<2 /* с  ° ' °макс |  |  |  |  |  |  |  |
| С /  '■-’макс ° |  |  |  |  |  |  |  |
| + 5 + *2Е* |  |  |  |  |  |  |  |
| ТЛ/мжсО *+Е)* |  |  |  |  |  |  |  |
| м\_ 2Ммакс(1 + Д)  S' S'  + ^макс\_ + 2Е  ^макс \* |  |  |  |  |  |  |  |
| со = со0(1 -5) |  |  |  |  |  |  |  |

*Таблица 5.2*

Результаты расчета механической характеристики асинхронного электродвигателя

Построить ломаную линию *Е =flS),* как указано на рис. 5.1.

*• к пункту 2 плана занятия.* Электромеханическая характери­стика со *=fil)* асинхронного электродвигателя строится по четырем точкам:

1. сонпри7н;
2. соо при /0;
3. сок при Л:
4. СО = 0 При /пуск

Ток холостого хода (в о. е.) определяется по выражению

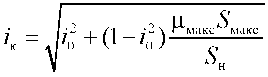
coscpn

=sincpH

Нмакс

(5.8)

+ 711макс “1

Ток при максимальном (критическом) скольжении (в о.е.) опре­деляется по выражению

(5.9)

Номинальный ток /н определяется по формуле

(5.Ю)

х/зЦ, cos срнт|н

Номинальный ток в относительных единицах равен 1. Кратность пускового тока /п в относительных единицах указывается в катало­гах и справочниках (см. табл. 5.1).

Пересчет тока в именованные единицы производится по следую­щим формулам:

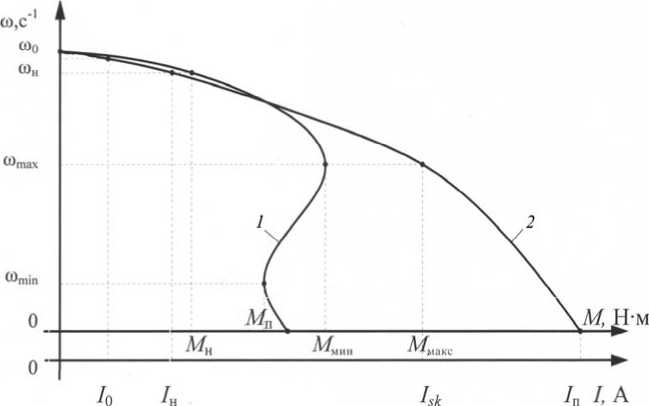
(5.12)

(5.13)

Пересчет скольжений в угловую скорость производится по фор­муле, приведенной в последней строке табл. 5.2.

При токе *In* скольжение равно 0, при токе /, - SH, при токе *Ik -* б'макс, При TOKO /пуск — 1 •

Графики механической и электромеханической характеристик асинхронного трехфазного электродвигателя приведены на рис. 5.2.

Контрольные вопросы:

*Рис. 5.2.* Механическая (7) и электромеханическая (2) характеристики асинхронного трехфазного электродвигателя

1. Постройте график механической характеристики асинхронно­го электродвигателя и укажите на ней 5 характерных точек.
2. Как зависит момент асинхронного электродвигателя от на­пряжения?
3. Постройте график электромеханической характе асинхронного электродвигателя и укажите на ней 4 ха точки.

Практическое занятие № 6

РАСЧЕТ ПУСКОВЫХ РЕЗИСТОРОВ

ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

**Цель занятия:** научиться определять число ступеней и величи­ну сопротивлений пусковых резисторов для асинхронного электро­двигателя с фазным ротором.

**Задача.** На предприятии для привода пилорамы используется асинхронный электродвигатель с фазным ротором. Рассчитать со­противления пусковых резисторов.

Вопросы для самоподготовки:

1. Каким уравнением описывается механическая характеристика асинхронного электродвигателя с фазным ротором?
2. Перечислите преимущества и недостатки асинхронного элек­тродвигателя с фазным ротором.

**Литература.** Чиликин, **М. Г.** Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Технические данные асинхронного электродвигателя с фаз­ным ротором по своему варианту выписать из табл. 6.1.
2. Рассчитать номинальное сопротивление ротора и приведенное к статору сопротивление ротора.
3. Выбрать пределы переключения моментов электродвигателя при пуске и число ступеней пусковых резисторов.
4. Определить сопротивления ступеней пусковых резисторов и электрические сопротивления, включенные в цепи ротора на каж­дой ступени.
5. Построить приближенные пусковые характеристики электро­двигателя (в о.е.).
6. Нарисовать схему включения пусковых резисторов и обозна­чить величины сопротивлений отдельных ступеней.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать из табл. 6.1 технические данные асинхронного электродвигателя с фазным ротором.

*Таблица 6.1*

Технические данные асинхронного электродвигателя с фазным ротором и момента сопротивления рабочей машины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер  электродвигателя | Номинальная мощность Рзном, кВт | Номинальный ток ро­тора /2Н0М, А | Напряжение на кольцах разомкнутого ротора *U2,* В | Кратность критического момента цк, о.е. | Скольжение, 0 о | | Кратность момента сопротивления iiL (в долях от Л/н) |
| номинальное *SH* | критическое У, |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 4AK160S4Y3 | 11,0 | 22 | 305 | 3,0 | 4,4 | 33,0 | 0,50 |
| 2 | 4АК160М4УЗ | 14,0 | 29 | 300 | 3,5 | 3,7 | 32,1 | 0,55 |
| 3 | 4АК180М4УЗ | 18,5 | 38 | 295 | 4,0 | 2,9 | 31,1 | 0,60 |
| 4 | 4АК200М4УЗ | 22,0 | 45 | 340 | 4,0 | 2,5 | 22,0 | 0,65 |
| 5 | 4AK200L4Y3 | 30,0 | 55 | 350 | 4,0 | 2,5 | 22,0 | 0,70 |
| 6 | 4АК225М4УЗ | 37,0 | 160 | 160 | 3,0 | 3,5 | 20,0 | 0,75 |
| 7 | 4AK250SA4Y3 | 45,0 | 170 | 230 | 3,0 | 3,0 | 20,5 | 0,80 |
| 8 | 4AK250SB4Y3 | 55,0 | 170 | 200 | 3,0 | 2,3 | 19,6 | 0,85 |
| 9 | 4АК250М4УЗ | 71,0 | 170 | 250 | 3,0 | 2,5 | 19,5 | 0,90 |
| 10 | 4AK160S6Y3 | 7,5 | 18 | 300 | 3,5 | 5,1 | 30,5 | 0,50 |
| 11 | 4АК160М6УЗ | 10,0 | 20 | 310 | 3,8 | 4,3 | 27,1 | 0,55 |
| 12 | 4АК180М6УЗ | 13,0 | 25 | 325 | 4,0 | 4,4 | 29,1 | 0,60 |
| 13 | 4АК200М6УЗ | 18,5 | 35 | 360 | (3,5 | 13.5 | 27,5 | 0,65 |
| 14 | 4AK200L6Y3 | 22,0 | 45 | 330 | 3,5 | 3,5 | 21,0 | 0,70 |
| 15 | 4АК225М6УЗ | 30,0 | 150 | 140 | 2,5 | 3,5 | 19,5 | 0,75 |
| 16 | 4AK250S6Y3 | 37,0 | 165 | 150 | 2,5 | 3,5 | 18,0 | 0,80 |
| 17 | 4АК250М6УЗ | 45,0 | 16^ | | 180 | 2,5 | 2,5 | 17,0 | 0,85 |
| 18 | 4AK160S8Y3 | 5,5 | 14 i | 300 | 2,5 | 6,4 | 29,0 | 0,90 |
| 19 | 4АК160М8УЗ | 7,1 | 16 | 290 | 3,0 | 5,5 | 23,2 | 0,50 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 44 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 20 | 4АК180М8УЗ | 11,0 | 25 | 270 | > 3,5 | 4,4 | 22.7 | 0.55 |
| 21 | 4АК200М8УЗ | 15.0 | 28 | 360 | 3,0 | 3.5 | 23.0 | 0.60 |
| 22 | 4АК200Е8УЗ | 18.5 | 40 | 300 | 3,0 | 3.5 | 21.5 | 0,65 |
| 23 | 4АК225М8УЗ | 22.0 | 140 | 102 | 2,2 | 4,5 | 19.5 | 0.70 |
| 24 | 4АК25088УЗ | 30.0 | 155 | 125 | 2,2 | 4,0 | 20.0 | 0.75 |
| 25 | 4АК250М8УЗ | 37.0 | 155 | 148 | 2,2 | 3.5 | 18.5 | 0.80 |
| 26 | 4АНК16084УЗ | 14.0 | 27 | 330 | 3,0 | 5.3 | 33,0 | 0.85 |
| 27 | 4АНК160М4УЗ | 17.0 | 34 | 315 | 3,5 | 4.1 | 32.3 | 0.90 |
| 28 | 4АНК18084УЗ | 22.0 | 43 | 300 | 3,2 | 5.2 | 33.0 | 0.50 |
| 29 | 4АНК180М4УЗ | 30.0 | 63 | 290 | 3,2 | 4.1 | 30.4 | 0,55 |
| 30 | 4АНК180М4УЗ | 37.0 | 62 | 380 | 3.0 | 3,0 | 23.0 | 0.60 |

*• к пункту 2 плана занятия.* В цепь ротора, кроме сопротивле­ния самой обмотки ротора, входят сопротивления переходных кон­тактов между кольцами и щетками, сопротивления щеток, замы­кающих ротор проводов, и т. д. Поэтому для практических расчетов следует брать такие исходные данные, которые дают достаточно точные результаты.

Расчет характеристик удобнее вести в относительных единицах. В этом случае можно предположить, что относительное (долевое) со­противление ротора гр равно номинальному скольжению .S',, электро­двигателя:

*О = SH.*

(6.1)

(6.2)

(6.3)

Номинальное сопротивление ротора, Ом:

*„ ; и.*

Расчетное сопротивление ротора, Ом:

*rp=SHRH-*

Приведенное к статору сопротивление ротора, Ом:

«5-»

где Hiн - номинальное напряжение статора, В; *UiH =* 380 В;

*С\ -* коэффициент; *сх* = 1,05.

*• к пункту 3 плана занятия.* Принять, что номинальный мо­мент при переключениях ступеней при пуске составляет ц2 = 1,2цс, где Цс - кратность момента сопротивления (см. табл. 6.1).

Максимальные пики моментов при переключениях выбрать не более 0,85цк, т. е. pi < 0,85цк, но не более pi = 2,5, если цк > 3.

Число ступеней пусковых резисторов:

ьЛ

ц2

Число ступеней приять целым числом (ближайшим целым). По­сле этого уточнить отношение пиков моментов к моментам пере­ключения:

к = *т .* (6.6)

VhHi

Проверить момент минимального переключения:

ll2=V>^' (67)

*к*

Если выражение (6.7) не выполняется, то необходимо выбрать большее число ступеней и повторить расчет.

* *к пункту 4 плана занятия.* Определить сопротивления ступеней (см. рис. 6.1, б) в случае включения их в одинарную звезду:

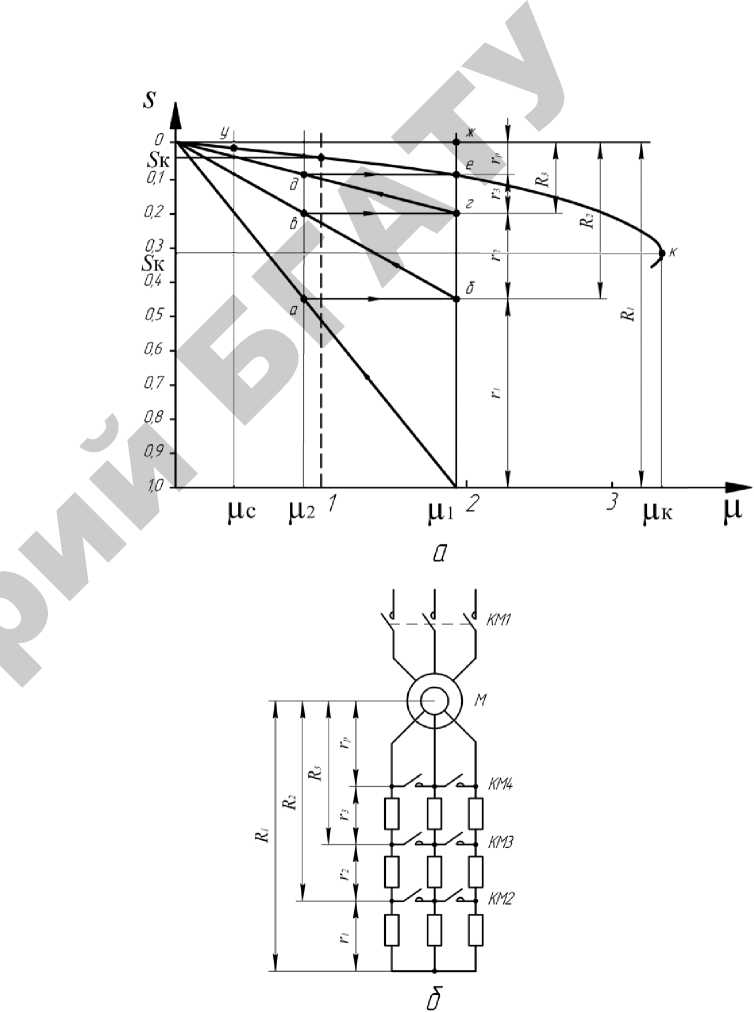
гз =rp(x-!); *r2=rk r\=rk-*

Полные активные сопротивления линий ротора вычисляются по следующим формулам:

*R3 = R-. = Ry.: R1 = R-J..* (6.9)

* *к пункту 5 плана занятия.* Построить приближенные пуско­вые характеристики асинхронного электродвигателя (в относитель­ных единицах), размер рисунка - 100x200 мм.

На вертикальной оси отложить скольжение ротора (рис. 6.1, *а),* а на горизонтальной - моменты цс, щ, цн= 1, Цк, 1Е-



*Рис. 6.1.* Приближенные пусковые характеристики асинхронного электродвигателя с фазным ротором («) и пусковые сопротивления цепи ротора (б)

Линия *оуе -* естественная механическая характеристика электро­двигателя, спрямленная в рабочей части (рис. 6.1, *а).* Найти на плос­кости s-p критическую точку *к* (по значениям .S',, и цк). Провести плавную линию *оуек.*

Провести линию **о—ц,** и в точке пересечения этой линии с лини­ей ц2 получить точку *а.* Из этой точки провести горизонтальную линию *а—б* до пересечения с линией Ц] в точке *б.*

Из точки *б* провести линию *б—о* до пересечения с линией момен­та ц2 в точке в и т. д. В конце построения точка *е* должна попасть на линию момента щ и одновременно быть на естественной механиче­ской характеристике электродвигателя.

Контрольные вопросы:

1. Как строятся графики пусковых механических характеристик асинхронного электродвигателя с фазным ротором?
2. Какие упрощения лежат в основе приближенного расчета со­противления пусковых ступеней?
3. Как определяется номинальное сопротивление обмотки ротора?

Практическое занятие № 7

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

**Цель занятия:** научиться рассчитывать механическую характе­ристику асинхронного электродвигателя при динамическом тормо­жении.

**Задача.** На предприятии в рамках задачи повышения производи­тельности оборудования решено применить динамическое тормо­жение для быстрой остановки асинхронного электропривода. Оп­ределить требуемый ток возбуждения асинхронного электродвига­теля для динамического торможения и рассчитать механическую характеристику при торможении.

Вопросы для самоподготовки:

1. В каких тормозных режимах может работать асинхронный электродвигатель?
2. Объясните преимущества и недостатки динамического тор­можения асинхронных электродвигателей.

Литература.

1. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
2. Голован, А. Т. Основы электропривода : учебник / А. Т. Голо­ван. - Москва-Ленинград : Государственное энергетическое издатель­ство, 1959. - 344 с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 7.1 технические данные асинхронного элек­тродвигателя по своему варианту.
2. Нарисовать схему подключения постоянного тока к обмотке статора электродвигателя и диаграмму магнитодвижущих сил (МДС) (см. рис. 7.1).
3. Определить ток холостого хода электродвигателя в именован­ных и относительных единицах, зная параметры Г-образной схемы замещения электродвигателя (см. табл. 7.1).
4. Определить величину эквивалентного тока и постоянного тока от выпрямителя при динамическом торможении, приняв /экв по дан­ным табл. 7.1.
5. Определить значения максимального момента и максимально­го скольжения при динамическом торможении.
6. Определить значения моментов динамического торможения для различных значений скольжения и построить график механиче­ской характеристики при динамическом торможении.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать из табл. 7.1 технические данные асинхронного электродвигателя по своему варианту. В табл. 7.1 указаны следующие параметры: *Рп-* номинальная мощ­ность, кВт; /н - номинальный ток, A; .S',, - номинальное скольжение, о.е.; ©о \_ угловая синхронная скорость электромагнитного поля, рад/с; Xjj - индуктивное сопротивление намагничивания, Ом; рк - кратность максимального момента, о.е.; .S',, - критическое сколь­жение, о.е.; г/ - приведенное активное сопротивление ротора, Ом;

7ЭКВ- кратность эквивалентного тока, о.е.; Цпуск- кратность пусково­го момента, о.е.; ц„,тн - кратность минимального момента, о.е.

*Таблица 7.1*

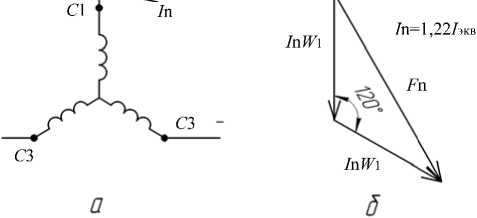
Технические данные и параметры Г-образной схемы замещения асинхронных коротко замкнутых электродвигателей серии 4А

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | *Ря,* кВт | /н, А | S., о.е. | ОЭо, рад/с | Хц, Ом | Цк?  о.е. | о.е. | *Г2’*  Ом | ^ЭКВ?  о.е. | Цпуск, о.е. | Цмин, о.е. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | б" | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 4A71B2Y3 | 1,1 | 2,5 | 0,063 | 314 | 249 | 2,2 | 0,390 | 6,41 | 2,0 | 2,0 | 1,5 |
| 2 | 4A80A2Y3 | 1,5 | 3,3 | 0,042 | 314 | 167 | 2,6 | 0,355 | 3,27 | 2,5 | 2,1 | 1,4 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | < 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 3 | 4A80B2Y3 | 2,2 | 4,6 | 0,043 | 314 | 129 | 2,6 | 0,380 | 2,34 | 3,0 | 2,1 | 1,4 |
| 4 | 4A90L2Y3 | 3,0 | 6,1 | 0,043 | 314 | 122 | 2,5 | 0,325 | 2,05 | 3,5 | 2,1 | 1,6 |
| 5 | 4A100S2Y3 | 4,0 | 7,9 | 0,033 | 314 | 95 | 2,5 | 0,280 | 1,01 | 4,0 | 2,0 | 1,6 |
| 6 | 4A100L2Y3 | 5,5 | 10,5 | 0,034 | 314 | 79,9 | 2,5 | 0,170 | 0,757 | 4,5 | 2,0 | 1,6 |
| 7 | 4A112M2Y3 | 7,5 | 14,8 | 0,025 | 314 | 55,2 | 2,8 | 0,190 | 0,417 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| 8 | 4A132M2Y3 | 11,0 | 21,0 | 0,023 | 314 | 43,9 | 2,8 | 0,120 | 0,241 | 2,5 | 1,7 | 1,5 |
| 9 | 4A160S2Y3 | 15,0 | 28,4 | 0,021 | 314 | 31,0 | 2,2 | 0,125 | 0,171 | 3,0 | 1,4 | 1,0 |
| 10 | 4A160M2Y3 | 18,5 | 34,4 | 0,021 | 314 | 28,8 | 2,2 | 0,125 | 0,141 | 3,5 | 1,4 | 1,0 |
| 11 | 4A80A4Y3 | 1,1 | 2,74 | 0,054 | 157 | 136 | 2,2 | 0,340 | 5,45 | 4,0 | 2,0 | 1,6 |
| 12 | 4A80B4Y3 | 1,5 | 3,56 | 0,058 | 157 | 118 | 2,2 | 0,345 | 4,26 | 4,5 | 2,0 | 1,6 |
| 13 | 4A90L4Y3 | 2,2 | 5,0 | 0,051 | 157 | 92 | 2,4 | 0,330 | 2,63 | 2,0 | 2,1 | 1,6 |
| 14 | 4A100S4Y3 | 3,0 | 6,68 | 0,044 | 157 | 72,5 | 2,4 | 0,310 | 1,75 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |
| 15 | 4A100L4Y3 | 4,0 | 8,60 | 0,046 | 157 | 61,5 | 2,4 | 0,315 | 1,36 | 3,0 | 2,0 | 1,6 |
| 16 | 4A112M4Y3 | 5,5 | 11,5 | 0,036 | 157 | 53,7 | 2,0 | 0,25 | 0,787 | 3,5 | 2,0 | 1,6 |
| 17 | 4A132S4Y3 | 7,5 | 15,1 | 0,029 | 157 | 43,7 | 3,0 | 0,195 | 0,481 | 4,0 | 2,2 | 1,7 |
| 18 | 4A132M4Y3 | 11,0 | 21,9 | 0,028 | 157 | 32,1 | 3,0 | 0,195 | 0,321 | 4,5 | 2,2 | 1,7 |
| 19 | 4A160S4Y3 | 15,0 | 29,2 | 0,023 | 157 | 30,2 | 2,3 | 0,16 | 0,188 | 2,0 | 1,4 | 1,0 |
| 20 | 4A160M4Y3 | 18,5 | 35,6 | 0,022 | 157 | 26,6 | 2,3 | 0,16 | 0,148 | 2,5 | 1,4 | 1,0 |
| 21 | 4A80B6Y3 | 1,1 | 3,0 | 0,080 | 104,7 | 116 | 2,2 | 0,38 | 7,95 | 3,0 | 2,0 | 1,6 |
| 22 | 4A90L6Y3 | 1,5 | 4,0 | 0,064 | 104,7 | 96,7 | 2,2 | 0,31 | 4,73 | 3,5 | 2,0 | 1,7 |
| 23 | 4A100L6Y3 | 2,2 | 5,6 | 0,051 | 104,7 | 74,1 | 2,2 | 0,25 | 2,61 | 4,0 | 2,0 | 1,6 |
| 24 | 4A112MA6Y3 | 3,0 | 7,4 | 0,047 | 104,7 | 56,6 | 2,5 | 0,37 | 1,88 | 4,5 | 2,0 | 1,8 |
| 25 | 4A112MB6Y3 | 4,0 | 9,1 | 0,051 | 104,7 | 48,2 | 2,5 | 0,38 | 1,49 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| 26 | 4A132S6Y3 | 5,5 | 12,3 | 0,033 | 104,7 | 34,1 | 2,5 | 0,36 | 0,736 | 2,5 | 2,0 | 1,8 |
| 27 | 4A132M6Y3 | 7,5 | 16,4 | 0,032 | 104,7 | 28,2 | 2,5 | 0,26 | 0,536 | 3,0 | 2,0 | 1,8 |
| 28 | 4A160S6Y3 | 11,0 | 22,5 | 0,027 | 104,7 | 29,3 | 2,0 | 0,15 | 0,293 | 3,5 | 1,2 | 1,0 |
| 29 | 4A160M6Y3 | 15,0 | 29,9 | 0,026 | 104,7 | 22,1 | 2,0 | 0,14 | 0,206 | 4,0 | 1,2 | 1,0 |
| 30 | 4A180M6Y3 | 18,5 | 36,6 | 0,024 | 104,7 | 17,4 | 2,0 | 0,135 | 0,156 | 4,5 | 1,2 | 1,0 |

*Примечание.* = 220 В.

*• к пункту 2 плана занятия.* Нарисовать схему подключения постоянного тока к обмотке статора электродвигателя и диаграмму МДС (рис. 7.1).



*Рис. 7.1.* Схема подключения постоянного тока

к обмотке статора электродвигателя («) и диаграмма МДС (б)

*• к пункту 3 плана занятия.* Ток холостого хода электродвига­теля, А:

(7.1)

хц

где хц - из табл. 7.1.

Ток холостого хода электродвигателя, о.е.:

*i = ——*

(7.2)

*0 I*

7Н

*к пункту 4 задания.* Определить эквивалентный ток, А:

экв гэкв и

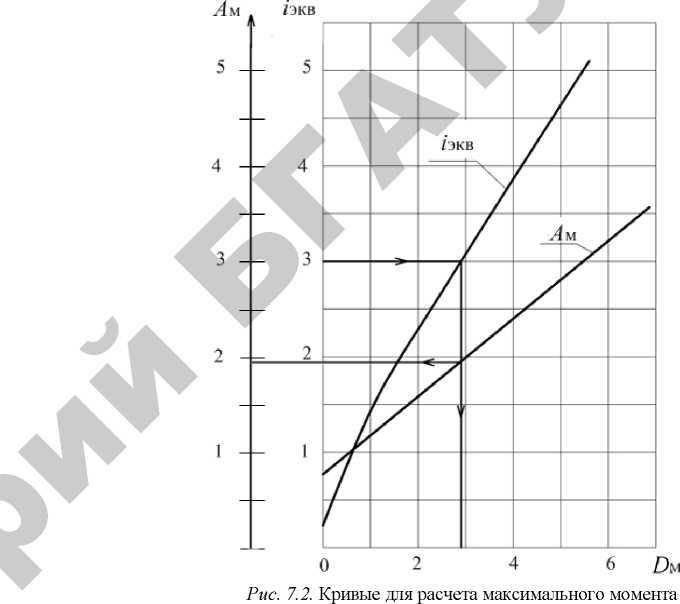
Постоянный ток, протекающий по обмоткам электродвигателя при динамическом торможении:

*I* = 1 227

(7.4)

ПОСТ ’ ЭКВ■

*• к пункту 5 задания.* Пользуясь рис. 7.2, определить параметры *А,,* и Для этого отложить значение эквивалентного тока (в относи­тельных единицах) по вертикальной оси и провести горизонтальную линию до пересечения с линией эквивалентного тока в точке *а.* С точ­ки *а* опустить перпендикуляр на ось !),, Записать значение *DM.* Пер­пендикуляр из точки *а* пересекает линию *Ам* в точке *б.* Из точки *б* про­вести горизонтальную линию на ось *Ам.* Записать значение *Ам.*



и соответствующего скольжения при динамическом торможении асинхронного электродвигателя

После этого найти значения максимального момента *Мы* и мак­симального скольжения .S\, по следующим формулам:

*31 U*

(7.5)

®о

S =^Лм. (7.6)

^1Ф

*• к пункту 6 плана занятия.* Задав значения скольжения .S', от 0 до 1, определить момент при динамическом торможении по формуле

*М= ,2Мм , .* (7.7)

sT/sM+sM/sT

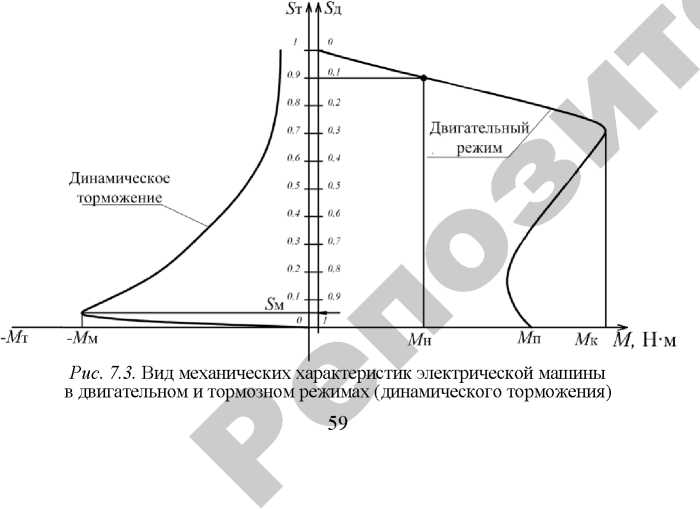
Значения скольжения в режиме торможения рекомендуется за­давать согласно табл. 7.2.

*Таблица 7.2*

Результаты расчетов механической характеристики асинхронного электродвигателя при динамическом торможении

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетная формула | Параметры при скольжении <S’T | | | | | | |
| 0,5SM = | SM= | 2S„ = | 4SM — | 8S„ = | 16SM= | 1 |
| *sJsM* | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |  |
| *sJsT* | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,0625 |  |
| *sJsM+sM/sT* | 2,5 | 2 | 2,5 | 4,25 | 8,125 | 16,0625 |  |
| *2М*  *=~1 ^Т~*  *sJsM+sJsT* |  |  |  |  |  |  |  |

По результатам табл. 7.2 построить зависимость .S', = как показано на рис. 7.3. На этом же рисунке изобразить механическую характеристику электрической машины в двигательном режиме.



Построение графика механической характеристики электриче­ской машины в двигательном режиме выполнить по 5 точкам:

1. АГД = 0 при 5Д = 0;
2. *М* = /Ц, = = —Рн при 5Д = SH;

®н ЮоО-^н)

1. Л/д *=МК =* цкА7н при 5Д = *SH* (см. табл. 7.1);
2. А/д AfMIIH pMIIHA7H при 3\*д б\*мин 0,85,
3. А/д А/пуСК ЦпускАТн при 5Д 1.

Контрольные вопросы:

1. Нарисуйте несколько вариантов включения обмоток электро­двигателя в цепь постоянного тока при динамическом торможении.
2. Постройте графики механических характеристик электродви­гателя в режиме динамического торможения при разных токах воз­буждения.
3. Как соотносятся между собой критическое скольжение элек- тродвигательного режима и максимальное скольжение при динами­ческом торможении?

Практическое занятие № 8

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ТОКА И ПОСТРОЕНИЕ ИХ ГРАФИКОВ

**Цель занятия:** научиться рассчитывать механические характе­ристики асинхронного электродвигателя при регулировании скоро­сти вращения частотой тока и строить их графики.

**Задача.** На предприятии приобрели преобразователь частоты для электропривода дозатора кормораздатчика. Рассчитать механи­ческие характеристики при частотном регулировании скорости и управлении напряжением по закону и построить их графики.

**Вопросы для самоподготовки:**

1. Почему при изменении частоты тока требуется изменять на­пряжение питания асинхронного электродвигателя?
2. Какие преобразователи частоты (по виду преобразования энергии) встречаются в электроприводе?

**Литература.** Фираго, Б. И. Теория электропривода : учебное по­собие / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлечик. - 2-е изд. - Мн. : Технопер­спектива, 2007. - 585 с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 8.1 технические данные асинхронного элек­тродвигателя по своему варианту.
2. Определить для заданного электродвигателя номинальный момент

Мом, критический момент Мк, номинальную угловую скорость сЩои, критическое скольжение 5К, критическую угловую скорость сок.

1. Рассчитать естественную механическую характеристику асин-
2. Рассчитать искусственную механическую характеристику асин­хронного электродвигателя при частоте тока *f=* 40 Гц и *f=* 30 Гц и законе изменения напряжения *UI f =* const.
3. Построить на одном графике естественную механическую ха­рактеристику и искусственные механические характеристики.

Методические указания:

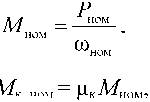
*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать из табл. 8.1 технические данные асинхронного электродвигателя.

*Таблица 8.1*

Технические данные асинхронных электродвигателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность  *Р*ном кВт | Номинальное скольжение ^ном, % | Кратность критического момента цк, о.е. |
| 1 | АИР132М2 | 11 | 3,0 | 2,2 |
| 2 | AHP160S2 | 15 | 3,0 | 2,7 |
| 3 | АИР160М2 | 18,5 | 3,0 | 2,7 |
| 4 | AHP180S2 | 22 | 2,7 | 2,7 |
| 5 | АИР180М2 | 30 | 2,5 | 3,0 |
| 6 | АИР200М2 | 37 | 2,0 | 2,8 |
| 7 | AHP200S2 | 45 | 2,0 | 2,8 |
| 8 | АИР225М2 | 55 | 2,0 | 2,6 |
| 9 | AHP250S2 | 75 | 2,0 | 3,0 |
| 10 | АИР250М2 | 90 | 2,0 | 3,0 |
| 11 | AHP132S4 | 7,5 | 4,0 | 2,5 |
| 12 | АИР132М4 | 11 | 3,5 | 2,7 |
| 13 | AHP160S4 | 15 | 3,0 | 2,9 |
| 14 | АИР160М4 | 18,5 | 3,0 | 2,9 |
| 15 | AHP180S4 | 22 | 2,5 | 2,4 |
| 16 | АИР180М4 | 30 | 2,0 | 2,7 |
| 17 | АИР200М4 | 37 | 2,0 | 2,7 |
| 18 | AHP200L4 | 45 | 2,0 | 2,7 |
| 19 | АИР225М4 | 55 | 2,0 | 2,6 |
| 20 | AHP250L4 | 75 | 1,5 | 2,5 |
| 21 | AHP132S6 | 5,5 | 4,0 | 2,2 |
| 22 | АИР132М6 | 7,5 | 4,0 | 2,2 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность  *Р*ном, кВт | Номинальное скольжение с % '-’ном, | Кратность критического момента цк, о.е. |
| 23 | AHP160S6 | 11 | 3,0 | 2,7 |
| 24 | АИР160М6 | 15 | 3,0 | 2,7 |
| 25 | АИР180М6 | 18,5 | 2,0 | 2,4 |
| 26 | АИР200М6 | 22 | 2,0 | 2,4 |
| 27 | AHP200L6 | 30 | 2,5 | 2,4 |
| 28 | АИР225М6 | 37 | 2,0 | 2,3 |
| 29 | AHP250S6 | 45 | 2,0 | 2,3 |
| 30 | АИР250М6 | 55 | 2,0 | 2,3 |

*• к пункту 2 плана занятия.* Моменты электродвигателя на ес­тественной механической характеристике определить по следую­щим формулам:

■к. ном

(8.1)

(8.2)

где /',, - номинальная мощность, Вт.

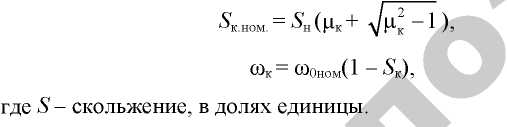
Номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с:

®ном ®0ном (1 [[2]](#footnote-2)8\*ном) •

(8.3)

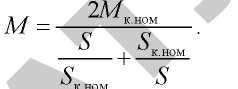
Двухполюсные электродвигатели имеют С0оном= 314 рад/с, четы­рехполюсные - С0оном= 157 рад/с, шестиполюсные - С0оном= 104,5 рад/с.

Критическое скольжение и критическая угловая скорость на ес­тественной механической характеристике:



(8.4)

(8.5)



(8.6)

Для удобства расчеты записать по форме табл. 8.2.

*Таблица 8.2*

Расчет естественной механической характеристики асинхронного электродвигателя при *f=* 50 Гц

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значения параметра при скольжении *S,* равном | | | | | | | |
| 0 | с =  ‘-’ном | ДО =  -“-’ном | Sk = | 2SK = | 3SK = | 4SK = | 1 |
| *S/S...* |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *S..JS* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *М*по формуле (8.6) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 03 03оном(1 — $) |  |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 4 плана занятия.* Искусственную механическую ха­рактеристику при новой частоте/рассчитать по формуле

2М у“  
Д *А*  к.ном *I*

(8.7)

*~ ys*

^к.ном *У$*

где у - коэффициент, показывающий отношение новой частоты то­ка к частоте 50 Гц, у =/50;

а - показатель степени изменения момента сопротивления ра­бочей машины в зависимости от ее скорости вращения.

Для кормораздатчика а = 0. В этом случае у0 = 0,8° = 1 и форму­ла (8.7) при частоте тока 40 Гц будет иметь следующий вид:

• <8-8)

1 к.ном

0,85

К. НОМ

Для удобства записать расчет по форме табл. 8.3, где CDo.ao = 0,8сооном.

*Таблица 8.3*

Расчет механической характеристики при *f=* 40 Гц (у = 0,8) и а = 0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Значения параметра при скольжении *S,* равном | | | | | | | |
| 0 | 'S'hom | ЗХ™- | SK= | 2SK= | 3SK= | 4SK= | 1 |
| *o,ss/s,„* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <W/\rol + /0,8х |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2^к.ном |  | | | | | | | |
| *2М*  к. ном |  |  |  |  |  |  |  |  |
| " IW/S,,,, +s;„/o,ss |
| ю = ю040(1-5) |  |  |  |  |  |  |  |  |

При частоте тока 30 Гц коэффициент у = 0,6 и а = 0. Расчетная формула для момента имеет вид

к .ном

(8.9)

0,65 ! 5КН0М

\.ном 0,65

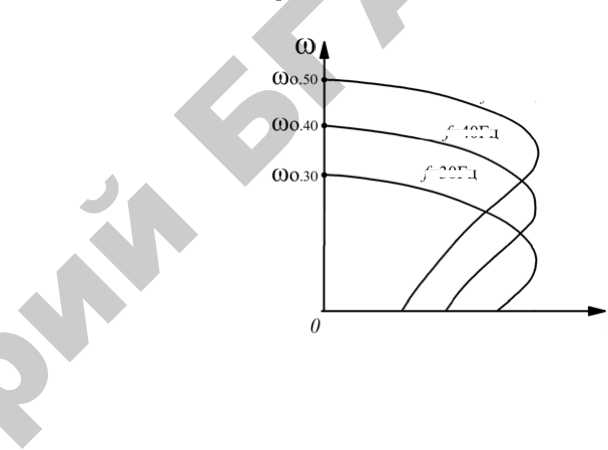
Записать расчет по форме табл. 8.4, где со0.зо= О,6со0ном.

*Таблица 8.4*

Расчет механической характеристики при *f=* 30 Гц (у = 0,6) и а = 0

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Значения параметра при скольжении *S,* равном | | | | | | | |
| 0 | *S„=* | *3SH=* | *SK=* | *2SK=* | *3SK=* | *4SK=>* | 1 |
| 0,65/ SKHOM |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ♦^К.ном/ 0,65 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,65/5к.ном + 5к.ном/0,65' |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2A^HOM |  | | | | | | | |
| ^^K.HOM |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *0,6S/Skhom+Skhom/0,6S* |
| ® = “o,3o(1-5) |  |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 5 плана занятия.* Построить механические характери­стики при частотном регулировании скорости асинхронного электро­двигателя для случая а = 0 на одном графике с естественной характе­ристикой. Размер рисунка для графиков - не менее 150x150 мм. При­мерный вид механических характеристик электродвигателя при ре­гулировании скорости частотой тока приведен на рис. 8.1.

Контрольные вопросы:

**/=50Гц**

**/=40Гц**

**/=30Гц**

*М*

*Рис. 8.1.* Вид механических характеристик асинхронного электродвигателя при регулировании скорости вращения частотой тока при *UIf =* const

1. Каким уравнением описываются механические характеристи­ки при частотном регулировании скорости?
2. Как изменяется синхронная скорость при регулировании час­тоты тока?
3. Постройте графики искусственных механических стик при управлении напряжением преобразователя *и/ f =* const .
4. Постройте графики искусственных механических стик при управлении напряжением преобразователя *и! f2 =* const.

характери- по закону

характери- по закону

Практическое занятие № 9

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**Цель занятия:** научиться рассчитывать продолжительность пуска электропривода и строить кривую изменения скорости элек­тропривода при пуске.

**Задача.** Рассчитать продолжительность пуска электродвигателя, полученную аналитическим методом, и сравнить ее со значением, полученным графоаналитическим методом.

Вопросы для самоподготовки:

1. Запишите основное уравнение движения электропривода.
2. От каких параметров зависит время пуска электропривода?

**Литература.** Фоменков, А. П. Электропривод сельскохозяйст­венных машин, агрегатов и поточных линий : учебник / А. П. Фо­менков. - Москва : Колос, 1984. - 288 с.

План занятия:

1. Выписать технические данные электродвигателя из табл. 9.1 по своему варианту. Выписать исходные данные рабочей машины: приведенный момент сопротивления *Мс;* приведенный момент инерции ./||р,
2. Построить график естественной механической характеристики электродвигателя.
3. Построить на том же графике механическую характеристику рабочей машины, приведенную к валу электродвигателя.
4. Рассчитать продолжительность пуска электродвигателя по формуле (9.1).
5. Построить кривую изменения скорости электродвигателя при пуске.
6. По построенному графику определить время пуска.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана нии* электродвигателя из табл. 9.1.

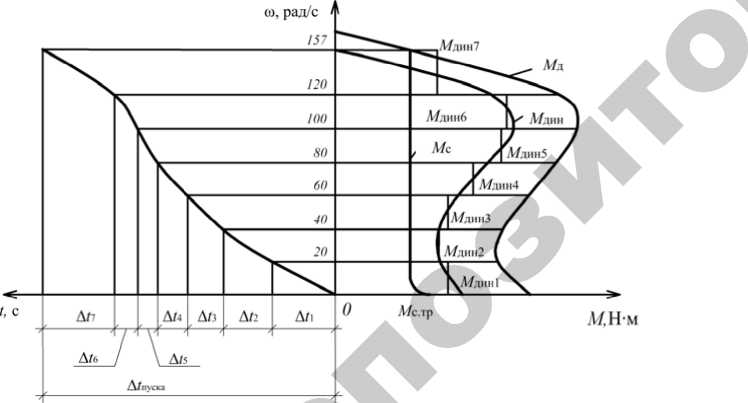
[писать технические данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Электродвигатель | | | | | | Рабочая машина | |
| S  Он о с  н | Номинальная мощность Т’н, кВт | Номинальная угловая скорость сон, рад/с | Кратность момента, о.е. | | | Приведенный  момент сопротивле­ниям,, Н-м | Приведенный момент инерции 7„р,  кг-м2 |
| пускового  Цпуск | О  о  о  F  S   1. | 2. 1 | минимального  Цмин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 4,1 | 0,0748 |
| 2 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,1 | 0,0898 |
| ►з | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,3 | 0,1063 |
| 4 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 6,0 | 0,1205 |
| 5 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 8,8 | 0,1502 |
| 6 | АИР71А4 | 0,55 | 142,5 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 3,1 | 0,0829 |
| 7 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 4,8 | 0,0999 |
| 8 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 7,1 | 0,1448 |
| 9 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 10,1 | 0,1817 |
| 10 | AHP90L4 | 2,2 | 146,5 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 14,1 | 0,2388 |
| 11 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 17,1 | 0,3687 |
| 12 | AHP90L4 | 2,2 | 146,5 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 13,2 | 0,2906 |
| 13 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 8,9 | 0,2022 |
| 14 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 7,2 | 0,1693 |
| 15 | АИР71В4 | 0,75 | 141,8 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 5,2 | 0,2899 |
| 16 | АИР80А4 | 1,1 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 7,1 | 0,1923 |
| 17 | АИР80В4 | 1,5 | 146,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 8,8 | 0,2363 |
| 18 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 16,2 | 0,3794 |
| 19 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 20,0 | 0,4300 |
| 20 | AHP100L4 | 4 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 23,7 | 1,4973 |
| 21 | AHP100S4 | 3 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 17,2 | 0,7920 |
| 22 | AHP100L4 | 4 | 148,1 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 22,7 | 0,9997 |

*Таблица 9.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 23 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 32,3 | 1.0812 |
| 24 | АИР112М4 | 5,5 | 150,4 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 36,8 | 1.2480 |
| 25 | AHP132S4 | 7,5 | 151,2 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 43,6 | 1.0847 |
| 26 | AHP160S4 | 15 | 152,8 | 1,9 | 2,9 | 1,8 | 83,4 | 1.5208 |
| 27 | AHP180S4 | 22 | 153,6 | 1,7 | 2,4 | 1,5 | 145,0 | 2.0852 |
| 28 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 193,7 | 2.2173 |
| 29 | АИР180М4 | 30 | 154,4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 156,7 | 1.7142 |
| 30 | AHP132S4 | 7,5 | 151.2 | 2.0 | 2.5 | 1.6 | 40,7 | 0.8939 |

Выписать исходные данные рабочей машины: приведенный мо­мент сопротивления *Мс,* приведенный момент инерции ./||р, Исход­ные данные электродвигателя в этой задаче такие же, как и в задаче практического занятия № 5.

*• к пункту 2 плана занятия.* Механическую характеристику электродвигателя следует строить по данным, взятым из занятия №5 (табл. 5.2, строки момента и скорости). Построение выполнить по образцу рис. 9.1. Размер рисунка - не менее 150x150 мм.

*Рис. 9.1.* Построение кривой изменения скорости электродвигателя при пуске

*• к пункту 3 плана занятия.* Принять, что электродвигатель приводит в движение транспортер. Механическую характеристику транспортера построить по уравнению *Мс =* const. Значение *Мс* взять из табл. 9.1. Транспортер имеет момент трогания *Мстр=* 1,3*Мс* (рис. 9.1).

*• к пункту 4 плана занятия.* Продолжительность пуска асин­хронного электродвигателя можно определить по формуле

(Ч-О’

(9.1)

тивный момент электродвигателя, определяется по формуле (9.2), Н-м;

гдеМ-

приведенный к валу электродвигателя момент сопротив­ления рабочей машины, Н-м;

* номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с;
* приведенный к валу электродвигателя момент инерции вращающихся частей электропривода, кг-м2.

Эффективный момент электродвигателя при пуске определяется по формуле где 7ИК- критический момент электродвигателя, Н-м;

*М =*

э (0,25 + 1,552) ’

(9.2)

,S',, - критическое скольжение ротора электродвигателя, о. е. (см. табл. 5.2, 5max = 5К).

*• к пункту 5 плана занятия.* Для построения кривой изменения скорости электропривода при пуске необходимо выполнить пункты 2-4 плана занятия. Сначала в правой части графика следует по­строить механическую характеристику электродвигателя. В том же масштабе построить механическую характеристику рабочей маши­ны. Далее линию скорости разбить на участки через Асо = 20 рад/с и провести горизонтальные линии. На каждом участке скорости найти значения /ИД1Ш, отнимая (в каждой точке скорости) от момента элек­тродвигателя момент сопротивления рабочей машины. Затем нужно

построить кривую изменения избыточного момента. На каждом уча­стке скорости принять Л/дин = const. Таким образом, получим лома­ную ступенчатую линию динамического момента (рис. 9.1).

Замерить и записать значения Асо, иЛ/Д1Ш, по форме табл. 9.2 для каждого участка скорости.

*Таблица 9.2*

Расчетные значения приращения скорости

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значения на участках | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Асо, рад/с |  |  |  |  |  |  |  |
| -^дин? Н‘М |  |  |  |  |  |  |  |
| At, с |  |  |  |  |  |  |  |

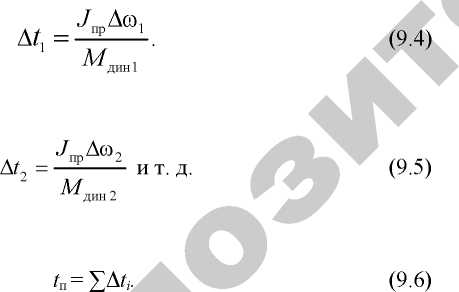
Время изменения скорости на любом участке равно

Чин, ’

где Асо, - изменение скорости на участке *г,* рад/с;

А/цпн, - динамический момент на участке /, Нм.

Например, на участке / = 1:



На участке *г=* 2:

Общее время пуска:

Сравнить время, полученное путем аналитического расчета (по формуле (9.1)), и время, полученное графоаналитическим рас­четом.

Графоаналитический расчет является более точным, если его выполнить аккуратно и разбить скорость на малые участки.

Контрольные вопросы:

1. По какой формуле определяется продолжительность пуска асинхронного электродвигателя?
2. Как определяется динамический момент электродвигателя?
3. Как определяется время пуска асинхронного электродвигателя



Практическое занятие № 10

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

**Цель занятия:** освоить методику расчета энергетических пока­зателей асинхронного электродвигателя при разных нагрузках на валу.

**Задача.** Для заданного электродвигателя рассчитать изменение основных энергетических показателей в функции нагрузки на валу и построить его график. Определить параметры холостого хода и отношение постоянных потерь к переменным.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие потери мощности в асинхронном электродвигателе су­ществуют?
2. От каких параметров зависят переменные потери мощности в асинхронном электродвигателе?

Литература:

1. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981 - 576 с.
2. Кузнецов, Б. В. Асинхронные электродвигатели и аппараты управления : справочное пособие / Б. В. Кузнецов, М. Ф. Сацукевич. - Минск : Беларусь, 1982. - 222 с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 10.1 технические : двигателя по своему варианту.

:ристики электро-

1. Определить и построить зависимости: т| = /ДР2); АР= £(Р2); *Pi =* где т] - КПД электродвигателя, о.е.; Р2 - мощность на валу электродвигателя, кВт; *Р^ -* потребляемая из сети мощность, кВт; АР - потери мощности в электродвигателе, кВт.
2. Построить зависимость coscp = /д/У-
3. Определить и построить зависимость *О = ]\(РУ* где *О -* по­требляемая из сети реактивная мощность, кВ Ар.
4. Определить параметры холостого хода электродвигателя: ре­активную мощность <90; ток /0; потери мощности АР0; коэффициент мощности coscpo.
5. Определить отношение постоянных потерь в электродвигате­ле к переменным.
6. Записать выводы, свидетельствующие об изменении парамет­ров электродвигателя от изменения нагрузки на валу: т| = *f\(PPy, \Р =/2(Р2)-,Р]=/2(Р2)-,йо^=/4{РУ,О = ^(Р2).*

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Записать вариант, тип электро­двигателя, его номинальную мощность, номинальный КПД и но­минальный коэффициент мощности из табл. 10.1 по форме табл. 10.2. Номинальные значения электродвигателя соответству­ют коэффициенту нагрузки 1,00.

*Таблица 10.1*

Значения КПД и коэффициента мощности электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер элек­тродвигателя | Номинальная мощность *Р№* кВт | КПД ц, %, при коэффициенте нагрузки | | | | | Коэффициент мощности cosip, о.е., при коэффициенте на­грузки | | | | | Частота враще­ния т?ном, мин-1 |
| 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 4А132М2УЗ | 11,0 | 80,0 | 87,0 | 88,0 | 87,0 | 65,0 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 2900 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15,0 | 80,0 | 86,5 | 88,0 | 88,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 2940 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18,5 | 82,0 | 87,5 | 88,5 | 88,5 | 87,0 | 0,72 | 0,86 | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 2940 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22,0 | 79,0 | 86,0 | 88,5 | 88,5 | 88,0 | 0,65 | 0,82 | 0,86 | 0,91 | 0,92 | 2945 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30,0 | 82,0 | 88,5 | 90,5 | 90,5 | 89,0 | 0,66 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 2945 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37,0 | 81,0 | 87,5 | 90,0 | 90,0 | 89,5 | 0,67 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 2945 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45,0 | 83,0 | 89,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,71 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 2945 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55,0 | 82,5 | 89,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,78 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 2945 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75,0 | 75,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 0,71 | 0,84 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 2960 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 92,0 | 92,0 | 91,5 | 0,71 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 2960 |
| 11 | 4А132М4УЗ | 11,0 | 80,0 | 86,0 | 88,0 | 87,5 | 87,0 | 0,55 | 0,75 | 0,84 | 0,87 | 0,88 | 1460 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15,0 | 86,0 | 89,5 | 89,5 | 88,5 | 86,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 1465 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18,5 | 87,5 | 90,5 | 90,5 | 89,5 | 87,5 | 0,66 | 0,82 | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 1465 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22,0 | 85,5 | 89,5 | 90,0 | 90,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,89 | 1470 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 89,0 | 0,66 | 0,83 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 1470 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,67 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1475 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,0 | 91,0 | 0,69 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1475 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,5 | 91,5 | 0,68 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1480 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75,0 | 88,5 | 92,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 0,69 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 1480 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90,0 | 89,0 | 92,5 | 93,0 | 93,0 | 92,0 | 0,73 | 0,87 | 0,90 | 0,91 | 0,90 | 1480 |
| 21 | 4A160S6Y3 | 11,0 | 83,5 | 87,5 | 87,5 | 86,0 | 83,5 | 0,54 | 0,75 | 0,83 | 0,86 | 0,87 | 975 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15,0 | 85,0 | 88,5 | 88,5 | 87,5 | 85,0 | 0,55 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 975 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18,5 | 85,0 | 89,0 | 89,0 | 88,0 | 86,0 | 0,54 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 975 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22,0 | 87,5 | 91,0 | 91,0 | 90,0 | 88,0 | 0,68 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 975 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 89,0 | 0,64 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 980 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,0 | 89,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 980 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,64 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 985 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55,0 | 88,0 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,60 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,89 | 985 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75,0 | 90,0 | 92,5 | 92,0 | 92,0 | 90,0 | 0,70 | 0,85 | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 985 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90,0 | 90,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 91,0 | 0,67 | 0,83 | 0,87 | 0,89 | 0,88 | 985 |

*Таблица*

Исходные данные и результаты расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № нагрузки | Параметры | | | | | | | |
| Коэффициент нагрузки -^наг, 0-6. | КПД т), о.е. | Коэффициент  МОЩНОСТИ COS(p, о.е. | Мощность на валу *Р2,* кВт | Мощность потребляемая кВт | Потери мощно­сти ДР, кВт | Реактивная мощ­ность *Q,* кВАр | Параметры холостого хода |
| 1 | 0,125 |  |  |  |  |  |  | АР0 =  <2о=  *10=*  COS(po =  Коэффициент *а =* |
| 2 | 0,250 |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 0,500 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 0,750 |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 1,000 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 1,250 |  |  |  |  |  |  |

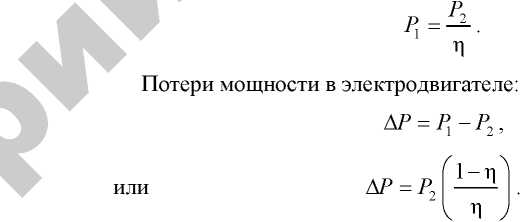
*• к пункту 2 плана занятия.* Для коэффициента нагрузки *Ктт=* 0,125 КПД электродвигателя вычислить по формуле

П0.125 = Tir л к ’ (Ю.1)

1 + | I (а/^наг) + ^наг

I Пн J 1 + «

где т|н - номинальный КПД электродвигателя, соответствует *KmT=* 1; а - коэффициент потерь; а » 0,5-0,7; принять а = 0,6;

ент нагрузки:

Потребляемую из сети мощность определяют по формуле

(Ю.2)

(Ю.З)

(Ю.4)

(Ю.5)

По формуле (10.1) может быть определен коэффициент полезно­го действия при любой нагрузке на валу.

Расчеты выполнить для шести нагрузок на валу.

Построить график *=/з(Р2).*

* *к пункту 3 плана занятия.* Зависимость coscp = /ДТП) постро­ить по данным табл. 10.1.

Для *Ктт =* 0,125 коэффициент мощности coscp не определять.

* *к пункту 4 плана занятия.* Реактивная мощность:

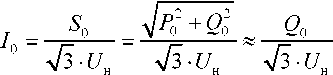
O = W, (10.6)

где cp = arccoscp. (10.7)

76

*• к пункту 5 плана занятия.* Параметры холостого хода элек­тродвигателя определяются графически. Для этого графики АР = /ДР2), coscp = Д(Рз), *Q =* продлевают до пересечения с вертикальной осью координат, которая соответствует нулевой мощности на валу. Таким образом находят АР», coscp» и *О0.*

Ток холостого хода:



где *UH -* номинальное линейное напряжение, В.

Поскольку *О о » Ро,* то приближенно в формуле (10.8) принято

5» «О».

Коэффициент мощности:

(Ю.9)

*• к пункту 6 плана занятия.* Отношение постоянных потерь к переменным определяется отношением

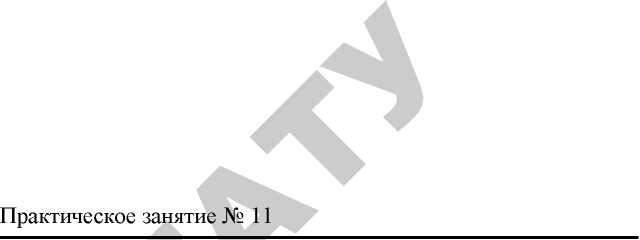


Постоянные потери АРП0Ст принимаются равными потерям холо­стого хода, а переменные АРпер определяются по формуле (10.5).

На графике Pi *=fi(P2)* показать потери АРП0СТ = АР» и АРН Наг (при номинальной нагрузке). Результаты расчетов (АР», *Qo, Io,* coscp», а) записать по форме табл. 10.2.

Контрольные вопросы:

1. По каким формулам определяются потери мощности в статоре и в роторе асинхронного электродвигателя?
2. От каких параметров зависят переменные потери мощности в асинхронном электродвигателе?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается реактивная мощность.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается коэффициент потерь а.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО

КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЗАМЕНЫ ЕГО МЕНЬШИМ ПО МОЩНОСТИ

**Цель занятия:** освоить методику определения оптимального коэффициента нагрузки асинхронного электродвигателя и целесо­образности его замены меньшим по мощности.

**Задача.** Для выбранного на практическом занятии №10 электро­двигателя определить оптимальный коэффициент нагрузки, целе­сообразность замены электродвигателя меньшим по мощности при нагрузке электродвигателя 50 % от номинальной.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие составляющие имеет мощность холостого хода?
2. Объясните понятие «коэффициент мощности»?
3. Как рассчитать реактивную мощность, если известна активная мощность и coscp?

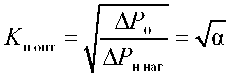
**Литература.** Кузнецов, **Б. В.** Асинхронные электродвигатели и аппараты управления : справочное пособие / Б. В. Кузнецов, М. Ф. Сацукевич. - Минск : Беларусь, 1982. - 222 с.

План занятия:

Для выбранного на практическом занятии №10 электродвига­теля определить:

1. Оптимальный коэффициент нагрузки без учета коэффициента потерь в электрической сети.
2. Оптимальный коэффициент нагрузки с учетом коэффициента потерь в электрической сети.
3. Целесообразность замены электродвигателя меньшим по мощности при нагрузке электродвигателя 50 % от номинальной.

Методические указания

*• к пункту 1 плана занятия.* Коэффициент нагрузки, при кото­ром КПД электродвигателя достигает максимального значения, со­ответствует условию: постоянные потери равны переменным, и оп­ределяется по формуле где АР0 - потери холостого хода (постоянные), Вт;

(И.1)

АРН наг - потери номинальные нагрузочные (переменные), Вт;

а - отношение постоянных потерь к переменным (см. форму­лу (10.10)).

*• к пункту 2 плана занятия.* Оптимальный коэффициент на­грузки с учетом потерь энергии в распределительной сети опреде­ляется по формуле

*К* = I ^о+^э.п^о ,112ч

НОПТ’^ннаг+^П(а-2о)’

гдеХэ.п- коэффициент электрических потерь в сети от реактивной мощности; Кэп= 0,15 кВт/кВ Ар [2];

*О0 -* потребляемая реактивная мощность при холостом ходе, кВАр;

Он - потребляемая реактивная мощность при номинальной на­грузке, кВ Ар.

*О о* и *Он* взять из табл. 10.2.

*• к пункту 3 плана занятия.* Замена электродвигателя меньшим по мощности целесообразна, если выполняется условие где индекс «0,5» означает потери старого электродвигателя при на­грузке 50 % (см. табл. 10.2).

сум.нов сум.стар0,5?

(И.З)

Суммарные потери активной мощности в электродвигателе и энергосистеме определяются по формуле

АЛум = +

Г / \ Л (II-4)

+^п[20(1-Сг)+СА]-

Выбрать из табл. 11.1 электродвигатели, мощность которых со­ответствует следующему условию:

*Р >0,5Р .* (11.5)

н.нов ’ н.стар v '

Этому условию могут соответствовать один или два электродви­

гателя.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| та  S  та  m | г  1ипоразмер электродвига­теля | Номинальная мощность Р№ кВт | КПД электродвигателя тр %, при коэффициенте нагрузки | | | | | Коэффициент мощности cosip при коэффициенте нагрузки | | | | | Частота вращения иНом, мин 1 |
| 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| — | 4A100S2Y3 | 4,0 | 80,0 | 86,0 | 87,0 | 86,5 | 85,0 | 0,60 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,90 | 2880 |
| — | 4A100L2Y3 | 5,5 | 82,5 | 87,5 | 88,0 | 87,5 | 80,0 | 0,65 | 0,83 | 0,88 | 0,91 | 0,91 | 2880 |
| — | 4А112М2УЗ | 7,5 | 78,0 | 85,5 | 87,5 | 87,5 | 86,5 | 0,56 | 0,74 | 0,83 | 0,88 | 0,89 | 2900 |
| 1 | 4А132М2УЗ | 11,0 | 80,0 | 87,0 | 88,0 | 87,0 | 65,0 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 2900 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15,0 | 80,0 | 86,5 | 88,0 | 88,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 2940 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18,5 | 82,0 | 87,5 | 88,5 | 88,5 | 87,0 | 0,72 | 0,86 | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 2940 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22,0 | 79,0 | 86,0 | 88,5 | 88,5 | 88,0 | 0,65 | 0,82 | 0,86 | 0,91 | 0,92 | 2945 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30,0 | 82,0 | 88,5 | 90,5 | 90,5 | 89,0 | 0,66 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 2945 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37,0 | 81,0 | 87,5 | 90,0 | 90,0 | 89,5 | 0,67 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 2945 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45,0 | 83,0 | 89,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,71 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 2945 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55,0 | 82,5 | 89,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,78 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 2945 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75,0 | 75,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 0,71 | 0,84 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 2960 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 92,0 | 92,0 | 91,5 | 0,71 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 2960 |
| — | 4A100L4Y3 | 4,0 | 79,5 | 84,5 | 85,0 | 84,0 | 81,5 | 0,46 | 0,68 | 0,79 | 0,84 | 0,86 | 1430 |
| — | 4А112М4УЗ | 5,5 | 82,0 | 86,5 | 86,5 | 85,5 | 83,0 | 0,51 | 0,72 | 0,80 | 0,85 | 0,85 | 1445 |
| — | 4A132S4Y3 | 7,5 | 77,5 | 86,0 | 87,5 | 87,5 | 86,0 | 0,53 | 0,71 | 0,83 | 0,86 | 0,87 | 1455 |
| 11 | 4А132М4УЗ | 11,0 | 80,0 | 86,0 | 88,0 | 87,5 | 87,0 | 0,55 | 0,75 | 0,84 | 0,87 | 0,88 | 1460 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15,0 | 86,0 | 89,5 | 89,5 | 88,5 | 86,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 1465 |

*Таблица 11.1*

Значения КПД и коэффициента мощности электродвигателей



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | б | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18,5 | 87,5 | 90,5 | 90,5 | 89,5 | 87,5 | 0,66 | 0,82 | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 1465 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22,0 | 85,5 | 89,5 | 90,0 | 90,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,89 | 1470 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 89,0 | 0,66 | 0,83 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 1470 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,67 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1475 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,0 | 91,0 | 0,69 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1475 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,5 | 91,5 | 0,68 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 1480 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75,0 | 88,5 | 92,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 0,69 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 1480 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90,0 | 89,0 | 92,5 | 93,0 | 93,0 | 92,0 | 0,73 | 0,87 | 0,90 | 0,91 | 0,90 | 1480 |
| — | 4А112МВ6УЗ | 4,0 | 77,0 | 82,5 | 83,0 | 82,0 | 79,5 | 0,40 | 0,62 | 0,74 | 0,81 | 0,83 | 950 |
| — | 4A132S6Y3 | 5,5 | 71,0 | 81,0 | 84,0 | 85,0 | 83,0 | 0,33 | 0,56 | 0,69 | 0,80 | 0,84 | 965 |
| — | 4А132М6УЗ | 7,5 | 76,0 | 84,0 | 85,0 | 85,0 | 84,0 | 0,40 | 0,62 | 0,74 | 0,81 | 0,84 | 870 |
| 21 | 4A160S6Y3 | 11,0 | 83,5 | 87,5 | 87,5 | 86,0 | 83,5 | 0,54 | 0,75 | 0,83 | 0,86 | 0,87 | 975 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15,0 | 85,0 | 88,5 | 88,5 | 87,5 | 85,0 | 0,55 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 975 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18,5 | 85,0 | 89,0 | 89,0 | 88,0 | 86,0 | 0,54 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 975 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22,0 | 87,5 | 91,0 | 91,0 | 90,0 | 88,0 | 0,68 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 975 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 89,0 | 0,64 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 980 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,0 | 89,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 980 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,64 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 985 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55,0 | 88,0 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,60 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,89 | 985 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75,0 | 90,0 | 92,5 | 92,0 | 92,0 | 90,0 | 0,70 | 0,85 | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 985 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90,0 | 90,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 91,0 | 0,67 | 0,83 | 0,87 | 0,89 | 0,88 | 985 |

Выписать (по форме табл. 11.2) технические характеристики вы­бранных электродвигателей: Рн, Лн, т|о.5, coscpH, cos(p0,5-

*Таб.тща 11.2*

Расчетные параметры электродвигателей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Электродвигатель | | |
| старый | новый №1 | новый №2 |
| Тип |  |  |  |
| Мощность Рн. кВт |  |  |  |
| Л НОМ, О-6. |  |  |  |
| По.5. о.е. |  |  |  |
| coscpH. о.е. |  |  |  |
| coscpo.5. о.е. |  |  |  |
| 0н = ^нШФн п0 (10-6Х кВАР |  |  |  |
| Род =^X5tg(p0 5no(10.6), кВАр Д |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Электродвигатель | | |
| старый | новый №1 | новый №2 |
| Г i-Hh^I 1  ДРН = *р\* - по (10.5). кВт |  |  |  |
| Г1-П  *АР() s* = 0.5Рн — по (10.5). кВт  1 ^,5 ) |  |  |  |
| АД-15-0.25ЛРн  АД, = —по (11.8). кВт  0.75 |  |  |  |
| Е^=АРн^Д,по (11.9), кВт |  |  |  |
| Кнагпо(11.6)-(11.7).о.е. |  |  |  |
| APCVM по (11.4). кВт |  |  |  |
| Вывод о целесообразности замены старого электродвигателя. | | | |

Для каждого выбранного электродвигателя рассчитать АР, АРн наг, *Qo, О,,* по формулам табл. 11.2.

Коэффициент нагрузки первого электродвигателя (в формуле (11.4)) определяется по выражению

(11.6)

НОВ1

где Р0.5 - нагрузка старого электродвигателя; Ро 5 = 0,5Рн.стаР;

Рнов! - номинальная мощность первого выбранного электродвига­теля, кВт;

*Рн* „ар - номинальная мощность старого электродвигателя

(см. табл. 10.1), кВт.

Аналогично определить коэффициент нагрузки второго электро­двигателя

Д, 5

*Кнаг2=~^,* (И.7)

нов2

где РНОв2 - номинальная мощность второго выбранного электродви­гателя, кВт.

Потери холостого хода:

? <5-0,25АРн

0 0,75

(И.8)

Номинальные нагрузочные потери:

АД = АД-АД,. (11.9)

н.нагр н 0 \ • /

Контрольные вопросы:

1. Как находится потребляемая реактивная мощность, если из­вестны следующие параметры: coscp, КПД, *РР*
2. При каком условии КПД электродвигателя достигает макси­мального значения?
3. Назовите критерии замены электродвигателя меньшим по мощности.
4. Нарисуйте ожидаемый характер изменения кривой КПД и coscp при соединении обмоток одного и того же электродвигателя в А и Y.

Практическое занятие № 12

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ХОЛОСТЫХ ХОДОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ

КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ

РАБОЧИХ МАШИН

**Цель занятия:** освоить методику расчета энергосбережения при ограничении холостых ходов и увеличении коэффициента загрузки рабочих машин.

**Задачи.** Для выбранного на практическом занятии №10 электро­двигателя при заданной нагрузочной диаграмме определить:

1. целесообразность ограничения холостых ходов электродвигателя, работающего в режиме чередования нагрузки и холостых ходов;
2. эффективность увеличения коэффициента загрузки рабочей машины с 50 % до 100 %. В качестве рабочей машины принять дробилку кормов.

Вопросы для самоподготовки:

1. От каких параметров зависит потеря энергии при пуске?
2. Нарисуйте кривую изменения КПД передачи от передаваемо­го момента.
3. Нарисуйте кривую изменения КПД рабочей машины от про­изводительности .

Литература:

1. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
2. Кузнецов, Б. В. Асинхронные электродвигатели и аппараты управления : справочное пособие / Б. В. Кузнецов, М. Ф. Сацукевич. - Минск : Беларусь, 1982. - 222 с.
3. Энергосбережение в электрооборудовании : методические указания / сост. И. Ф. Кудрявцев. - Минск : БГАТУ, 1997. - 16 с.

План занятия:

1. Определить энергию, потребляемую электродвигателем за час работы при холостых ходах рабочей машины, приняв:

а) мощность холостого хода *Р-* ,х = 0,25*Ру,*

б) время холостого хода 1хх = 2 минуты в цикле «нагрузка - хо­лостой ход»;

в) число циклов нагрузки в час Z = 10.

1. Определить, какой величины будут пусковые потери за час работы электропривода, если в каждом цикле «нагрузка - холостой ход» электродвигатель будет отключаться от сети на время холо­стого хода и включаться в сеть при нагрузке.

Принять приведенный момент инерции электропривода рабочей машины Лрив = ЮЭр д, где Эр.д- момент инерции ротора электродви­гателя, кг-м2 (табл. 12.1).

1. Определить величину сберегаемой энергии при ограничении холостых ходов по условиям пунктов 1 и 2 плана занятий.
2. Определить условие, при котором целесообразно ограничение холостых ходов.
3. Определить энергосбережение при увеличении коэффициента загрузки рабочей машины с 0.5/',, до *РИ* при следующих условиях:

* номинальный удельный расход энергии ан в дробилке кор­мов - 6,0 кВт-ч/т,
* масса перерабатываемого материала - 1000 т в год;
* КПД машины при первоначальной нагрузке 50 %*Р,1О,, -* т|м0,5 = 0,6;
* КПД передачи - т|перД5 = 0,76;
* КПД электродвигателя - по данным табл. 12.2 при нагрузке 50 %.

При увеличении загрузки машины до 100 % КПД машины уве­личивается на 12 %, КПД передачи - на 8 % [3], КПД электродвига­теля - до значения, приведенного в табл. 12.2 при нагрузке 100 %.

Методические указания:

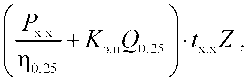
*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать исходные данные по своему варианту из табл. 12.1.



Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электро­двигателя | Номинальная мощность *Рн,* кВт | Момент инерции ротора электродвига­теля/р.д, кг-м2 | Приведенное сопротивление обмотки, о.е. | | Приведенное главное индуктивное сопротив- \* ление *X ,*  о.е. | Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки 1\* статора , о.е. |
| статора  1\* *Ri* | ротора  1\*  «2 |
| 1 | 4А132М2УЗ | 11 | 0.023 | 0.040 | 0.025 | 4,2 | 0.061 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15 | 0.048 | 0.052 | 0.022 | 4,0 | 0.092 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18.5 | 0.053 | 0.049 | 0.022 | 4,5 | 0.092 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22 | 0.070 | 0.039 | 0.020 | 3,6 | 0.091 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30 | 0.085 | 0.030 | 0.018 | 3,8 | 0.073 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37 | 0.150 | 0.029 | 0.021 | 4,1 | 0.094 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45 | 0.170 | 0.027 | 0.002 | 4,9 | 0.088 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55 | 0.250 | 0.026 | 0.019 | 5,6 | 0.092 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75 | 0.470 | 0.021 | 0.015 | 4,8 | 0.080 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90 | 0.520 | 0.020 | 0.016 | 5,2 | 0.078 |
| 11 | 4АВ2М4УЗ | 11 | 0.040 | 0.043 | 0.032 | 3,2 | 0.085 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15 | 0.100 | 0.047 | 0.025 | 4,0 | 0.086 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18.5 | 0.130 | 0.042 | 0.024 | 4,3 | 0.085 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22 | 0.190 | 0.041 | 0.021 | 4,0 | 0.080 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30 | 0.230 | 0.034 | 0.018 | 3,9 | 0.068 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37 | 0.370 | 0.039 | 0.018 | 4,4 | 0.086 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45 | 0.450 | 0.034 | 0.017 | 4,6 | 0.082 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55 | 0.640 | 0.027 | 0.015 | 4,2 | 0.086 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75 | 1.000 | 0.025 | 0.014 | 4,4 | 0.089 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90 | 1.200 | 0.024 | 0.014 | 5,0 | 0.093 |
| 21 | 4A160S6Y3 | 11 | 0.140 | 0.073 | 0.030 | 3,0 | 0.110 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15 | 0.180 | 0.062 | 0.028 | 3,0 | 0.100 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18.5 | 0.220 | 0.056 | 0.026 | 2,9 | 0.110 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22 | 0.400 | 0.050 | 0.024 | 4,1 | 0.110 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30 | 0.450 | 0.046 | 0.022 | 3,7 | 0.120 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37 | 0.740 | 0.042 | 0.019 | 3,7 | 0.100 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45 | 1.200 | 0.037 | 0.015 | 3,8 | 0.090 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55 | 1.300 | 0.034 | 0.014 | 3,4 | 0.083 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75 | 2.900 | 0.032 | 0.021 | 3,7 | 0.120 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90 | 3,4 | 0.030 | 0.019 | 3.5 | 0.110 |

Энергия (кВт-ч), потребляемая электродвигателем за час работы при холостых ходах рабочей машины, определяется по формуле



(12.1)

где *К3*,п - коэффициент электрических потерь в сети от реактивной мощности, кВ т/кВ Ар.

В формуле (12.1) используются величины, значения которых заданы в пункте 1 плана занятия.

Значения КПД при *KWT=* 0,25 взять из табл. 12.2; время 1хх подста­вить в часах 1х х = 2/60 часа. Реактивную мощность О0.25 при *Ктт =* 0,25 взять из табл. 10.2 практического занятия №10.

*Таблица 12.2*

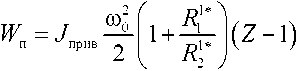
Значения КПД и коэффициента мощности электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвига­теля | Номинальная мощность FH- кВт | КПД электродвигателя тр %, при коэффициенте нагрузки | | | | | Коэффициент мощности coscp, о.е., при коэффициенте нагрузки | | | | | Синхронная скоростьсор, рад/с |
| 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | б | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 4А132М2УЗ | 11,0 | 80,0 | 87,0 | 88,0 | 87,0 | 65,0 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 314 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15,0 | 80,0 | 86,5 | 88,0 | 88,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 314 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18,5 | 82,0 | 87,5 | 88,5 | 88,5 | 87,0 | 0,72 | 0,86 | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 314 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22,0 | 79,0 | 86,0 | 88,5 | 88,5 | 88,0 | 0,65 | 0,82 | 0,86 | 0,91 | 0,92 | 314 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30,0 | 82,0 | 88,5 | 90,5 | 90,5 | 89,0 | 0,66 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 314 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37,0 | 81,0 | 87,5 | 90,0 | 90,0 | 89,5 | 0,67 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 314 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45,0 | 83,0 | 89,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,71 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 314 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55,0 | 82,5 | 89,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,78 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 314 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75,0 | 75,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 0,71 | 0,84 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 314 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90,0 | 90,0 | 90,0 | 92,0 | 92,0 | 91,5 | 0,71 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 314 |
| И | 4А132М4УЗ | 11,0 | 80,0 | 86,0 | 88,0 | 87,5 | 87,0 | 0,55 | 0,75 | 0,84 | 0,87 | 0,88 | 157 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15,0 | 86,0 | 89,5 | 89,5 | 88,5 | 86,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 157 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18,5 | 87,5 | 90,5 | 90,5 | 89,5 | 87,5 | 0,66 | 0,82 | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 157 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22,0 | 85,5 | 89,5 | 90,0 | 90,0 | 87,0 | 0,65 | 0,82 | 0,87 | 0,90 | 0,89 | 157 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 89,0 | 0,66 | 0,83 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 157 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37,0 | 87,0 | 90,5 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 0,67 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 157 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,0 | 91,0 | 0,69 | 0,85 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 157 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55,0 | 88,5 | 92,0 | 92,5 | 92,5 | 91,5 | 0,68 | 0,84 | 0,89 | 0,90 | 0,90 | 157 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | б | 7 | к8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75,0 | 88,5 | 92,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 0,69 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 157 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90,0 | 89,0 | 92,5 | 93,0 | 93,0 | 92,0 | 0,73 | 0,87 | 0,90 | 0,91 | 0,90 | 157 |
| 21 | 4A160S6Y3 | 11,0 | 83,5 | 87,5 | 87,5 | 86,0 | 83,5 | 0,54 | 0,75 | 0,83 | 0,86 | 0,87 | 104,7 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15,0 | 85,0 | 88,5 | 88,5 | 87,5 | 85,0 | 0,55 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 104,7 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18,5 | 85,0 | 89,0 | 89,0 | 88,0 | 86,0 | 0,54 | 0,76 | 0,84 | 0,87 | 0,87 | 104,7 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22,0 | 87,5 | 91,0 | 91,0 | 90,0 | 88,0 | 0,68 | 0,84 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 104,7 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30,0 | 88,0 | 91,0 | 91,0 | 90,5 | 89,0 | 0,64 | 0,82 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 104,7 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,0 | 89,5 | 0,63 | 0,81 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 104,7 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45,0 | 87,5 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,64 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,89 | 104,7 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55,0 | 88,0 | 91,0 | 91,5 | 91,5 | 90,5 | 0,60 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,89 | 104,7 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75,0 | 90,0 | 92,5 | 92,0 | 92,0 | 90,0 | 0,70 | 0,85 | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 104,7 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90,0 | 90,0 | 93,0 | 93,0 | 92,5 | 91,0 | 0,67 | 0,83 | 0,87 | 0,89 | 0,88 | 104,7 |

*•к пункту 2 плана занятия.* Выписать из табл. 12.1 значение момента инерции ротора электродвигателя и определить 7прив по условию, указанному в пункте 2 плана занятия.

Потери энергии (кВт-ч) при пусках электродвигателя в случае ограничения холостых ходов за час работы определить по формуле



1

3 600 ООО '

(12.2)

1 ' 1

В формуле (12.2) принять отношение сопротивлений */ R-.*

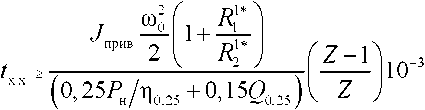
и синхронную скорость соо по данным табл. 12.1. Деление на 3 600 000 позволяет перевести потери энергии из размерности Дж (Вт-с) в размерность кВт-ч.

*• к пункту 3 плана занятия.* Сбережение электроэнергии при ограничении холостых ходов определить по уравнению

(12.3)

Обратить внимание, что величина потерь энергии при пуске *ИО* в сотни раз меньше, чем величина потерь энергии при холо­стом ходе Жхх.

*• к пункту 4 плана занятия.* Отключение электродвигателя при  
холостом ходе экономит электроэнергию, но при последующем  
88



включении электродвигателя энергия потребляется из сети. Если

формулы (12.1) и (12.2) приравнять между собой, то можно опреде­

лить время холостого хода Д.х, выше которого целесообразно от­

ключать электродвигатель при холостом ходе (ограничить холостой

ход рабочей машины). Это время (в секундах) определяется

по формуле

(12.4)

При времени холостого хода, превышающем время, вычислен­ное по формуле (12.4), целесообразно ограничить холостой ход ра­бочей машины.

*• к пункту 5 плана занятия.* При изменении загрузки рабочей машины (например, дробилки) изменяется ее удельный расход энергии. По [3] изменение удельного расхода энергии в процентах вычисляется по формуле

Да% = 100% =

ПмнПднПпер.н

ч ПмгДдгДпер.г

-1 100%,

(12.5)

где т]мн, т|дн, Цперн- значения КПД соответственно дробилки, электро­двигателя и передачи в номинальном режиме ра­боты при производительности Он.;

т]м„ т|д„ т|пеР.; - значения КПД соответственно дробилки, электро­

двигателя и передачи в номинальном режиме ра­боты при производительности О,.

В нашем случае производительность дробилки О, соответствует нагрузке 50 %, а *Он* - нагрузке 100 %. Значения КПД т|м„ т]д„ т|пер.„ т|мн, Лдн, Лпер н соответствуют условию пункта 5 плана занятия. Сле­довательно, Г|мн = 1,12т|м,; Т]пер.н = 1,08т|пер,; т|дн - КПД электродвига­теля при номинальной нагрузке (см. табл. 12.2).

Перевод Аа% в именованные величины (кВт-ч/т) производится по формуле

. Да%

(12.6)

Да = а,

100

При переработке *М* тонн сырья экономия электроэнергии *AW* составит

*AW = AaM .*

(12.9)

Контрольные вопросы:

1. Нарисуйте кривую изменения КПД электродвигателя от на­грузки на валу.
2. Назовите условия, при которых целесообразно ограничение холосты дов.

Практическое занятие № 13

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ПОДАЧИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МАШИН

ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

**Цель занятия:** освоить методику определения экономии элек­троэнергии при регулировании подачи центробежных машин путем изменения скорости электропривода по сравнению с изменением подачи задвижкой.

**Задача.** Для выбранного электродвигателя определить снижение расхода электроэнергии при регулировании подачи насоса путем изменения скорости вращения по сравнению с изменением подачи задвижкой. В регулируемом приводе насоса используется преобра­зователь частоты.

Вопросы для самоподготовки:

1. Назовите способы регулирования подачи центробежных машин.
2. Постройте график механической характеристики центробежного насоса.
3. Постройте график аэродинамической характеристики центро­бежного насоса.

Литература:

1. Фоменков, А. П. Электропривод сельскохозяйственных ма­шин, агрегатов и поточных линий : учебник / А. П. Фоменков. - Москва : Колос, 1984. - 288 с.
2. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
3. Энергосберегающие технологии электроснабжения народного хозяйства : практическ особие. В 5 кн. / под ред. В. А. Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский, Ю. В. Рожановский, А. О. Горнов. - Москва: Высшая школа, 1989.- 127 с.
4. Регулируемые асинхронные электродвигатели в сельскохозяй­ственном производстве / под ред. Д. Н. Быстрицкого. - Москва : Энергия, 1975. - 399 с.

План занятия:

1. Построить рабочую часть механической характеристики асин­хронного электродвигателя со = *fiM)* и механическую характери­стику насоса *Мс* = Дсо) на одном графике, приняв, что электродвига­тель загружен на 100 % при номинальной скорости. Диапазон регу­лирования скорости *D =* 2,5. Разбить диапазон регулирования на 7 скоростей (подач).
2. Определить потребление мощности при каждой подаче в слу­чае регулирования скорости электропривода.
3. Определить продолжительность работы насоса на каждой скорости. Принять средний закон распределения скоростей за время работы. Определить по нему продолжительность работы на каждой скорости. Общее время работы установки в году - 3000 часов.
4. Определить расход электроэнергии при регулировании подачи насоса скоростью вращения.
5. Определить потребление электроэнергии при 7 подачах насо­са в случае регулирования подачи задвижкой. Принять, что потреб­ляемая мощность при подаче *О* = 0 составляет *Р\ =* 0,4, а *О* = 1 при Pi = 1, где *Р\ -* потребляемая мощность, о.е.; *О -* подача, о.е.
6. Определить расход электроэнергии при регулировании подачи насоса задвижкой.
7. Определить экономию энергии вкВ-чи %.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Рабочая часть механической ха­рактеристики электродвигателя строится в виде прямой линии по следующим двум точкам.

1-я точка имеет координаты со = со(1 = 0,1045и(1 при *М* = 0; где *п() -* синхронная частота вращения электромагнитного поля элек­тродвигателя, мин1; *М-* момент электродвигателя, Нм.

Синхронную частоту вращения электромагнитного поля элек­тродвигателя определить как ближайшую большую к номинальной частоте вращения (табл. 13.1) электродвигателя из ряда синхрон­ных частот вращения 3000, 1500, 1000 мин1.

2-я точка имеет координаты со = сон при *М = Мн:*

сон = 0,1045ин,

(13.1)

где ин - номинальная частота вращения (табл. 13.1).

(13.2)

*Таблица 13.1*

Значения КПД и коэффициента мощности электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвига­теля | Номинальная мощность Р№ кВт | КПД электродвигателя ц, %, при коэффициенте нагрузки | | | | | Коэффициент мощности coscp, о.е., при коэффициенте нагрузки | | | | | Частота вращения мин-1 |
| 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1,25 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 4А132М2УЗ | 11.0 | 80.0 | 87.0 | 88.0 | 87.0 | 65.0 | 0.82 | 0.87 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 2900 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15.0 | 80.0 | 86.5 | 88.0 | 88.0 | 87.0 | 0.65 | 0.82 | 0.87 | 0.90 | 0.90 | 2940 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18.5 | 82.0 | 87.5 | 88.5 | 88.5 | 87.0 | 0.72 | 0.86 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 2940 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22.0 | 79.0 | 86.0 | 88.5 | 88.5 | 88.0 | 0.65 | 0.82 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 2945 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30.0 | 82.0 | 88.5 | 90.5 | 90.5 | 89.0 | 0.66 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 2945 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37.0 | 81.0 | 87.5 | 90.0 | 90.0 | 89.5 | 0.67 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 2945 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45.0 | 83.0 | 89.0 | 91.0 | 91.0 | 90.5 | 0.71 | 0.85 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 2945 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55.0 | 82.5 | 89.5 | 91.0 | 91.0 | 90.5 | 0.78 | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 2945 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75.0 | 75.0 | 88.0 | 91.0 | 91.0 | 91.0 | 0.71 | 0.84 | 0,88 | 0.89 | 0.89 | 2960 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 92.0 | 92.0 | 91.5 | 0.71 | 0.84 | 0,89 | 0.90 | 0.90 | 2960 |
| 11 | 4А132М4УЗ | 11.0 | 80.0 | 86.0 | 88.0 | 87.5 | 87.0 | 0.55 | 0.75 | 0.84 | 0.87 | 0.88 | 1460 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15.0 | 86.0 | 89.5 | 89.5 | 88.5 | 86.5 | 0.63 | 0.81 | 0.87 | 0.88 | 0.88 | 1465 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18.5 | 87.5 | 90.5 | 90.5 | 89.5 | 87.5 | 0.66 | 0.82 | 0.86 | 0.88 | 0.88 | 1465 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22.0 | 85.5 | 89.5 | 90.0 | 90.0 | 87.0 | 0.65 | 0.82 | 0.87 | 0.90 | 0.89 | 1470 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30.0 | 87.0 | 90.5 | 91.0 | 91.0 | 89.0 | 0.66 | 0.83 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 1470 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37.0 | 87.0 | 90.5 | 91.0 | 91.0 | 90.5 | 0.67 | 0.84 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 1475 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45.0 | 88.5 | 92.0 | 92.5 | 92.0 | 91.0 | 0.69 | 0.85 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 1475 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55.0 | 88.5 | 92.0 | 92.5 | 92.5 | 91.5 | 0.68 | 0.84 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 1480 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75.0 | 88.5 | 92.0 | 93.0 | 93.0 | 92.5 | 0.69 | 0.84 | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 1480 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90.0 | 89.0 | 92.5 | 93.0 | 93.0 | 92.0 | 0.73 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 1480 |
| 21 | 4A160S6Y3 | 11.0 | 83.5 | 87.5 | 87.5 | 86.0 | 83.5 | 0.54 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.87 | 975 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15.0 | 85.0 | 88.5 | 88.5 | 87.5 | 85.0 | 0.55 | 0.76 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 975 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18.5 | 85.0 | 89.0 | 89.0 | 88.0 | 86.0 | 0.54 | 0.76 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 975 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22.0 | 87.5 | 91.0 | 91.0 | 90.0 | 88.0 | 0.68 | 0.84 | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 975 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30.0 | 88.0 | 91.0 | 91.0 | 90.5 | 89.0 | 0.64 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 0.90 | 980 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37.0 | 87.5 | 91.0 | 91.5 | 91.0 | 89.5 | 0.63 | 0.81 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 980 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45.0 | 87.5 | 91.0 | 91.5 | 91.5 | 90.5 | 0.64 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 985 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55.0 | 88.0 | 91.0 | 91.5 | 91.5 | 90.5 | 0.60 | 0.80 | 0.86 | 0.89 | 0.89 | 985 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75.0 | 90.0 | 92.5 | 92.0 | 92.0 | 90.0 | 0.70 | 0.85 | 0.88 | 0.89 | 0.88 | 985 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90.0 | 90.0 | 93.0 | 93.0 | 92.5 | 91.0 | 0.67 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 0.88 | 985 |

Для расчета механической характеристики рабочей машины не­обходимо предварительно найти 7 скоростей в диапазоне регулиро­вания. Минимальная скорость соответствует значению

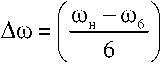
®ном /1П

со„„ = соЛ = , (13.3)

МИН О *j-y ' /*

где *D -* диапазон регулирования скорости вращения; *D = 2,5.*

Диапазон регулирования скорости вращения (от сон до со6) раз­бить на 6 скоростей вращения. Разность между скоростями враще­

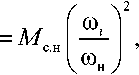
ния равна

|  |  |
| --- | --- |
| Тогда | СО; = сон - Лео;  (02=0); - Лео;  со3 = со2 - Лео ;  со4=со3-Лсо; (13.5) |

(13.4)

со5 = со4 - Лео ;

со6 = со5 - Лео .

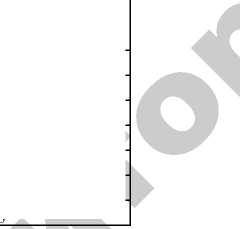
Значения 7 выбранных скоростей вращения занести в табл. 13.2. Выполнить расчеты моментов сопротивлений при этих скоростях вращения по формуле

(13.6)

где *Мс*,н и еон - момент сопротивления и угловая скорость при номи­нальном режиме работы, Нм и рад/с;

со, - угловая скорость в выбранных точках, рад/с.

Для удобства расчета данные записать по форме табл. 13.2.



| Угловая скорость рад/с | со  сон | аР | 8 | Мс по (13.6), Н-м | Потребляемая МОЩНОСТЬ *Р\* по (13.7), кВт |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| С0н — | 1 | 1 | М.н = | Лн = |
| С01 = | 0,9 | 0,81 |  | Л1 = |
| от = | 0,8 | 0,64 |  | *Р\2 =* |
| со3 = | 0,7 | 0,49 |  | *Р\з =* |
| со4 = | 0,6 | 0,36 |  | Р14 = |
| со5 = | 0,5 | 0,25 |  | Р15= |
| С£>6 = | 0,4 | 0,16 |  | Лб = |

Данные к расчету А/с и Pj

*Таблица 13.2*

*• к пункту 2 плана занятия.* Потребляемая мощность (кВт) при каждой скорости (подаче):

(13.7)

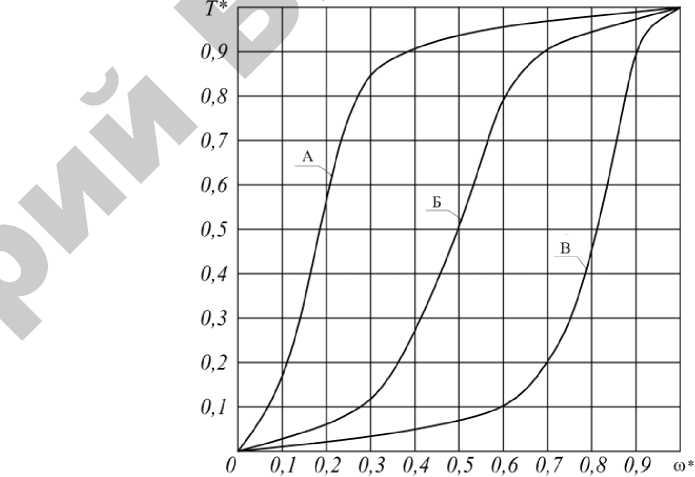
^сю 10-з

Пд.Н

где т|д н - номинальный КПД электродвигателя, о.е.; при частотном регулировании скорости вращения можно считать, что КПД электродвигателя остается примерно одним и тем же [4].

По данным табл. 13.2 строится характеристика со = в одних осях с ранее построенной зависимостью со *= fiM).*

*• к пункту 3 плана занятия.* Если по технологии работы рабо­чей машины затруднительно установить продолжительность рабо­ты регулируемого электропривода на каждой ступени скорости, то обращаются к вероятным законам изменения скорости вращения в диапазоне регулирования [5], графические зависимости которых представлены на рис. 13.1 в относительных единицах.



*Рис. 13.1.* Распределение времени работы рабочей машины в интервале регулирования скорости вращения:

А - с преобладанием времени на низших скоростях вращения;

Б - со средним временем работы на нижних и высоких скоростях вращения;

В - с преобладанием времени работы на высоких скоростях вращения

Пользуясь рис. 13.1 и кривой Б, определить время работы *Т\** на каждой из 7 ранее определенных скоростей вращения, записанных в табл. 13.3 (в относительных единицах). Время работы *Т\** запи­сать по форме табл. 13.3.

Определение времени работы установки на каждой ступени угловой скорости вращения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Угловая скорость рад/с | Угловая скорость со , о. е. | Время Т , о. е. | Время , ч |
| ®н = | 1 | 1 |  |
| С01 = | 0,9 |  |  |
| (02 = | 0,8 |  |  |
| со3 = | 0,7 |  |  |
| со4 = | 0,6 |  |  |
| со5 = | 0,5 |  |  |
| СОб = | 0,4 |  |  |
|  | |  | у *Т=* 3000 ч |

Определить как сумму времени работы *Т[[3]](#footnote-3)* на каждом уча­стке и найти удельное время



*Т*

УД

3000

(13.8)

В числителе уравнения (13.8) записано общее время работы *Тра5* установки в году (3000 ч).

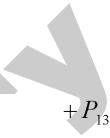
Время работы на любой скорости определяется следующим об­разом:

ZT7 *ГТ1 ГТ1 \**

(13.9)

*1 г ~ 1* УД7 *i •*

Например, при угловой скорости сон имеем со\* = 1,0 (табл. 13.3). При этой угловой скорости *Т\* =* 1 (рис. 13.1), значит, Тн *= Туд* -1. Для угловой скорости со\* = 0,9 (табл. 13.3) *Т\** = 0,97 (рис. 13.1). Следовательно, *Тн = Туд* Д и т. д.



(13.10)

*W =Р Т +Р Т +Р Т*

"регш 1 1н7 н II7 1 127 2 ± 3

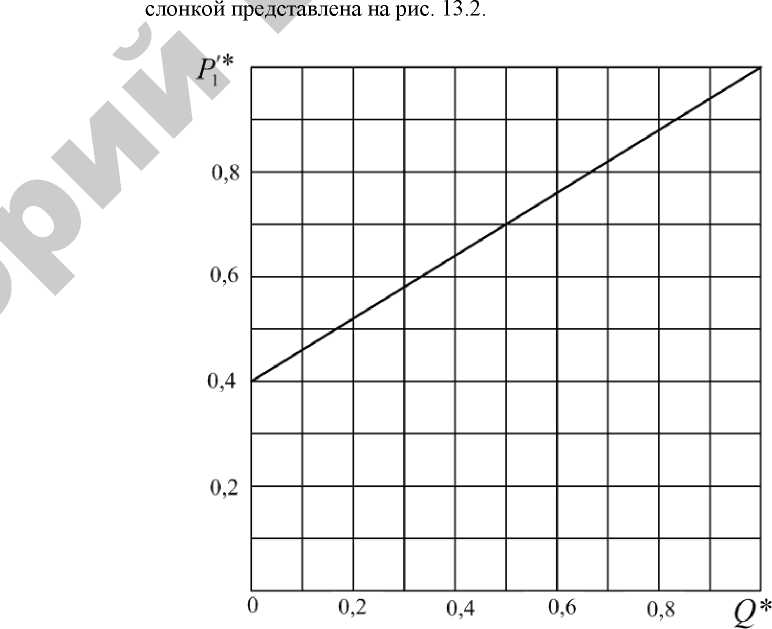
-I- *р р +Р Т + Р т*

141 4 *Т1* 151 5 *-VI* 162 б.

*• к пункту 5 плана занятия.* Используя рис. 13.2, установить *Р[* для каждой подачи. Ранее определено 7 подач (скоростей вращения, поскольку со = О). В относительных единицах они соответствуют значениям от О\* = 1 до *О\*6 = О\* ID =* 1/2,5 = 0,4 (табл. 13.4).

Зависимость JJ' = *f* (<9) для случая регулирования подачи за-

*Рис. 13.2.* Изменение потребляемой из сети мощности от подачи насоса при регулировании подачи задвижкой



Определение потребляемой мощности при регулировании подачи задвижкой на трубопроводе

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Подача *Q\*,* о.е. | Потребляемая \* мощность *Ру ,* о.е. | Потребляемая мощность *Ру ,* кВт | Время работы *Т,* ч |
| \* 2н=1 | ^\*=1 |  |  |
| а\*=о,9 | <= |  |  |
| <22\* = 0,8 | р'\* \_  1 12 |  |  |
| а\*=07 | р'\* \_  1 13 |  |  |
| О4 = 0,6 | />'\* =  1 14 |  |  |
| а\*=07 | Р'\* =  1 15 |  |  |
| а\*=о,4 | р'\* -  1 16 |  |  |

Определение потребляемой мощности провести с записью по форме табл. 13.4.

В табл. 13.4 перевод *Рх'\** в именованные единицы производится по формуле

(13.11)

где Лн соответствует потребляемой мощности в номинальном ре­жиме работы, кВт (см. табл. 13.2).

Время работы *(Т,* ч) в табл. 13.4 соответствует значениям четвер­того столбца табл. 13.2.

* *к пункту 6 плана занятия.* Расход электроэнергии при регу­лировании подачи насоса задвижкой определяется по уравнению

*W =Р' Т + Р' Т + Р' Т + Р' Т + Р' Т +Р' Т + Р' Т* (13 12)

'рег.задв 1 Iff\* н 1 12^ 2 13J 3 1-Г 4 15J 5 16^ 6 • Щ-’-ГДЦ

* *к пункту 7 плана занятия.* Экономия энергии составит, кВт ч:

<1з1з>

Экономия энергии составит, %:

ДЖ% =—— 100%. (13.14)

*А* ^рег. задв

Контрольные вопросы:

1. Как изменяется момент вращения и мощность центробежного насоса от частоты вращения?
2. Где теряется энергия при регулировании подачи насоса за­движкой?
3. Как изменяется КПД насоса от подачи?

Практическое занятие № 14

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЗАМЕНЕ

НЕРЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА С ДРОССЕЛИРОВАНИЕМ ПОТОКА НА РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ТРЕХСКОРОСТНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

**Цель занятия:** освоить методику определения экономии элек­троэнергии от применения трехскоростного электродвигателя по сравнению с нерегулируемым электроприводом вентилятора.

**Задача.** Для заданного трехскоростного электродвигателя опре­делить экономию электроэнергии при использовании его в приводе вентилятора по сравнению с односкоростным электродвигателем и регулированием подачи воздуха задвижкой.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие схемы соединения обмоток имеют трехскорост] электродвигатели?
2. Какое соотношение синхронных скоростей имеют дву и четырехскоростные электродвигатели?

Литература:

1. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
2. Энергосберегающие технологии электроснабжения народного хозяйства : практическое пособие. В 5 кн. / под ред. В. А. Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский, Ю. В. Рожановский, А. О. Горнов. - Москва: Высшая школа, 1989. - 127 с.
3. Регулируемые асинхронные электродвигатели в сельскохозяй­ственном производстве / под ред. Д. Н. Быстрицкого. - Москва : Энергия, 1975.-399

План занятия:

1. Выписать из табл. 14.1 по своему варианту данные трехскоро­стных электродвигателей и записать их по форме табл. 14.2.
2. Построить рабочие части механических характеристик трех­скоростного электродвигателя.
3. Построить механическую характеристику вентилятора и оп­ределить потребляемую мощность при трех скоростях вращения электродвигателя.
4. Принять средний закон распределения времени работы венти­лятора на трех скоростях. Определить время работы электродвига­теля на каждой скорости, потребляемую энергию на каждой скоро­сти вращения и суммарный расход энергии за год.
5. Определить потребляемую мощность при регулировании пода­чи воздуха задвижкой при каждой из трех подач, соответствующих скоростям вращения (щ, со2 и со3 трехскоростного электродвигателя.
6. Определить потребляемую электроэнергию за год при регули­ровании подачи воздуха задвижкой.
7. Определить экономию электроэнергии в кВт-ч и в % при регу­лировании подачи трехскоростным электродвигателем по сравне­нию с регулированием подачи воздуха задвижкой.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать из табл. 14.1 по своему варианту данные трехскоростных электродвигателей и записать их по форме табл. 14.2.

*Таблица 14.1*

Параметры трехскоростных электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвигателя | Число полюсов | РН, кВт | Пн- | COSCp,  о.е. |  | Сопротивление,  о.е. | | Момент инерции ротора Тр.Д;  кг-м2 |
| \*  *R'l* | \* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 4A100S6/4/2Y3 | 6 | 1 | 69.0 | 0.6 | 3.2 | 0.11 | 0.066 | 0.0092 |
| 4 | 1.1 | 66.0 | 0.76 | 2.2 | 0.26 | 0.061 |
| 2 | 1.5 | 67.0 | 0.90 | 3.0 | 0.13 | 0.088 |
| 2 | 4A100L6/4/2Y3 | 6 | 1.4 | 69.0 | 0.62 | 3.1 | 0.10 | 0.062 | 0.012 |
| 4 | 1.5 | 71.0 | 0.76 | 2.2 | 0.23 | 0.057 |
| 2 | 2.1 | 72 | 0.90 | 2.8 | 0.11 | 0.034 |
| 3 | 4А112М6/4/2УЗ | 6 | 1.6 | 71.0 | 0.76 | 3.2 | 0.15 | 0.071 | 0.017 |
| 4 | 2.2 | 76.0 | 0.84 | 5.5 | 0.20 | 0.110 |
| 2 | 2.8 | 71 | 0.90 | 4.4 | 0.11 | 0.052 |

*Продолжение табл. 14.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | 4A132S6/4/2Y3 | 6 | 2,8 | 76,5 | 0,76 | 4,5 | 0,12 | 0,060 | 0,028 |
| 4 | 3,6 | 79,5 | 0,85 | 3,4 | 0,16 | 0,070 |
| 2 | 4,2 | 71,5 | 0,90 | 3,7 | 0,082 | 0,045 |
| 5 | 4A132M6/4/2Y3 | 6 | 3,8 | 78,5 | 0,76 | 4,2 | 0,093 | 0,056 | 0,040 |
| 4 | 5,0 | 81,0 | 0,87 | 3,4 | 0,15 | 0,069 |
| 2 | 6,0 | 76,0 | 0,90 | 3,3 | 0,075 | 0,039 |
| 6 | 4A160S6/4/2Y3 | 6 | 4,8 | 79,5 | 0,82 | 2,7 | 0,11 | 0,032 | 0,11 |
| 4 | 5,3 | 81,0 | 0,85 | 1,5 | 0,15 | 0,032 |
| 2 | 7,5 | 76,0 | 0,92 | 2,5 | 0,9 | 0,028 |
| 7 | 4А160М6/4/2У3 | 6 | 6,7 | 85,1 | 0,80 | 2,7 | 0,10 | 0,033 | 0,14 |
| 4 | 7,5 | 83,0 | 0,86 | 1,8 | 0,15 | 0,035 |
| 2 | 10,5 | 78,5 | 0,93 | 2,5 | 0,089 | 0,027 |
| 8 | 4A100S8/4/2Y3 | 8 | 0,63 | 58,0 | 0,59 | 4,5 | 0,15 | 0,11 | 0,0092 |
| 4 | 1,1 | 66,0 | 0,76 | 2,2 | 0,26 | 0,061 |
| 2 | 1,5 | 67,0 | 0,90 | 3,0 | 0,13 | 0,038 |
| 9 | 4A100L8/4/2Y3 | 8 | 0,9 | 66,0 | 0,64 | 5,3 | 0,14 | 0,098 | 0,012 |
| 4 | 1,5 | 71,0 | 0,76 | 2,2 | 0,22 | 0,057 |
| 2 | 2,1 | 72,0 | 0,90 | 2,8 | 0,11 | 0,034 |
| 10 | 4А112М8/4/2У3 | 8 | 1,1 | 65,0 | 0,68 | 6,4 | 0,17 | 0,11 | 0,017 |
| 4 | 1,9 | 72,5 | 0,85 | 3,6 | 0,23 | 0,076 |
| 2 | 2,2 | 67,5 | 0,90 | 3,5 | 0,12 | 0,043 |
| 11 | 4A132S8/4/2Y3 | 8 | 1,8 | 70,0 | 0,65 | 4,5 | 0,097 | 0,066 |  |
| 4 | 3,0 | 77,5 | 0,82 | 2,0 | 0,170 | 0,045 |
| 2 | 3,6 | 69,0 | 0,87 | 1,3 | 0,095 | 0,018 |
| 12 | 4A132M8/4/2Y3 | 8 | 2,4 | 72,5 | 0,66 | 4,5 | 0,11 | 0,075 | 0,040 | |
| 4 | 4,5 | 79,5 | 0,82 | 2,1 | 0,15 | 0,044 |
| 2 | 5,0 | 71,5 | 0,87 | 1,2 | 0,076 | 0,016 |
| 13 | 4A160S8/4/2Y3 | 8 | 3,8 | 76,0 | 0,72 | 3,3 | 0,12 | 0,051 | 0,11 |
| 4 | 4,25 | 81,5 | 0,84 | 1,8 | 0,15 | 0,028 |
| 2 | 6,3 | 76,5 | 0,93 | 2,3 | 0,093 | 0,025 |
| 14 | 4A160M8/4/2Y3 | 8 | 5,0 | 78,0 | 0,71 | 3,6 | 0,12 | 0,047 | 0,14 |
| 4 | 7,1 | 84,5 | 0,87 | 1,4 | 0,14 < | 0,034 |
| 2 | 9,5 | 80,5 | 0,93 | 2,4 | 0,082 | 0,026 |
| 15 | 4A100S8/6/4Y3 | 8 | 0,75 | 59,0 | 0,62 | 3,7 | 0,30 | 0,014 | 0,012 |
| 6 | 0,9 | 65,0 | 0,71 | 3,1 | 0,17 | 0,053 |
| 4 | 1,3 | 69,0 | 0,82 | 5,3 | 0,16 | 0,066 |
| 16 | 4A100L8/6/4Y3 | 8 | 0,9 | 61,0 | 0,63 | 3,5 | 0,28 | 0,13 | 0,015 |
| 6 | 1,2 | 68,0 | 0,71 | 3,0 | 0,15 | 0,05 |
| 4 | 1,7 | 71,0 | 0,83 | 4,9 | 0,15 | 0,06 |

*Окончание табл. 14.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 17 | 4A112MA8/6/4Y3 | 8 | 1,1 | 65,0 | 0,69 | 6,4 | 0,20 | 0,079 | 0,017 |
| 6 | 1,0 | 62,0 | 0,77 | 5,3 | 0,30 | 0,088 |
| 4 | 1,5 | 72,0 | 0,89 | 6,8 | 0,14 | 0,076 |
| 18 | 4A1\_ | 8 | 1,4 | 63,5 | 0,69 | 6,3 | 0,18 | 0,076 | 0,021 |
| Р6 | 1,2 | 68,5 | 0,77 | 5,2 | 0,49 | 0,31 |
| к 4 | 2,1 | 71,0 | 0,89 | 7,8 | 0,15 | 0,083 |
| 19 | . 4 | 8 | 1,9 | 69,5 | 0,72 | 5,3 | 0,15 | 0,049 | 0,04 |
| 6 | 2,2 | 73,5 | 0,77 | 3,8 | 0,29 | 0,014 |
| к 4 | 3,2 | 74,0 | 0,90 | 6,8 | 0,15 | 0,069 |
| 20 | 4A132M8/6/4Y3 | 8 | 2,6 | 72,5 | 0,72 | 4,5 | 0,13 | 0,047 | 0,058 |
| 6 | 2,8 | 75,0 | 0,78 | 3,3 | 0,21 | 0,11 |
| 4 | 4,5 | 77,5 | 0,90 | 5,4 | 0,12 | 0,057 |
| 21 | 4A160S8/6/4Y3 | 8 | 4,0 | 74,5 | 0,63 | 1,3 | 0,20 | 0,042 | 0,15 |
| 6 | 4,5 | 76,0 | 0,75 | 1,1 | 0,12 | 0,016 |
| 4 | 7,5 | 80,5 | 0,90 | 1,8 | 0,10 | 0,019 |
| 7 | 4A160M8/6/4Y3 | 8 | 5,0 | 76,5 | 0,62 | 1,3 | 0,18 | 0,041 | 0,2 |
| 6 | 6,3 | 77,0 | 0,73 | 1,0 | 0,12 | 0,015 |
| 4 | 10,0 | 82,0 | 0,90 | 1,7 | 0,10 | 0,017 |
| 23 | 4A180M8/6/4Y3 | 8 | 8,0 | 78,0 | 0,73 | 1,4 | 0,16 | 0,035 | 0,28 |
| 6 | 10,0 | 83,5 | 0,81 | 1,2 | 0,075 | 0,015 |
| 4 | 12,5 | 83,5 | 0,92 | 1,6 | 0,079 | 0,018 |
| 24 | 4A200M8/6/4Y3 | 8 | 11 | 82,0 | 0,69 | 1,5 | 0,14 | 0,018 | 0,52 |
| 6 | 12 | 82,5 | 0,79 | 1,1 | 0,086 | 0,014 |
| 4 | 18,5 | 85,0 | 0,91 | 1,6 | 0,076 | 0,017 |
| 25 | 4A200L8/6/4Y3 | 8 | 14,0 | 83,0 | 0,70 | 1,5 | 0,14 | 0,038 | 0,58 |
| 6 | 15,0 | 85,5 | 0,81 | 1,2 | 0,076 | 0,014 |
| 4 | 21,0 | 85,5 | 0,92 | 1,4 | 0,066 | 0,015 |
| 26 | 4A225M8/6/4Y3 | 8 | 17,0 | 86,0 | 0,76 | 1,4 | 0,12 | 0,032 | 0,93 |
| 6 | 18,5 | 86,0 | 0,81 | 1,2 | 0,079 | 0,014 |
| 4 | 25,0 | 86,5 | 0,92 | 1,4 | 0,063 | 0,015 |
| 27 | 4A250S8/6/4Y3 | 8 | 20,0 | 88,0 | 0,77 | 1,1 | 0,097 | 0,024 | 1,7 |
| 6 | 22,0 | 85,5 | 0,75 | 0,6 | 0,053 | 0,008 |
| 4 | 30,0 | 87,0 | 0,92 | 1,1 | 0,053 | 0,012 |
| 28 | 4A250M8/6/4Y3 | 8 | 25,0 | 86,5 | 0,71 | 0,9 | 0,096 | 0,022 | 1,9 |
| 6 | 28,0 | 87,5 | 0,82 | 0,8 | 0,054 | 0,010 |
| 4 | 37,0 | 86,5 | 0,90 | 0,9 | 0,049 | 0,010 |

Данные электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | | Тип электродвига­теля | Число ттг>ттгг><^г>п |  | Рн, кВт | 11н. | COSCp, о.е. | s„, | Вычислено | | |
| Ю0, рад/с | Юн, рад/с | Мн,  Н-м |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Трехскоростной электродвигатель имеет три механические характеристики.

Рабочая часть механической характеристики электродвигателя строится в виде прямой линии по двум точкам:

1-я точка имеет координаты со = со(1 = О,1045/?,, при *М =* 0; где

*п0 -* синхронная частота вращения электромагнитного поля элек­тродвигателя, мин1; *М-*момент электродвигателя, Нм;

Синхронную частоту вращения электромагнитного поля электро­двигателя определить по числу полюсов электродвигателя, записан­ных в его типоразмере (табл. 14.1, цифры 2, 4, 6, 8, соответствующие синхронным частотам вращения 3000, 1500, 1000, 750 мин1).

2-я точка имеет координаты со = сон при *М = Му.*

сон =coo(l-SH), (14.1)

где .S',, - номинальное скольжение ротора электродвигателя, о. е.

(14.2)

Номинальный момент (Н-м) определяется по уравне где - номинальная мощность электродвигателя, Вт.

4,=^ со,

Значения синхронных скоростей со», номинальных скоростей сон и номинальных моментов *М,,* записать в табл. 14.2.

Построение механических характеристик выполнить на рисунке размером не менее 150x150 мм.



*• к пункту 3 плана занятия.* Принять, что механическая характе­ристика вентилятора при наибольшей номинальной скорости враще­ния сон проходит через точку номинального момента, т. е. Л/сн = *Мп.* Тогда при других, меньших скоростях вращения, момент на валу вентилятора определяется по формуле

со

<,=Мн(—Г- (14.1)

Вычислить момент для 5 точек механической характеристики вентилятора (пятая скорость должна соответствовать наименьшей номинальной скорости трехскоростного электродвигателя).

Построить механическую характеристику вентилятора со = ДЛ/С) на одном графике с тремя механическими характеристиками со *=fiM)* электродвигателя.

*Таблица 14.3*

Данные к расчету механической характеристики вентилятора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Угловая скорость со, рад/с | со  сон | /- \2  СО | Л/с по (14.1), Н-м |
| СОн = | 1 | 1 | М.н = |
| С01 = | 0,66 | 0,4356 |  |
| со2 = | 0,49 | 0,2401 |  |
| со3 = | 0,32 | 0,1024 |  |
| со4 = | 0.25 | 0.0625 |  |

Найти 2 точки пересечения механической характеристики вен­тилятора с 2 механическими характеристиками электродвигателя. Записать координаты этих точек (угловую скорость со2с, со3с и мо­менты Л/2с, Л/Зс) в табл. 14.4.

*Таблица 14.4*

Данные к расчету потребляемой мощности вентилятора на 3 скоростях вращения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угловая скорость трехскоростного электродвигателя при работе с вентилятором со, рад/с | *M2i,* Н-м | *Рц,* кВт | ■^наг, О.е. | Т]ь | *Ри,* кВт |
| Высшая сон = | М,н = | Рн = | 1 |  | Лн = |
| Средняя со2с = | ЛГ2с = |  |  |  |  |
| Низшая со3с = | Л Дс= |  |  |  |  |

Вычислить для точек пересечения характеристик (табл. 14.4) значения мощности (кВт) на валу вентилятора по формуле

Д, =Л£со,1(Г3. (14.2)

Вычислить коэффициент нагрузки электродвигателя для точек пересечения характеристик по формуле

(14.3)

где , - номинальная мощность электродвигателя на z-й характе­ристике, кВт. Трехскоростной электродвигатель имеет три номинальных значения мощности.

Вычислить КПД электродвигателя, работающего при высшей, средней и низшей скоростях вращения (табл. 14.4), по формуле

П, = 7 V-’ ’ <14 -4)

1 + | |. (а/^наг)+^наг

I Пн J 1 + а

где т|н - номинальный КПД электродвигателя, соответствует К||а| = I на каждой характеристике; трехскоростной электродвигатель имеет три номинальных значения КПД;

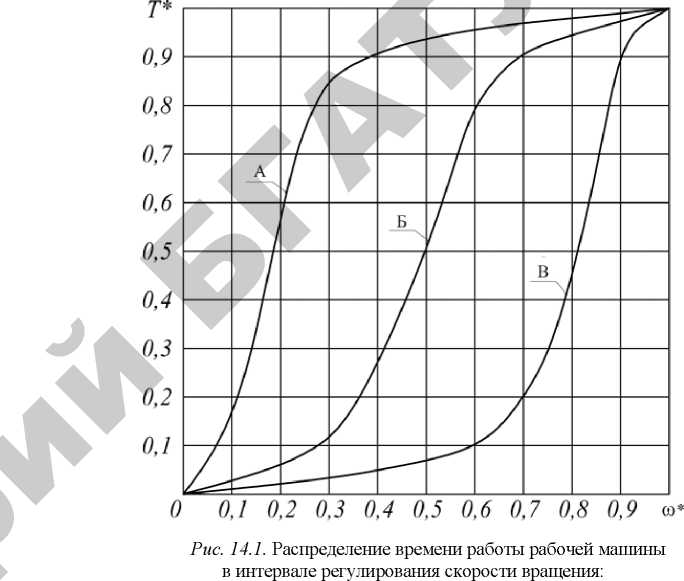
а - коэффициент потерь; а » 0,5-0,7; принять а = 0,6;

*Кнаг -* коэффициент нагрузки электродвигателя.

Вычислить потребляемую из сети мощность для трех скоростей вращения (табл. 14.4) по формуле

*•к пункту 4 плана занятия.* Пользуясь рис. 14.1 и кривой Б, определить время работы *Т\** на каждой из 3 ранее определенных скоростей вращения, записанных в табл. 14.4 (в относительных единицах). Время работы *Т\** записать по форме табл. 14.5.





А - с преобладанием времени на низших скоростях вращения;

Б - со средним временем работы на нижних и высоких скоростях вращения;

В - с преобладанием времени работы на высоких скоростях вращения

*Таблица 14.5*

Определение времени работы установки на каждой ступени угловой скорости вращения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Угловая скорость рад/с | Угловая скорость & , о. е. | \* Время Тг- , о. е. | Время *Т,* ч |
| С0н — | 1 | 1 |  |
| С£>2с = |  |  |  |
| ОЭзс |  |  |  |
|  | | \*  Z гг = | V *т=* 4000 ч |

Определить как сумму времени работы *Т[[4]](#footnote-4)* на каждом уча­стке и найти удельное время

|  |  |
| --- | --- |
|  | *Ту. -* у™ • <14-6) |

В числителе уравнения (14.6) записано общее время работы Zpa6 установки в году (4000 ч).

В табл. 14.5 относительные значения угловой скорости найти по уравнениям *а2с* = со2с/сон , =со3с/сон •

Время работы на любой скорости определяется следующим об­разом:

\*

(14.7)

*1 г ~ 1* уд-7 *i •*

Например, при угловой скорости сон СО\* =1,0 (табл. 14.5). При этой угловой скорости *Т\* =* 1 (рис. 14.1), значит, *Тн =Туд* -1 • Для угловой скорости со\* = со2с (табл. 14.5) по рис. 14.1 найти значение Д\* . Следовательно, 7'2с = *ТудТ\*\_с* и т. д.

После определения времени работы на каждой скорости и по­требляемой мощности на каждой скорости по формуле (14.2) найти расход электроэнергии

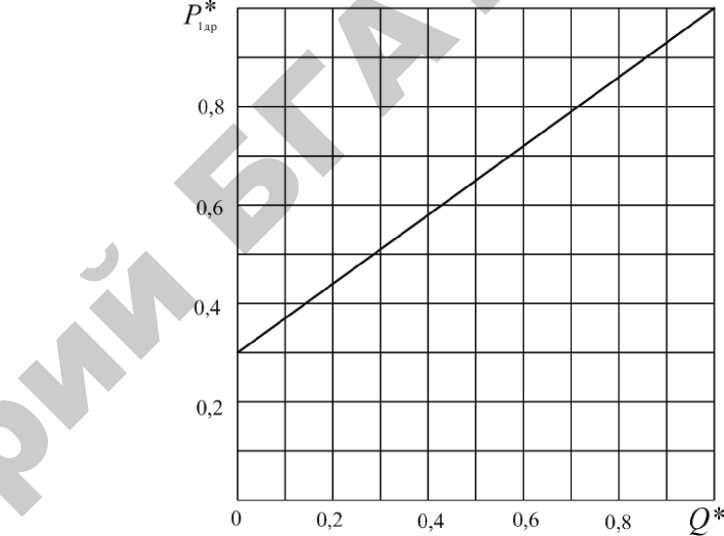
*W = Р,Т, + Р,пР + Р,,РР* (14.8)

CD Ixi 1 1 ДО 1-30 Д С 1 ' ,

где Р1н,7’12с,/>1зс- потребляемая мощность соответственно на выс­шей (первой), средней (второй) и низшей (третьей) скоростях вращения, кВт;

Д, ?2с, Тзс- время работы электродвигателя соответственно на высшей (первой), средней (второй) и низшей (третьей) скоростях вращения, ч.

Oi\*=l, что соответствует *Он* на высшей скорости coi\*. Другие подачи соответствуют скоростям <92 = <в2с и <9з = со3с .



*Рис. 14.2.* Изменение потребляемой мощности от производительности вентилятора при регулировании подачи задвижкой на трубопроводе

Перевод относительных единиц мощности в именованные вы­полнить по следующим формулам:

1 — -Р1др 1 -^Ih,

Лдр 2 = *Р* 1др 2 *Р*1Н; (14.9)

-^Щр 3 — *Р1др* 3 -Р1н,

где Pih - потребляемая мощность на высшей скорости (подаче), кВт.

Результаты вычислений записать в табл. 14.6.

Данные к расчету потребляемой мощности вентилятора при регулировании подачи задвижкой на трубопроводе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Подача воздуха при дросселировании задвижкой | Потребляемая мощность (по рис. 14.2) Р1др . о.е. | Потребляемая мощность г-, кВт |
| Высшая *Qi =* 1 | 1 | -Р1др1\_ |
| Средняя О2 = «>2с\*= |  |  |
| Низшая Оз = С0зс = |  |  |

*• к пункту 6 плана занятия.* Определить потребляемую энер­гию РГдр при регулировании подачи вентилятора задвижкой на тру­бопроводе по формуле

^Р=^дрЛ+^др24+^дрз4, (14.10)

где Р1др1,Р1др2.Р1дрз- потребляемая мощность соответственно на высшей (первой), средней (второй) и низшей (третьей) подачах, кВт;

7), ?2с, ?зс~ время работы электродвигателя соответствен­но на высшей (первой), средней (второй) и низшей (третьей) подачах, ч.

*• к пункту 7 плана занятия.* Экономия электроэнергии, кВт ч:

*\W=W№-Wa>.* (14.11)

Экономия электроэнергии, %:

ДРГ АЖ% = 100%. (14.12)

*W*др

**Контрольные вопросы:**

1. Как изменяется номинальная мощность и момент двухскоро­стного электродвигателя при переключении числа полюсов?
2. Какие схемы соединения обмоток встречаются в двухскорост­ном электродвигателе?
3. Сколько электромагнитных пускателей нужно для реализации схемы переключения обмоток трехскоростного электродвигателя?

Практическое звнятие 15

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТЕРА

**Цель занятия:** освоить методику определения экономии элек­троэнергии от регулирования скорости транспортеров в сравнении с нерегулируемым приводом.

**Задача.** Для электродвигателя своего варианта определить эко­номию электроэнергии от регулирования скорости транспортеров в сравнении с нерегулируемым приводом. В регулируемом приводе используется преобразователь частоты.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие транспортеры имеют механическую характеристику с постоянным моментом сопротивления от скорости?
2. От чего зависит эффект энергосбережения для транспортеров?

Литература:

1. Фоменков, А. П. Электропривод сельскохозяйственных ма­шин, агрегатов и поточных линий : учебник / А. П. Фоменков. - Москва : Колос, 1984. - 288 с.
2. Энергосберегающие технологии электроснабжения народного хозяйства : практическое пособие. В 5 кн. / под ред. В. А. Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский, Ю. В. Рожановский, А. О. Горнов. - Москва: Высшая школа, 1989.- 127 с.

План занятия:

1. Записать исходные данные по вариантам из табл. 15.1.
2. Определить момент холостого хода транспортера в относи­тельных единицах.
3. Построить зависимости *=f(Q)* для нерегулируемого и ре­гулируемого приводов транспортера.
4. Определить потребляемые мощности при всех заданных про­изводительностях для регулируемого и нерегулируемого электро­приводов.
5. Определить время работы транспортера на каждой производи­тельности. Принять средний закон распределения скорости в диа­пазоне регулирования.
6. Определить экономию электроэнергии при регулировании скорости транспортера в сравнении с нерегулируемым приводом.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Записать исходные данные по ва­риантам из табл. 15.1.

*Таблица 15.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номинальная мощность эле ктр о д в игате ля  Рн, кВт | Номинальный КПД электродвигателя  Лдн? 0//° | Усилие транспортера при холостом ходе  Р'х.х^Р'ном- о.е. | Номинальный КПД редуктора т]рн, о.е. | Снижение производительности транспортера по отношению к номинальной производи­тельности на величину подачи | | |
| А2’г | де’з | ДО\*4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 11 | 87 | 0,20 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,5 |
| 2 | 15 | 88 | 0,25 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,6 |
| 3 | 18,5 | 88,5 | 0,30 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,7 |
| 4 | 22 | 88,5 | 0,35 | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 5 | 30 | 90,5 | 0,40 | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,6 |
| 6 | 37 | 90 | 0,45 | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,7 |
| 7 | 45 | 91 | 0,5 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,5 |
| 8 | 55 | 91 | 0,55 | 0,9 | 0,1 | 0,4 | 0,5 |
| 9 | 75 | 91 | 0,6 | 0,9 | 0,1 | 0,4^ | 0,6 |
| 10 | 90 | 92 | 0,20 | 0,9 | 0,1 | 0,4 | 0,7 |
| 11 | И | 87,5 | 0,25 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 12 | 15 | 88,5 | 0,30 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| 13 | 18,5 | 89,5 | 0,35 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,6 |
| 14 | 22 | 90 | 0,40 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,7 |
| 15 | 30 | 91 | 0,45 | 0,85 | 0,2 | 0,4 | 0,5 |
| 16 | 37 | 91 | 0,5 | 0,85 | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| 17 | 45 | 92 | 0,55 | 0,85 | 0,2 | 0,4 | 0,7 |
| 18 | 55 | 92,5 | 0,6 | ’ 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| 19 | 75 | 93 | 0,20 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| 20 | 90 | 93 | 0,25 | 0,85 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| 113 | | | | | | | |



| н  S | Мощность электродви­гателя *Рн,* кВт | Номининальный  КПД электро­двигателя Т]дв, % | Усилие транспортера при холо­стом ходе *Р'i.y/P'*ном? о.е. | Номинальный  КПД редукто­ра т]р.н, о.е. | Снижение производи­тельности транспортера по отношению к номи­нальной производитель­ности на величину подачи | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *^0.2 =* | АСз'= | AG>4 = |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Исходные данные по варианту

ницах определяется по формуле

*F*

НОМ

Пр.н

Чр.х.х

(15.1)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 44 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 21 | 11 | 86 | 0,30 | 0,8 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 22 | 15 | 87,5 | 0,35 | 0,8 | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| 23 | 18,5 | 88 | 0,40 | 0,8 | 0,3 | 0,4 | 0,7 |
| 24 | 22 | 90 | 0,45 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,6 |
| 25 | 30 | 90,5 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 26 | 37 | 91 | 0,55 | 0,8 | 0,3 | 0,6 | 0,7 |
| 27 | 45 | 91,5 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| 28 | 55 | 91,5 | 0,20 | 0,8 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 29 | 75 | 92b | 0,25 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 30 | 90 | 93 | 0,30 | 0,8 | 0,1 | 0,3 | 0,6 |

Данные электродвигателя (по варианту) записать по форме табл. 15.2.

*Таблица 15.2*

*к пункту 2 плана занятия.* Момент холостого хода транспор­тера при постоянной скорости транспортера в относительных еди-

при холостом ходе; определяется по *М F. .*

где т]Р.х.х - КПД редуктора

рис. 15.1 при моменте на валу —= —— и кривой, соответст-

^^пол.н Сзом

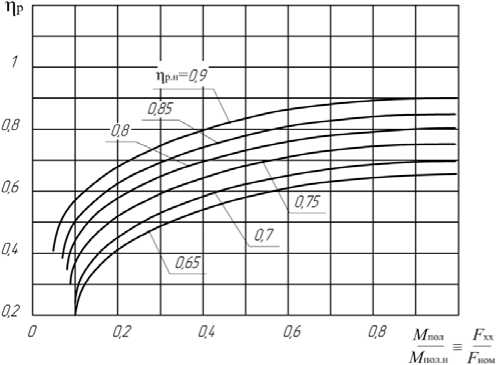
вующей т|р н. Например, если Fx.x/FHOm = 0,2 и т|р н = 0,9, то на линии

\* 0,9

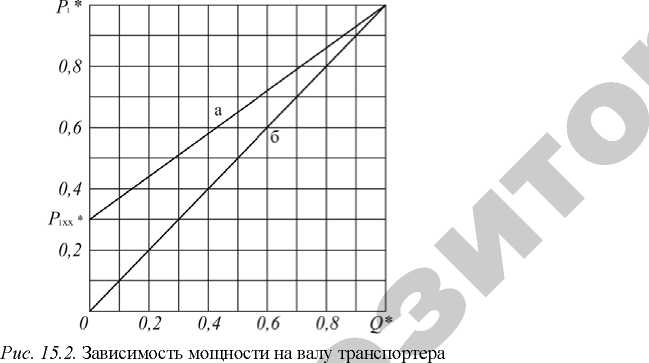
При = 0,9 находим п = 0,68. Тогда *М* = 0,2 = 0,264 .

р.х.х 0 68

*• к пункту 3 плана занятия.* Построить зависимости мощности на валу от производительности транспортера *Р = f(Q),* как показа­но на рис. 15.2 (масштаб: 1 см = 0,1 о.е.).



*Рис. 15.1.* Изменение КПД редукторов с зубчатыми передачами от нагрузки

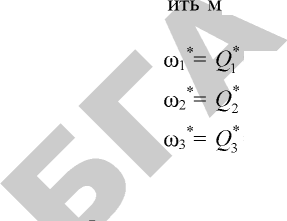


от производительности при нерегулируемом («) и регулируемом (б) приводах

Зависимость *Р\*= fi(O\*)* для нерегулируемого привода строится по

двум точкам: 1-я точка: *0 = 1* при*Р =* 1; 2-я точка: *Р =РХХ* при *0=0.*

Зависимость *Р = f2(O* ) для регулируемого привода строится по точкам: 1-я точка: *О* =1 иР =1; 2-я точка: Р = 0 и *О* =0.

*• к пункту 4 плана занятия.* Скорость транспортера при регу­лировании (в относительных единицах) пропорциональна произво­дительности транспортера. Найти производительности, для кото­рых требуется определ ощность на валу транспортера, по сле­дующим формулам:

= 1;

= 1-АО2\*;

(15.4)

= 1-АО3\*;

со4\*= 04 = 1-АО\*.

*• к пункту* 5 *плана занятия.* Пользуясь построенной зависимо­стью *Р = flO),* рис. 15.2 (линия *б),* определить мощность на валу

регулируемого электропривода транспортера (в относительных единицах, *Р\*2, Р\*3, Р\*Л, Р\*2, Р\*3,* для значений производи­тельности, найденных по формуле (15.4). Результаты поиска запи­сать по форме табл. 15.3.

*Таблица 15.3* Данные к расчету потребляемой мощности

электродвигателя регулируемого транспортера

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Производитель­ность транспортера | Мощность на валу транспортера при регу­лировании скорости  \* вращения *Р . ,* о. е. | Мощность на валу транспортера при регулировании скоро­сти вращения Pffl/, кВт | Потребляемая мощ­ность при регули­ровании скорости вращения Р1ю/, кВт |
| \* 01=1 | ^\*1=1 | *рв=* | ^н = |
| *Q>* | €= |  |  |
| *Q>* | р\* =  1 соЗ |  |  |
| *Q>* | Р\* =  1 оэ4 |  |  |

Перевести мощность, определенную в относительных единицах для регулируемого электропривода транспортера (табл. 15.3), в именованные единицы (кВт) по формуле

(15.5)

где /Д - номинальная мощность электродвигателя, кВт.

116

Потребляемая из сети мощность при регулировании скорости вращения транспортера (четвертый столбец табл. 15.3) определяет­ся по формуле

*Р^= —>* (15.6)

Пн

где т|н - номинальный КПД электродвигателя, о.е. Значение КПД оп­ределить по табл. 13.1 для коэффициента нагрузки 1,00. При регули­ровании скорости вращения с помощью преобразователя частоты КПД электродвигателя изменяется несущественно, поэтому для всех значений производительности считать его постоянным.

Пользуясь построенной зависимостью *Р = flO),* рис. 15.2 (ли­ния *а),* определить мощность на валу нерегулируемого электропри­вода транспортера (в относительных единицах Д , *Р2, Р3, Р4* ) для значений производительности, найденных по формуле (15.4). Ре­зультаты поиска записать по форме табл. 15.4.

*Таблица 15.4*

Данные к расчету потребляемой мощности

электродвигателя нерегулируемого транспортера

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Производи­тельность транспортера | Мощность на валу нерегулируемого  \* транспортера *Pi ,* о.е. | Д, кВт |  | 11,. О.е. | Потребляемая мощность нерегу­лируемого транс­портера *Ру ,* кВт |
| e>i | Д\*=1 | *Р.=* | 1 | Пн = | ^н = |
| *Q>* | *р;=* | *Р2 =* |  |  |  |
| *Q>* | *р\* =* 1 3 | *Рз =* |  |  |  |
| *Q>* | х= 1 4 | *р4 =* |  |  |  |

Вычислить коэффициент нагрузки (электродвигателя нерегули­руемого транспортера) по формуле

*K^=PjP„*

(15.7)

где /Д - номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Вычислить КПД электродвигателя нерегулируемого транспорте­ра мощности на валу *Р2, Рз, Рл* (табл. 15.4) по формуле





(15.8)

П, =

(а/А?наг) + А?наг

1 + а

(15.9)

1~П,

Пн

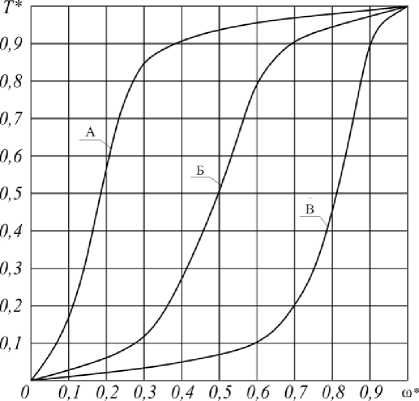
где т|н - номинальный КПД электродвигателя, соответствует *Ктт=* 1,0; а - коэффициент потерь; а » 0,5-0,7; принять а = 0,6;

А?наг - коэффициент нагрузки электродвигателя, о. е.

Вычислить потребляемую электродвигателем из сети мощность для нагрузок на валу *Р2, Рз, Рл* (табл. 15.4) по формуле

П,

*• к пункту 6 плана занятия.* Принять время работы транспортера в году равной 4000 ч.

Пользуясь рис. 15.3 и кривой Б, определить время работы *Т\** на каждой из 4 ранее определенных производительностей, записанных в табл. 15.3 и табл. 15.4 (в относительных единицах). Время работы записать по форме табл. 15.5.

*Рис. 15.3.* Распределение времени работы рабочей машины в интервале регулирования скорости вращения:

А - с преобладанием времени на низших скоростях вращения;

Б - со средним временем работы на нижних и высоких скоростях вращения;

В - с преобладанием времени работы на высоких скоростях вращения

*Таблица 15.5*

Определение времени работы установки на каждой ступени производительности транспортера

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Производительность транспортера | Время *Т. ,* о. е. | Время *Т.,* ч |
| \* a = i | 1 |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| *Q>* |  |  |
|  | I *р =* | V *Т* = 4000 |

определить как сумму времени работы *Т\** на каждом участ­ке и найти удельное время

В числителе уравнения (15.10) записано общее время работы Граб установки в году (4000 ч).

Время работы с любой производительностью определяется сле­дующим образом:

*Tt=TyJ\*.*

*• к пункту 7 плана занятия*

Расход энергии в нерегулируемом электроприводе транспортера:

^нр *+ № + Р13Т3 +Р14Т4.* (15.12)

Расход энергии в регулируемом электроприводе транспортера:

*W=PT+P Т +Р Т+Р Т* (15 13)

Экономия электроэнергии, кВт-ч:

Д1Г = РРнр-РГш. (15.14)

Экономия электроэнергии, %

ДЖ = 100 %.

Контрольные вопросы:

(15.15)

1. Как изменяется КПД редуктора и электродвигателя от нагруз­ки на валу? Постройте кривые изменения этих величин.
2. Постройте графические зависимости, показывающие измене­ние потребляемой мощности регулируемого и нерегулируемого

электроприводов от производительности транспортера.



Практическое занятие № 16

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

**Цель занятия:** освоить методику расчета потерь при переходных процессах в электроприводе с возможностью энергосбережения.

Задачи:

1. Для односкоростного электродвигателя определить энерго­сберегающий способ торможения при следующих условиях:

* разбег и торможение противовключением электродвигателя осуществляются вхолостую, без нагрузки на валу;
* приведенный момент инерции на валу электродвигателя со­ставляет 4./р д;
* динамическое торможение осуществляется постоянным током, превышающим номинальный ток электродвигателя в 2 раза.

1. Для трехскоростного электродвигателя определить энергосбе­регающие условия пуска при следующих условиях:

* разбег осуществляется вхолостую, без нагрузки на валу;
* приведенный момент инерции на валу электродвиг ставляет 4./р д.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что понимают под переходными процессами в электроприводе?
2. Какие виды электрического торможения вам известны?

Литература:

1. Чиликни, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для ву­зов / М. Г. Чиликни, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
2. Энергосберегающие технологии электроснабжения народного хозяйства : практическое пособие. В 5 кн. / под ред. В. А. Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский, Ю. В. Рожановский, А. О. Горнов. - Москва: Высшая школа, 1989.- 127 с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по своему варианту из табл. 16.1.
2. Определить потери энергии при пуске асинхронного электродви­гателя с короткозамкнутым ротором при отсутствии нагрузки на валу.
3. Определить потери энергии при торможении противовключе­нием асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.
4. Определить потери энергии при динамическом торможении асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.
5. Выписать из табл. 14.1 параметры трехскоростного электро­двигателя по своему варианту.
6. Определить потери энергии при прямом пуске трехскоростно­го электродвигателя на высшую скорость.
7. Определить потери энергии при ступенчатом пуске трехско­ростного электродвигателя на высшую скорость.
8. Определить эффект энергосбережения при ступенчатом пуске трехскоростного электродвигателя на высшую скорость.

Методические указания:

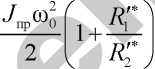
*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать параметры электродви­гателя из табл. 16.1 в табл. 16.2.

*Таблица 16.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| н g к | Типоразмер электродвига­теля | Номинальная мощность Рн, кВт | Момент инерции ротора электродви­гателя Тр.д, кг-м2 | Приведенное сопротивление фазы обмотки, о.е. | | Приведенное главное индук- тивное сопро- \* тивление *X' ,*  Ц  о. е. | Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки рото- ра *Х'2 ,* о. е. |
| статора  *К* | ротора  *К* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | *5* | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 4А132М2УЗ | и | 0,023 | 0,040 | 0,025 | 4,2 | 0,12 |
| 2 | 4A160S2Y3 | 15 | 0,048 | 0,052 | 0,022 | 4,0 | 0,12 |
| 3 | 4А160М2УЗ | 18,5 | 0,053 | 0,049 | 0,022 | 4,5 | 0,12 |
| 4 | 4A180S2Y3 | 22 | 0,070 | 0,039 | 0,020 | 3,6 | 0,11 |
| 5 | 4А180М2УЗ | 30 | 0,085 | 0,030 | 0,018 | 3,8 | 0,11 |
| 6 | 4А200М2УЗ | 37 | 0,150 | 0,029 | 0,021 | 4,1 | 0,12 |
| 7 | 4A200L2Y3 | 45 | 0,170 | 0,027 | 0,002 | 4,9 | 0,13 |
| 8 | 4А225М2УЗ | 55 | 0,250 | 0,026 | 0,019 | 5,6 | 0,12 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 4A250S2Y3 | 75 | 0,470 | 0,021 | 0,015 | 4,8 | 0,13 |
| 10 | 4А250М2УЗ | 90 | 0,520 | 0,020 | 0,016 | 5,2 | 0,13 |
| И | 4АВ2М4УЗ | И | 0,040 | 0,043 | 0,032 | 3,2 | 0,13 |
| 12 | 4A160S4Y3 | 15 | 0,100 | 0,047 | 0,025 | 4,0 | 0,13 |
| 13 | 4А160М4УЗ | 18,5 | 0,130 | 0,042 | 0,024 | 4,3 | 0,13 |
| 14 | 4A180S4Y3 | 22 | 0,190 | 0,041 | 0,021 | 4,0 | 0,12 |
| 15 | 4А180М4УЗ | 30 | 0,230 | 0,034 | 0,018 | 3,9 | 0,12 |
| 16 | 4А200М4УЗ | 37 | 0,370 | 0,039 | 0,018 | 4,4 | 0,14 |
| 17 | 4A200L4Y3 | 45 | 0,450 | 0,034 | 0,017 | 4,6 | 0,14 |
| 18 | 4А225М4УЗ | 55 | 0,640 | 0,027 | 0,015 | 4,2 | 0,14 |
| 19 | 4A250S4Y3 | 75 | 1,000 | 0,025 | 0,014 | 4,4 | 0,11 |
| 20 | 4А250М4УЗ | 90 | 1,200 | 0,024 | 0,014 | 5,0 | 0,12 |
| 21 | 4A160S6Y3 | И | 0,140 | 0,073 | 0,030 | 3,0 | 0,15 |
| 22 | 4А160М6УЗ | 15 | 0,180 | 0,062 | 0,028 | 3,0 | 0,16 |
| 23 | 4А180М6УЗ | 18,5 | 0,220 | 0,056 | 0,026 | 2,9 | 0,13 |
| 24 | 4А200М6УЗ | 22 | 0,400 | 0,050 | 0,024 | 4,1 | 0,14 |
| 25 | 4A200L6Y3 | 30 | 0,450 | 0,046 | 0,022 | 3,7 | 0,13 |
| 26 | 4А225М6УЗ | 37 | 0,740 | 0,042 | 0,019 | 3,7 | 0,13 |
| 27 | 4A250S6Y3 | 45 | 1,200 | 0,037 | 0,015 | 3,8 | 0,14 |
| 28 | 4А250М6УЗ | 55 | 1,300 | 0,034 | 0,014 | 3,4 | 0,13 |
| 29 | 4A280S6Y3 | 75 | 2,900 | 0,032 | 0,021 | 3,7 | 0,13 |
| 30 | 4А280М6УЗ | 90 | 3,4 | 0,030 | 0,019 | 3,5 | 0,12 |

*Таб.тща 16.2*

АРК

(16.1)

Исходные данные по варранту

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер электродвига­теля | Л[[5]](#footnote-5) кВт | 7р.д, кг-м2 | \* AJ , о. е. | \*  Л2 ’ °' е' | \* | *Х'2 .* о. е. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

где Jlip - приведенный момент инерции, кг-м2; ./||р = 4./р д;

С0о - угловая синхронная скорость электромагнитного поля, рад/с; при 2 полюсах со0 = 314 рад/с; при 4 полюсах соо =157 рад/с; при 6 полюсах со0 = 104,66 рад/с;

yj'\* *R^\*-* приведенные сопротивления фазы обмотки статора и ро­тора, о.е. (табл. 16.1).

*• к пункту 3 плана занятия.* Потери энергии при торможении зием:

противов:

h~A^=3A^n. (16.2)

*плана занятия.* Потери энергии при динамическом

*к пункт]*

южении:

АРКдт =АРКс+АРКк, (16.3)

где АЖС - потери энергии в обмотке статора при протекании посто­янного тока возбуждения, Дж;

АН/, - кинетическая энергия вращающегося ротора, Дж:

ад;

Л1рЮ0

2

(16.4)

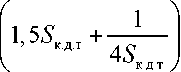
Потери энергии в обмотке статора при протекании постоянного тока возбуждения по двум обмоткам статора определяются выра­жением

АГ=/;2/?|/л1. (16.5)

где Д - постоянный ток при динамическом торможении, А; принять *!,,= 211И,* где Дн - номинальный ток электродвигателя, А;

/?i - сопротивление обмотки статора электродвигателя, Ом; значе­ние сопротивления обмотки статора (о. е.) (табл. 16.1), пе­ресчитать по формуле (16.11) в именованные единицы (Ом);

Д т - время динамического торможения электродвигателя, с. Время динамического торможения определить по формуле где *Г,, -* электромеханическая постоянная времени электродвигате­ля, с;



(16.6)

5КДТ - критическое скольжение при динамическом торможении, о.е.

Электромеханическая постоянная времени электродвигателя *Ты* определяется по формуле

(16.7)

где *Мк т -* критический момент при динамическом торможении, Нм:

3Z2 *x'\*2U,.*

- - экв р. 1ф

(16.8)

Л +Х2 )

где .у, *, х2* - приведенное индуктивное сопротивление намагничи­вающей цепи и приведенное сопротивление обмотки ротора, о. е. (табл. 16.1);

/экв - переменный ток, эквивалентный постоянному /в по величине создаваемого магнитного поля, А; /экв = 0.816/,. при схеме обмоток «звезда» и подключении постоянного тока к двум фазам;

П1ф - номинальное фазное напряжение, В; П1ф= 220 В;

/1н - номинальный ток электродвигателя, А:

1000Рн

(16.9)

3^1Ф coscpHnH ’

где coscpH и т|н - номинальный коэффициент мощности и номиналь­ный КПД электродвигателя, о. е.

Критическое скольжение при динамическом торможении:

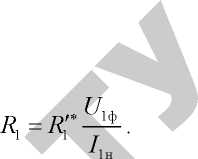


Г1

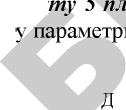
(16.10)

где - приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора, о. е. (по табл. 16.1).

Сопротивление обмотки 1 фазы, Ом:



Сравнить потери энергии при торможении противовключением с потерей энергии при динамическом торможении и выбрать наи­более экономичный вариант.

*а занятия.* Выписать из табл. 14.1 по своему грехскоростного электродвигателя в табл. 16.3.

*• к пунк* вариант

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2 Tj  Q | Тип элек­тродвига­теля | Число пп тттгчлп |  | *Р№* кВт | Пн, % | coscp, о.е. | *s№ %* | Сопротивление | | Момент инерции ротора Ур д, кг-м2 |
| , о.е. | *К'2* ,0.е. |
|  | |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |

анные трехскоростного электродвигателя

*Таблица 16.3*

*• к пункту 6 плана занятия.* При прямом пуске трехскоростно­го электродвигателя сразу на высшую скорость потери энергии со­ставят, Дж:

ДИЛ *= J* ^03 прям пр 2

Гч.оз

(16.12)

где (Воз- синхронная скорость электромагнитного поля при наимень­шем числе полюсов, рад/с. Индекс «03» означает третью, высшую скорость. Значения *R^()3,R^()3* взять из табл. 16.3.

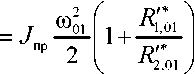
*• к пункту 7 плана занятия.* При ступенчатом пуске электро­двигателя сначала на низшую скорость, потом на среднюю и, нако­нец, на высшую скорость потери энергии составят: где АИ7], APT,, АЖз - потери энергии на каждой ступени пуска, Дж.

*A^Tyn=AW1+A^+AW3,*

*(16.13)*

На первой ступени пуска потери энергии составят:

126



(16.14)

На второй ступени пуска начальная скорость - CDoi, а конечная - С0о2. Изменение скорости Асо02 составит:

Лсо(12 = со(12 - со,я . (16.15)

Тогда

д 2 *С ту\**

1 + 2121 (16 16)

2 пр q ZX\* ' 7

^2,02 J

На третьей ступени скорости начальная угловая скорость есть С0о2, а конечная - со0з. Изменение скорости составит:

Лсо(13 = со(13 - со(12. (16.17)

Тогда

д 2 *С ту\** Л

ДРК=1 1 + -^- • (16.18)

У ^2,03 у

*• к пункту 8 плана занятия.* Сравнить потери энергии при пря­мом и при ступенчатом пусках электродвигателя. Определить, во сколько раз потери энергии при прямом пуске больше, чем потери энергии при ступенчатом пуске электродвигателя.

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды электрического торможения. Каковы харак­терные особенности каждого вида? Как они реализуются в приводе с асинхронным электродвигателем?
2. Постройте графики механических характеристик асинхронно­го электродвигателя для всех видов торможения.



Практическое занятие17

НАГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМАХ РАБОТЫ SI, S2, S3

**Цель занятия:** научиться рассчитывать температуру обмотки электродвигателя в различных режимах работы электропривода.

**Задача.** Для заданных нагрузочных диаграмм, характеризую­щихся режимами работы SI, S2, S3 асинхронного электропривода, рассчитать и построить кривую нагрева и охлаждения электродви­гателя за время работы. Определить по графику максимальную температуру нагрева обмотки и установить, пригоден ли электро­двигатель по нагреву для указанных режимов работы.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что такое постоянная времени нагрева? Как она обозначается и в каких единицах измеряется?
2. Какие классы изоляционных материалов по нагревостойкости применяют в электродвигателях?

**Литература.** Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выписать из табл. 17.1 технические данные заданного элек­тродвигателя.
2. Определить постоянные времени нагрева и охлаждения элек­тродвигателя.
3. Построить нагрузочную диаграмму режима S1 по данным табл. 17.2.
4. Рассчитать и построить кривую нагрева электродвигателя за время работы в режиме S1. Определить по графику максимальную температуру нагрева обмотки.
5. Построить нагрузочную диаграмму режима S2 по данным табл. 17.2. Рассчитать и построить кривую нагрева электродвигате­ля за время работы в режиме S2. Определить по графику макси­мальную температуру нагрева обмотки.
6. Построить нагрузочную диаграмму режима S3 по данным табл. 17.2. Рассчитать и построить кривую нагрева электродвигате­ля за время работы в режиме S3. Определить по графику макси­мальную температуру нагрева обмотки.

Методические указания

*•к пункту 1 плана занятия.* Выписать из табл. 17.1 техниче­ские данные электродвигателя по своему варианту.

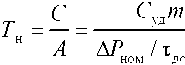
*Таблица 17.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Типоразмер | Номинальная мощность *Рн,* кВт | Номиналь­ный КПД т]„. | Масса *т,* кг | Класс нагревостойкости |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | АИР50А4 | 0,06 | 53 | 2,6 | в |
| 2 | АИР50В4 | 0,09 | 57 | 2,9 | в |
| 3 | АИР56А4 | 0,12 | 63 | 3,35 | в |
| 4 | АИР56В4 | 0,18 | 64 | 3,9 | в |
| 5 | АИР63А4 | 0,25 | 68 | 4,7 | в |
| 6 | АИР63В4 | 0,37 | 68 | 5,6 | в |
| 7 | АИР71А4 | 0,55 | 70,5 | 7,8 | в |
| 8 | АИР71В4 | 0,75 | 73 | 8,8 | «в |
| 9 | АИР80А4 | Ы | 75 | 9,9 | Jb |
| 10 | АИР80В4 | 1,5 | 78 | 12,1 | в |
| 11 | AHP90L4 | 2,2 | 81 | 17 | "в |
| 12 | AHP100S4 | 3,0 | 82 | 21,61 | в |
| 13 | AHP100L4 | 4,0 | 85 | 27,3 | в |
| 14 | АИР112М4 | 5,5 | 85,5 | 41 | в |
| 15 | AHP132S4 | 7,5 | 87,5 | 58 | в |
| 16 | АИР132М4 | 11 | 87,5 | 70 | в |
| 17 | AHP160S4 | 15 | 90 | \* 100 | F |
| 18 | АИР160М4 | 18,5 | 90,5 | ПО | F |
| 19 | AHP180S4 | 22,0 | 90,5 | 170 | F |



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 20 | АИР63А6 | 0,19 | 56 | 4,65 | В |
| 21 | АИР63В6 | 40.25 | 5Т | 5,6 | В |
| 22 | АИР71А6 | 10.37 | 65 | 7,8 | В |
| 23 | АИР71В6 | 0,55 | Г68,5 | 8,6 | в |
| 24 | АИР80А6 | 0.75 t | 70 | 11,6 | в |
| 25 | АИР80В6 | IX | 74 | 13,4 | в |
| 26 | AHP90L6 | , 1,5 | 76 | 16,9 | в |
| 27 | AHP100L6 | 2,2 | 81 | 22,8 | в |
| 28 | АИР112МА6 | 3 | 81 | 35 | в |
| 29 | АИР112МВ6 | 4 | 82 | 40,4 | в |
| 30 | AHP132S6 | 5,5 | 85 | 57 | в |

*• к пункту 2 плана занятия.* Постоянную времени нагрева электродвигателя определить по формуле

ДОП. НОМ

(17.1)

где СУд - удельная теплоемкость, Дж/(кг-град), Суд = 420 Дж/(кг-град); масса электродвигателя, кг;

*т -* номинальное превышение температуры электродвигателя; ^ДОП.НОМ для класса нагревостойкости В - 80 °C; для F - 100 °C; АТ’ном - потери при номинальной нагрузке, Вт:



НОМ н

(17.2)

где т|н - КПД электродвигателя при номинальной нагрузке, о.е.;

- номинальная мощность электродвигателя, Вт.

Постоянная времени охлаждения для самовентелируемых элек­тродвигателей:



Г

0,5

= 2^,

(17.3)

где р0 - коэффициент ухудшения теплоотдачи в неподвижном со­

стоянии; ро = 0,5.

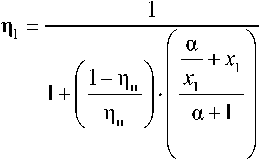
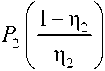
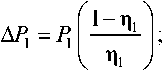
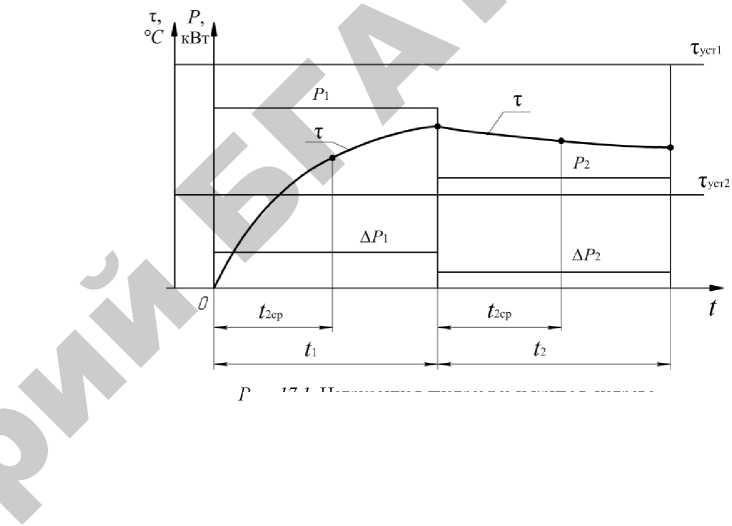
*• к пункту 3 плана занятия.* Построить нагрузочную диаграм­му режима S1 по данным табл. 17.2.

*Таблица 17.2*

Нагрузочные диаграммы режимов SI, S2, S3, приведенные к валу электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | | Режим S1, рис. 17.1 | | | | Режим S2. рис. 17.2 | | | | Режим S3, рис. 17.3 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Л, кВт | Р2, кВт | Р, мин | р, мин | Рь кВт | р2, кВт | р, мин | р, мин | Р1,Рз, р5,р7, *Р 9,* Р1Ь кВт | Р 2, Р4, Р6, Р§, Р10, Р12, кВт | Р, Р, Р,  Р, Р, Pi, мин | р, р, р, Р, Ро,  Л 2, МИН |
| 1 | 0,07 | 0,04 | 20 | 25 | 0,07 | 0 | 20 | 200 | 0,07 | 0 | 6 | 4 |
| 2 | 0,10 | 0,06 | 30 | 30 | 0,1 | 0 | 30 | 300 | 0,10 | 0 | 7 | 3 |
| 3 | 0,13 | 0,08 | 25 | 25 | 0,13 | 0 | 25 | 250 | 0,13 | 0 | 8 | 2 |
| 4 | 0,20 | 0,10 | 25 | 30 | 0,20 | 0 | 25 | 250 | 0,20 | 0 | 6 | 4 |
| 5 | 0,30 | 0,15 | 30 | 25 | 0,30 | 0 | 30 | 300 | 0,30 | 0 | 7 | 3 |
| 6 | 0,40 | 0,25 | 25 | 30 | 0,40 | 0 | 25 | 250 | 0,40 | 0 | 8 | 2 |
| 7 | 0,60 | 0,30 | 20 | 25 | 0,60 | 0 | 20 | 200 | 0,60 | 0 | 5 | 5 |
| 8 | 0,80 | 0,40 | 25 | 30 | 0,80 | 0 | 25 | 250 | 0,80 | 0 | 6 | 4 |
| 9 | 1,2 | 0,80 | 30 | 30 | 1,2 | 0 | 30 | 300 | 1,2 | 0 | 7 | 3 |
| 10 | 1,7 | 0,90 | 35 | 30 | 1,7 | 0 | 35 | 350 | 1,7 | 0 | 8 | 2 |
| 11 | 2,5 | 1,3 | 35 | 35 | 2,5 | 0 | 35 | 350 | 2,5 | 0 | 5 | 4 |
| 12 | 3,5 | 1,75 | 35 | 35 | 3,5 | 0 | 35 | 350 | 3,5 | 0 | 6 | 3 |
| 13 | 4,5 | 2,2 | 35 | 35 | 4,5 | 0 | 35 | 350 | 4,5 | 0 | 7 | 2 |
| 14 | 5,8 | 3,0 | 35 | 40 | 5,8 | 0 | 35 | 350 | 5,8 | 0 | 8 | 1 |
| 15 | 8,0 | 4,0 | 40 | 35 | 8,0 | 0 | 40 | 400 | 8,0 | 0 | 4 | 5 |
| 16 | 12 | 8 | 20 | 40 | 12 | 0 | 20 | 200 | 12,0 | 0 | 5 | 4 |
| 17 | 18 | 9 | 30 | 30 | 18 | 0 | 30 | 300 | 18,0 | 0 | 6 | 3 1 |
| 18 | 20 | 10 | 30 | 30 | 20 | 0 | 30 | 300 | 20,0 | 0 | 7 | 2 |
| 19 | 25 | 13 | 30 | 35 | 25 | 0 | 30 | 300 | 25,0 | 0 | 8 | 1 |
| 20 | 0,2 | 0,15 | 20 | 25 | 0,2 | 0 | 20 | 200 | 0,2 | 0 | 5 | 4 |
| 21 | 0,30 | 0,15 | 25 | 25 | 0,3 | 0 | 25 | 250 | 0,3 | 0 | 8 | 5 |
| 22 | 0,39 | 0,2 | 25 | 30 | 0,39 | 0 | 25 | 250 | 0,39 | 0 | 1 6 | 4 |
| 23 | 0,60 | 0,30 | 30 | 25 | 0,60 | 0 | 30 | 300 | 0,60 | 0 | 7 | 3 |
| 24 | 0,80 | 0,40 | 30 | 30 | 0,80 | 0 | 30 | 300 | 0,80 | 0 | 8 | 2 |
| 25 | 1,2 | 0,6 | 30 | 30 | 1,2 | 0 | 30 | 300 | J | 0 | 9 | 1 |
| 26 | 1,8 | 0,9 | 35 | 35 | 1,8 | 0 | 35 | 350 | 1,8 | 0 | 5 | 5 |
| 27 | 2,5 | 1,2 | 35 | 35 | 2,5 | 0 | 35 | 350 | 2,5 | 0 | 6 | 4 |
| 28 | 3,3 | 1,8 | 37 | 37 | 3,3 | 0 | 37 | 370 | 3,3 | 0 | 7 | 3 |
| 29 | 4,8 | 2,5 | 35 | 40 | 4,8 | 0 | 35 | 350 | 4,8 | 0 | 8 | 2 |
| 30 | 6,0 | 3,0 | 40 | 40 | 60 | 0 | 40 | 400 | 6,0 | 0 | 9 | 1 |

Нагрузочную диаграмму построить по образцу, приведенному на рис. 17.1.



На вертикальной оси отложить мощности *Р\, Р2* и потери мощно­сти ДР] и *ЛР2* (в одном масштабе). Рядом отложить ось превышения температуры т. Размер рисунка - 100х 150 мм.

Потери мощности найти с использованием следующих формул:

*Рис. 17.1.* Нагрузочная диаграмма и кривая нагрева электродвигателя в режиме S1

Г,мин

(17.4)

(17.5)

(17.6)

П2 = Ц > > (17.7)

а  
Z х 1- X,

1+| ^Пн | *ь*

I Пн J а + 1

где а - коэффициент потерь, равный отношению постоянных по­терь к переменным; принять а = 0,6.

Коэффициент загрузки электродвигателя:

х1=|-; (17.8)

1 н

р, Х2= —. (17.9)

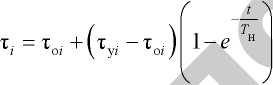
Установившееся превышение температуры электродвигателя на каждом участке нагрузочной диаграммы:

(17.10)

|  |  |
| --- | --- |
| АР, 1”=—г | ДР,  = ■ <|71|>  ном  Т доп. ном |

Отложить ДРЬ ЛР2, Ту 1, тУ2 на графике (см. образец на рис. 17.1).

*• к пункту 4 плана занятия.* Расчет температуры превышения выполнить по уравнению



(17.12)

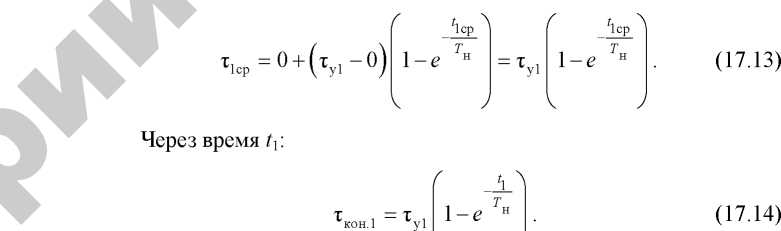
где т0, - установившееся превышение температуры электродвига­теля, которое бы наступило при неограниченно длитель­ной его работе с нагрузкой z-го участка, °C;

*t -* текущее значение времени по участкам, мин;

7^ - постоянная времени нагрева электродвигателя, мин.

При расчете кривой т = /(/) необходимо для каждой нагрузки значения текущего времени брать в начале, в конце и в середине выбранного участка нагрузочной диаграммы. В этом случае кривая нагревания будет строится по трем точкам, расположенным в нача­ле, в конце и в средине участка.

На первом участке т0 = 0, в конце первого участка ткон i = тНач.2- Чтобы определить, нагрев или охлаждение будет на втором участ­ке, необходимо сравнить начальное превышение температуры на данном участке, т. е. тНач2 с установившимся значением ту2. Если Тнач.2 < ту2, т0 будет происходить нагрев электродвигателя, если Тнач.2 > Л-2- то будет происходить охлаждение.

Через время Лср:

Через время ср температура составит:

*1-е*

(17.15)

ГДеТнач.2 ^кон. 1-

Через время *t2:*

т 0

кон.2

= ^нач.2 + (Ту.2 - ^нач.2 X1 “ £ ^ ) •

(17.16)

Определить по данным построенного графика максимальную температуру нагрева обмотки.

*• к пункту 5 плана занятия.* Построить нагрузочную диаграм­му S2 в масштабе так, чтобы по оси времени можно было отложить полное время 6 + А-

Поскольку нагрузка Pi аналогична режиму S1, а время работы одно и тоже (см. табл. 17.2), то ДЛ, туЬ Ticp, Т2кон, Тн соответствуют режиму S1 и расчетам пункта 2 плана занятия, а кривая нагрева может быть взята из рис. 17.1.

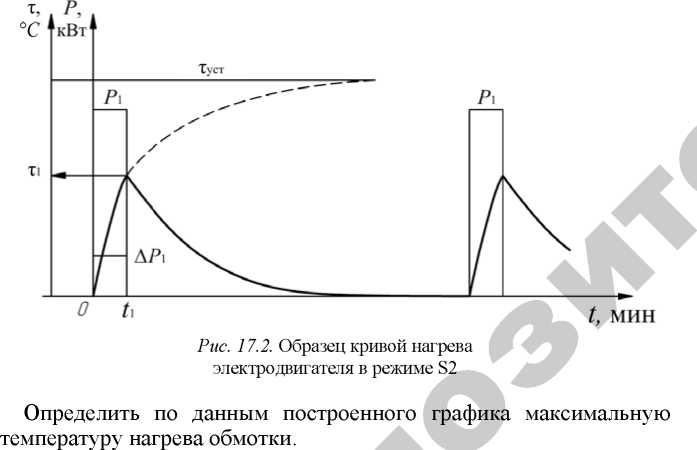
Температура электродвигателя при охлаждении вычисляется по формуле

*t*

Т^кон.!-^. (17.17)

Рекомендуется разбить время А на 5 участков и подставлять их значения в формулу (17.17).

По результатам расчетов построить кривую нагрева и охлажде­ния электродвигателя, как показано на рис. 17.2.





*• к пункту 6 плана занятия.* Построить нагрузочную диаграм­му режима S3 в масштабе так, чтобы 60 минут соответствовало 120 мм (рис. 17.3).

*Рис. 17.3.* Образец кривой нагрева и охлаждения электродвигателя в режиме S3

(17.18)

т, = т

= т

*т*

1 н

= т2

оскольку Pi режима S3 соответствует режима S1, то туЬ *Тп,* соответствует расчетам пунктов 2 и 3 плана занятий, т. е. ту = туь

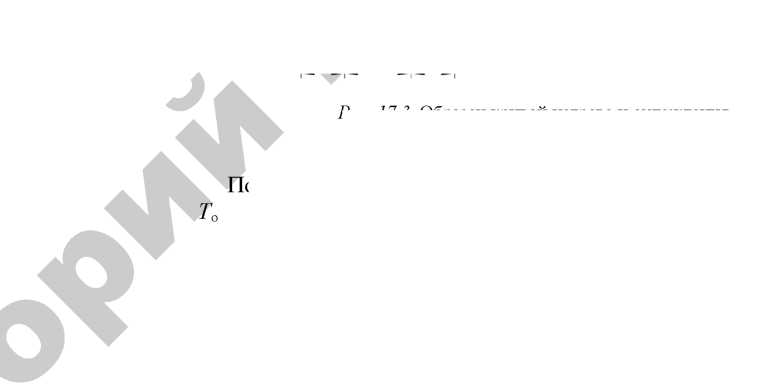
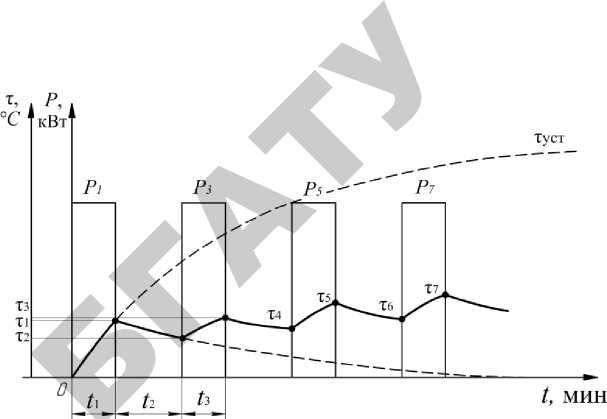
ту -т2

*1-е т'*

(17.19)

*-е*

(17.20)



(17.21)

= т3 • *е т°*

= Т4 + (Ту -

Т4) 1

(17.22)

**Т6 = т5 •<? Т° ИТ. Д., ДО** Тц.

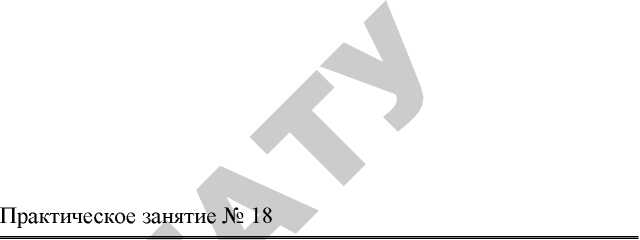
По данным расчетов построить зависимость т = /(/), как показа­но на рис. 17.3.

Определить по данным построенного графика максимальную температуру нагрева обмотки.

Контрольные вопросы:

1. Почему постоянные времени нагревания и охлаждения одного и того же электродвигателя имеют различные значения?
2. Как определить количество тепла, выделенного электродвига­телем при его работе?
3. Напишите уравнение теплового баланса для электродвигателя.
4. Постройте кривые изменения температуры электродвигателя в режимах S1, S2, S3.





ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S1

**Цель занятия:** освоить методику выбора по мощности асин­хронного электродвигателя для работы в режиме S1.

**Задача.** Для заданной нагрузочной диаграммы рабочей машины выбрать четырехполюсный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Рабочий вал машины связан с валом электродвигателя через ременную передачу.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем характеризуется режим работы S1 ?
2. Какое временя работы электродвигателя характерно для ре­жима работы S1 (по сравнению с постоянной времени нагрева)?

**Литература.** Чиликин, **М. Г.** Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Мо­сква : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по своему варианту.
2. Построить нагрузочную диаграмму рабочей машины.
3. Определить среднюю мощность нагрузки, приведенную к ва­лу электродвигателя.
4. Определить мощность электродвигателя по методу средних потерь.
5. Проверить выбранный электродвигатель по условиям пуска.
6. Проверить выбранный электродвигатель по условиям пре­одоления максимального приведенного момента сопротивления рабочей машины.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные по своему вари­анту из табл. 18.1 записать по форме табл. 18.2.

*Таблица 18.1*

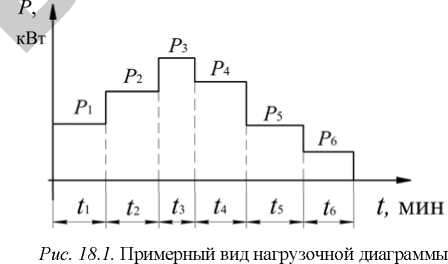
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| н щ ей  S | Мощность (кВт) на валу рабочей машины по периодам | | | | | | Продолжительность (мин) работы по периодам | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0.05 | 0.07 | ОД | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 15 | 10 | 5 | 10 | 15 | 25 |
| 2 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.05 | 14 | 9 | 4 | 9 | 14 | 24 |
| 3 | 0.15 | 0.20 | 0.3 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 12 | 8 | 2 | 8 | 12 | 20 |
| 4 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 15 | 10 | 5 | 10 | 15 | 25 |
| 5 | 0.25 | 0.35 | 0.5 | 0.35 | 0.25 | 0.1 | 14 | 9 | 4 | 9 | 14 | 24 |
| 6 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 12 | 8 | 2 | 8 | 12 | 20 |
| 7 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 10 | 20 | 6 | 20 | 15 | 10 |
| 8 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 12 | 8 | 7 | 12 | 14 | 10 |
| 9 | 0.45 | 0.6 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 15 | 10 | 5 | 10 | 15 | 25 |
| 10 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 10 | 15 | 5 | 15 | 10 | 25 |
| 11 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 15 | 10 | 5 | 25 | 10 | 15 |
| 12 | 0.6 | 0.85 | 1.2 | 0.85 | 0.7 | 0.4 | 15 | 10 | 5 | 25 | 10 | 15 |
| 13 | 0.65 | 0.90 | 1.3 | 0.90 | 0.8 | 0.5 | 15 | 10 | 5 | 25 | 10 | 15 |
| 14 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 13 | 12 | 6 | 12 | 13 | 10 |
| 15 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 13 | 12 | 6 | 12 | 13 | 10 |
| 16 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 13 | 12 | 6 | 12 | 13 | 10 |
| 17 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 10 | 20 | 4 | 20 | 10 | 5 |
| 18 | 2.5 | 4.5 | 5.0 | 3.5 | 3.0 | 1.0 | 10 | 20 | 4 | 20 | 5 | 10 |
| 19 | 3.0 | 5.0 | 6.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 20 | 10 | 4 | 5 | 20 | 10 |
| 20 | 3.5 | 5.5 | 7.0 | 6.0 | 5.5 | 3.0 | 15 | 10 | 5 | 10 | 15 | 10 |
| 21 | 4.0 | 6.0 | 8.0 | 6.0 | 4.0 | 3.0 | 15 | 10 | 5 | 10 | 15 | 10 |
| 22 | 5.0 | 7.5 | 10.0 | 8.0 | 5.0 | 3.0 | 10 | 15 | 5 | 15 | 10 | 5 |
| 23 | 7.5 | 11.0 | 15.0 | 12.0 | 7.0 | 3.0 | 10 | 15 | 5 | 15 | 5 | 10 |
| 24 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 5.0 | 10 | 20 | 5 | 20 | 10 | 5 |
| 25 | 12.5 | 18 | 25 | 18 | 15 | 5.0 | 10 | 20 | 41 | 20 | 10 | 5 |
| 26 | 15 | 20 | 30 | 20 | 15 | 10 | 10 | 15 | 4 | 20 | 20 | 5 |
| 27 | 15 | 25 | 35 | 25 | 15 | 10 | J10 | 15 | 4 | 15 | 10 | 5 |
| 28 | 20 | 30 | 40 | 30 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 29 | 25 | 35 | 45 | 35 | 25 | 15 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| 30 | 25 | 40 | 50 | 45 | 30 | 15 | 15 | 15 | 4 | 15 | 15 | 15 |

Исходные данные



Исходные данные по варианту

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Мощность на валу рабочей машины по периодам, кВт | | | | | | Продолжительность работы по периодам, мин | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 1 | 5 | 6^ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*•к пункту 2 плана занятия.* По данным табл. 18.2 построить нагрузочную диаграмму в масштабе, как показано на рис. 18.1.

*к пункту 3 плана занятия.* Определить среднюю мощность нагрузочной диаграммы по формуле

*P.t. + I’-l-. + Pt +Рл1л + Ppz + Pjf-  
р*  1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 о о (18

*+1 +1 -* + fg

Определить приведенную к валу электродвигателя среднюю мощность за цикл работы по формуле

Рс'р=^, (18.2)

Ппер

где т|Пер - КПД ременной передачи; принять г|ПеР = 0,95.

*• к пункту 4 плана занятия.* Определить мощность электродви­гателя по методу средних потерь, используя следующую методику. Из табл. 18.3 выбрать ближайший больший по мощности асин­хронный электродвигатель по условию

(18.3)

Технические данные асинхронных электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность  Рн, кВт | КПД Т|н, | COS(pH,  о.е. | Цпуск, о.е. | Цмин? о.е. | Цк- о.е. | Скольжение | |
| *s№ %* | SK. ? ь |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 4АА50А4 | 0,06 | 50 | 0,6 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 8,1 | 58,5 |
| 4АА50В4 | 0,09 | 55 | 0,6 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 8,6 | 59,0 |
| 4АА56А4 | 0,12 | 63 | 0,66 | 2,1 | 1,5 | 2,2 | 8,2 | 49,0 |
| 4АА56В4 | 0,18 | 64 | 0,64 | 2,1 | 1,5 | 2,2 | 8,9 | 50,5 |
| 4АА63А4 | 0,25 | 68 | 0,65 | 2,0 | 1,5 | 2,2 | 8,0 | 48,0 |
| 4АА63В493 | 0,37 | 68 | 0,69 | 2,0 | 1,5 | 2,2 | 9,0 | 48,0 |
| 4А71А4 | 0,55 | 70,5 | 0,70 | 2,0 | 1,8 | 2,2 | 7,3 | 39,0 |
| 4А71В4 | 0,75 | 72 | 0,73 | 2,0 | 1,8 | 2,2 | 7,5 | 40,0 |
| 4А80А4 | 1Д | 75 | 0,81 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 5,4 | 34,0 |
| 4А80В4 | 1,5 | 7,7 | 0,83 | 2,0 | 1,6 | 2.2 | 5,8 | 34,5 |
| 4A90L4 | 2,2 | 80 | 0,83 | 2,1 | 1,6 | 2,4 | 5,1 | 33,0 |
| 4A100S4 | 3,0 | 82 | 0,83 | 2,0 | 1,6 | 2,4 | 4,4 | 31, |
| 4A100L4 | 4,0 | 84,0 | 0,84 | 2,0 | 1,6 | 2,4 | 4,6 | 31,5 |
| 4А112М4 | 5,5 | 85,5 | 0,85 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 3,6 | 25,0 |
| 4A132S4 | 7,5 | 87,5 | 0,86 | 2,2 | 1,7 | 3,0 | 2,9 | 19,5 |
| 4А132М4 | 11,0 | 87,5 | 0,87 | 2,2 | 1,7 | 3,0 | 2,8 | 19,5 |
| 4A160S4 | 15,0 | 88,5 | 0,88 | 1,4 | 1,0 | 2,3 | 2,3 | 16,0 |
| 4А160М4 | 18,5 | 89,5 | 0,88 | 1,4 | 1,0 | 2,3 | 2,2 | 16,0 |
| 4A180S4 | 22,0 | 90 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 2,3 | 2,2 | 14,0 |
| 4А180М4 | 30 | 91 | 0,89 | 1,4 | 1,0 | 2,3 b | 1,9 | 14,0 |
| 4А200М4 | 37 | 91 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 2,5 1 | 1,7 | 10,0 |
| 4A200L4 | 45 | 92 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 2,5 | 1,6 | 10,0 |
| 4А225М4 | 55 | 92,5 | 0,9 | 1,3 | 1,0 | 2,5 | 1,4 | 10,0 |
| 4A250S4 | 75 | 93,0 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 1 2,3 | 1,2 | 9,5 |
| 4А250М4 | 90 | 93,0 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 2,3 | 1,3 | 9,5 |

Выписать технические данные выбранного электродвигателя по форме табл. 18.4.



1-П

1-П1 I.

11пер< П1

ДД = —^

Ппер

1-Й2

112

(18.5)

ИТ. д.,

(18.6)

Технические данные асинхронного электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность кВт | кпд  'I ■ % | COSCpH, о.е. | РпуСК; о. е. | Цмин? о. е. | Цк-  о. е. | Скольжение | |
| S„. |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Найти номинальные потери электродвигателя по формуле

(18.4)

где г|н - номинальный КПД электродвигателя, о.е.;

*РИ -* номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Определить потери в электродвигателе при частных загрузках:

где т]1, Г]2 и т. д. - КПД электродвигателя на отдельных ступенях на­грузки, о.е.:

1

П1 =

(18.7)

а,

1-П

а +1

где осн - коэффициент номинальных потерь, показывает отношение постоянных потерь к переменным, о.е.; принять ан= 0,6;

Й2 =

И Т. д.

(18.8)

1-11,

11

-^ + Х9х2

а +1

*х -* кратность нагрузки, о.е.:

*Р Р*

Xj = 5—; Х-, = —ит. д. (18.9)

^нПпер ■ ^нПпер

Определить средние потери по формуле

Л/О, + А/9-. + *ДР.1-.* + АЕ.Л, + + АР,А

ДРС = —. (18.10)

/1 + /, + /. +*+1-* + 1g

Сравнить потери номинальные и средние. Если электродвига­тель выбран правильно, то должно выполняться условие

ДРн>ДРСр. (18.11)

Если условие (18.11) не выполняется, то необходимо выбрать на ступень больший электродвигатель.

*• к пункту 5 плана занятия.* Проверка по условиям пуска с уче­том пониженного напряжения *(U=* 0,9) производится по уравнению:



*Мщски2 >1,2М^*

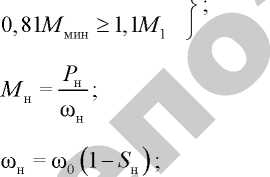
*>\,\МА /*

Мр

А/мИН

где Л/дуск - пусковой момент выбранного электродвигателя, Н-м;

\_ момент трогания рабочей машины, Н-м;

\_ минимальный момент при пуске, Н-м:

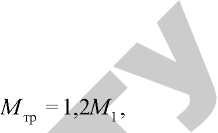
0,81/И >1,2М

’ пуск ’ тр

(18.13)

(18.14)

(18.15)

*• к пункту 6 плана занятия.* Проверка на преодоление макси­мальной »абочей машины производится по условию

где coo = 157 рад/с;

со Г) н 'пер

(18.16)

(18.17)

(18.18)

макс.нагр ’

где *М,,* - критический момент электродвигателя, Н-м; Л/к=цЛ/н; приведенный к валу электродвигателя наибольший мо­мент нагрузки, Н-м.

з нагрузочной диаграммы следует, что

*М =*

(18.19)

макс, нагр

Ппер®,

Если условие (18.18) не выполняется, выбирают из табл. 18.3 на ступень больший по мощности электродвигатель и проверку на преодоление максимальной нагрузки рабочей машины повторяют.

Контрольные вопросы:

1. Каков порядок выбора электродвигателя по мощности для ре­жима S1 ?
2. Как можно узнать КПД электродвигателя при нагрузке 50 % Рн, не пользуясь формулой (18.8)?
3. Какой режим работы электродвигателя, если он работает 20 минут, а постоянная времени нагрева электродвигателя состав­ляет 15 минут?

Практическое занятие № 19

ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S2

**Цель занятия:** освоить методику выбора электродвигателя по мощности для работы в режиме S2.

**Задача. В** хозяйстве для реконструкции кормораздатчика реше­но использовать имеющиеся асинхронные электродвигатели с ко­роткозамкнутым ротором. Выбрать электродвигатель и проверить его по условиям пуска и на преодоление максимальной нагрузки.

Вопросы для самоподготовки:

1. Охарактеризуйте режим работы S2.
2. Какое соотношение между временем паузы и постоянной вре­мени охлаждения соответствует режиму S2?

**Литература.** Чиликин, М. Г. Общий курс электроприво, учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е из/ Москва : Энергоиздат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по варианту.
2. Построить нагрузочную диаграмму.
3. Определить эквивалентную мощность нагрузочной диаграм­

мы. Предварительно выбрать электродвигатель по мощности и частоте вращения.

1. Определить для выбранного электродвигателя коэффициенты термической и механической перегрузок. Выбрать электродвига­тель по мощности с учетом этих коэффициентов.
2. Проверить выбранный электродвигатель по условиям пуска и преодоления максимального момента сопротивления рабочей машины.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные по своему вари­анту из табл. 19.1 записать по форме табл. 19.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Параметры приведенной к валу электродвигателя нагрузочной диаграммы | | | | Синхронная частота вращения электромагнитного поля электродвигателя и0, мин-1 |
| Мощность, кВт | | Продолжительность, мин | |
| в начальный период работы *Рх* | в конечный период работы Р2 | работы fi | паузы ?2 |
| 1 | 0,2 | 0,8 | 20 | 200 | 1500 |
| 2 | 0,28 | 1,1 | 21 | 210 | 1500 |
| 3 | 0,4 | 1,6 | 22 | 220 | 1500 |
| 4 | 0,55 | 2,2 | 23 | 230 | 1500 |
| 5 | К 0,8 | 3,3 | 24 | 240 | 1500 |
| 6 | 1,1 | 4,5 | 25 | 250 | 1500 |
| 7 | 1,5 | 6,0 | 26 | 260 | 1500 |
| 8 | 2,0 | 8,0 | 27 | 270 | 1500 |
| 9 | 2,8 | 11,0 | 28 | 280 | 1500 |
| 10 | 4,0 | 16,0 | 29 | 290 | 1500 |
| 11 | 0,14 | 0,55 | 19 | 190 | 1000 |
| 12 | 0,21 | 0,81 | 20 | 200 | 1000 |
| 13 | 0,27 | 1,2 | 21 | 210 | 1000 |
| 14 | 0,41 | 1,7 | 22 | 220 | 1000 |
| 15 | 0,56 | 2,3 | 23 | 230 | 1000 |
| 16 | 0,81 | 3,4 | 24 | 240 | 1000 |
| 17 | 1,2 | 4,5 | 25 | 250 | 1000 |
| 18 | 1,6 | 6,2 | 26 | 260 | 1000 |
| 19 | 2,2 | 8,2 | 27 | 270 | 1000 |
| 20 | 2,8 | И,2 | 28 | 280 | 1000 |
| 21 | 4,2 | 16,1 | 29 | 290 | 1000 |
| 22 | 0,15 | 0,56 | 19 | 190 | 750 |
| 23 | 0,19 | 0,78 | 20 | 200 | 750 |
| 24 | 0,27 | 1,0 | 21 | 210 | 750 |
| 25 | 0,39 | 1,5 | 22 | 220 | 750 |
| 26 | 0,54 | 2,1 | 23 | 230 | 750 |
| 27 | 0,79 | 3,2 | 24 | 240 | 750 |
| 28 | 1,0 | 4,4 | 25 | 250 | 750 |
| 29 | 1,4 | 6,0 | 26 | 260 | 750 |
| 30 | 1,9 | 7,9 | 27 | 270 | 750 |

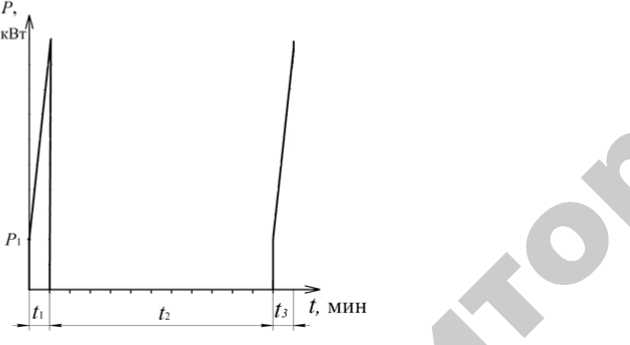
*Таблица 19.1*

Исходные данные

Исходные данные по варианту

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Параметры приведенной к валу электродвигателя нагрузочной диаграммы | | | | Синхронная частота вращения электромагнитного поля |
| н  я ей  К | Мощность, кВт | | Продолжительность, мин | |
|  | в начальный период работы *Р\* | в конечный период работы Р2 | работы ?! | паузы Г2 | электродвигателя и0, мин-1 |
|  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Нагрузочную диаграмму построить таким образом, чтобы размер ее составлял не менее 100x150 мм, со­блюдая масштаб построения (образец представлен на рис. 19.1).



*Рис. 19.1.* Нагрузочная диаграмма электропривода в режиме работы S2



И 2

3

*• к пункту 3 плана занятия.* Эквивалентная мощность нагру­зочной диаграммы определяется по уравнени

(19.1)

Выбрать ближайший больший по мощности электродвигатель из табл. 19.3, обращая внимание на частоту вращения.

Технические данные электродвигателей серии АИР

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная  мощность  Рн.^Вт ’ | КПД  Т]н, 0 0 | Синхронная частота вращения, *По,* мин-1 | Скольжение  5Н, % | Цпуск | Цк | Цмин | Масса *т,* кг |
| 1 | 2 \* | 13 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| АИР63А4 | 0,25 | 68 | 1500 | 12 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 4,7 |
| АИР63В4 | 0,37 | 68 | 1500 | 12 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 5,6 |
| АИР71А4 | 0,55 | 70,5 | 1500 | 9,5 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 7,8 |
| АИР71В4 | 0,75 | 73 | 1500 | 10 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 8,8 |
| АИР80А4 | 1,1 | 75 | 1500 | 7 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 9,9 |
| АИР80В4 | 1,5 | 78 | 1500 | 7 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 12,1 |
| AHP90L4 | 2,2 | 81 | 1500 | 7 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 17,0 |
| AHP100S4 | 3,0 | 82 | 1500 | 6 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 21,6 |
| AHP100L4 | 4,0 | 85 | 1500 | 6 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 27,3 |
| АИР112М4 | 5,5 | 85,5 | 1500 | 4,5 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 41 |
| AHP132S4 | 7,5 | 87,5 | 1500 | 4,0 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 58 |
| АИР132М4 | 11,0 | 87,5 | 1500 | 3,5 | 2,0 | 2,7 | 1,6 | 70 |
| АИР63А6 | 0,19 | 56 | 1000 | 14 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 4,65 |
| АИР63В6 | 0,25 | 59 | 1000 | 14 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 5,6 |
| АИР71А6 | 0,37 | 63 | 1000 | 8,5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 7,8 |
| АИР71В6 | 0,55 | 68,5 | 1000 | 8,5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 8,6 |
| АИР80А6 | 0,75 | 70 | 1000 | 8,0 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 11,6 |
| АИР80В6 | 1,1 | 74 | 1000 | 8,0 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 13,4 |
| AHP90L6 | 1,5 | 76 | 1000 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 16,9 |
| AHP100L6 | 2,2 | 81 | 1000 | 5,5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 22,8 |
| АИР112МА6 | 3,0 | 81 | 1000 | 5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 35 |
| АИР112МВ6 | 4,0 | 82 | 1000 | 5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 40,4 |
| AHP132S6 | 5,5 | 85 | 1000 | 4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 57 |
| АИР132М6 | 7,5 | 84,5 | 1000 | 4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 68 |
| AHP160S6 | 11,0 | 88 | 1000 | 3 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 100 |
| АИР71В8 | 0,25 | 56 | 750 | 8 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 7,8 |
| АИР80А8 | 0,37 | 60 | 750 | 6,5 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 13,8 |
| АИР80В8 | 0,55 | 64 | 750 | 6,5 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 13,5 |
| AHP90LA8 | 0,75 | 70 | 750 | 7,0 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 19,7 |
| AHP90LB8 | 1,1 | 72 | 750 | 7,0 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 22,3 |
| AHP100L8 | 1,5 | 76 | 750 | 6 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 31,3 |
| АИР112МА8 | 2,2 | 76,5 | 750 | 5,5 | 1,8 | 2,2 | 1,6 | 36 |
| АИР112МВ8 | 3,0 | 79 | 750 | 5,5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 41 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| AHP132S8 | 4,0 | 83 | 750 | 4,5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 56 |
| АИР132М8 | 5,5 | 83 | 750 | 5,0 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 70 |
| AHP160S8 | 7,5 | 87 | 750 | 3,0 | 1,6 | 2,4 | 1,4 | 100 |
| АИР160М8 | 11,0 | 87,5 | 750 | 3,0 | 1,6 | 2,4 | 1,4 | 120 |

*• к пункту 4 плана занятия.* Постоянную времени нагрева *Тг* выбранного электродвигателя определить по формуле

С 420т  
■7T„(i-i.) 1  
н  
Г1 Т  
1н доп. ном

(19.2)

где тДоп ном= 80 °C; остальные данные взять из табл. 19.3.

Коэффициент термической перегрузки:

(19.3)

*1-е Т"*

Коэффициент механической перегрузки:

(19.4)

-а,

где а - отношение постоянных потерь к переменным; принять а = 0,6.

Требуемая мощность электродвигателя с учетом коэффициента механической перегрузки:

(19.5)

Из табл. 19.2 выбрать электродвигатель ш

(19.6)

*• к пункту 5 плана занятия.* Выбранный электродвигатель про­верить по условиям пуска по формулам



мщск(1-ли)2>1,гм.,

(19.7)

Л/мин(1-At/)2 > 1,1A^j ,

(19.8)

где At/- снижение напряжения на зажимах электродвигателя при пуске, о.е.; At/= 0,1;

*М\ -* момент сопротивления от нагрузки *Р\,* Н-м;

ЛТпуск- пусковой момент электродвигателя, Н-м;

Л/мин - минимальный момент электродвигателя при пуске, Н-м.

Момент со ивления от нагрузки *Р\:*

мх=-\*-

со.

[усковой момент электродвигателя:

*М* =ц *М .*

пуск Г пуск н

Минимальный момент электродвигателя при пуске:

Л^мин

Номинальный момент электродвигателя:

Мн=- со

(19.9)

(19.10)

(19.11)

(19.12)

Номинальная угловая скорость ротора:

сон =соо(1-5н).

(19.13)

Синхронная угловая скорость электромагнитного поля статора:

ли,,

(19.14)

со,. = —- = 0,1045/т,.

30

Выбранный электродвигатель проверить на преодоление макси­мальной нагрузки на валу

Мк>1,Ш2. (19.15)

Максимальная нагрузка на валу// характеризуется момен­том *М<*

*М,=-^.* (19.16)

Критический момент электродвигателя:

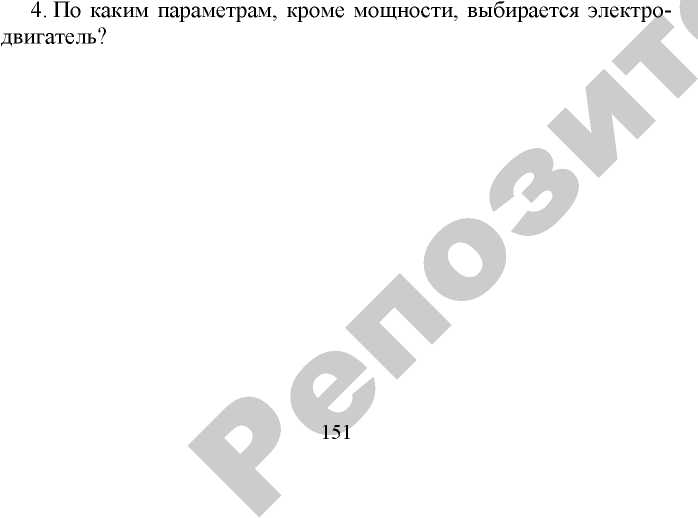
Мк=ИкМн. (19.17)

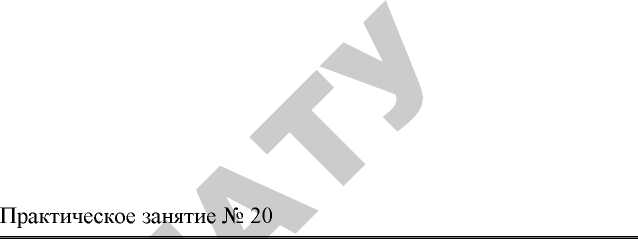
Если по условиям пуска или преодоления максимальной нагруз­ки электродвигатель подходит, то расчет считают законченным.

Если эти условия не выполняются, то выбирается ближайший больший по шкале электродвигатель и расчеты по формулам (19.7)—(19.17) повторяют.

Контрольные вопросы:

1. Опишите методику выбора электродвигателя по мощности для режиме S2.
2. Как изменяется коэффициент термической перегрузки *Кт* от отношения */Ти?*
3. Как изменяется коэффициент механической перегрузки *Кк* от отношения */Ти?*





ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S3

**Цель занятия:** освоить методику выбора специального электро­двигателя режима S3 для работы в режиме S3.

**Задача. В** хозяйстве для малой механизации строительных работ решили использовать подъемную лебедку. Наиболее вероятный режим ее работы - S3. Выбрать электродвигатель по мощности для лебедки.

Вопросы для самоподготовки:

1. Охарактеризуйте режим работы S3.
2. Постройте кривую изменения температуры электродвигателя, работающего в режиме S3.

**Литература.** Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выпишите исходные данные по варианту.
2. Постройте нагрузочную диаграмму и определите ее параметры.
3. Определите требуемую мощность электродвигателя и выбери­те его тип.
4. Проверьте электродвигатель на преодоление максимальной нагрузки.
5. Определите допустимое число пусков электропривода и срав­ните его с фактическим числом пусков.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные по варианту из табл. 20.1 выписать по форме табл. 20.2.

*Таблица 20.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Параметры приведенной нагрузочной диаграммы (рис. 20.1) | | | | | | | | |
| Л, кВт | п кВт | А, кВт | Л, кВт | 0, мин | *h,* мин | 6, мин | ?4,  МИН | *Ив,* мин-1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 1,62 | 0 | 0,45 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1500 |
| 2 | 2,16 | 0 | 0,6 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 3,2 | 1500 |
| 3 | 3,5 | 0 | 0,98 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 2,4 | 1500 |
| 4 | 4,5 | 0 | 1,28 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1500 |
| 5 | 6,4 | 0 | 1,8 | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 4,2 | 1500 |
| 6 | 8,6 | 0 | 2,4 | 0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 4,9 | 1500 |
| 7 | 11,4 | 0 | 3,18 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 2,4 | 1500 |
| 8 | 15,1 | 0 | 4,2 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 2,8 | 1500 |
| 9 | 22,9 | 0 | 6,3 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1500 |
| 10 | 1,0 | 0 | 0,3 | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 4,2 | 1000 |
| 11 | 1,7 | 0 | 0,47 | 0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 4,9 | 1000 |
| 12 | 2,1 | 0 | 0,6 | 0 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 2,0 | 1000 |
| 13 | 3,2 | 0 | 0,9 | 0 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 2,7 | 1000 |
| 14 | 4,59 | 0 | 1,25 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1000 |
| 15 | 7,0 | 0 | 1,95 | 0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 4,3 i | 1000 |
| 16 | 8,6 | 0 | 2,4 | 0 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 5,1 | 1000 |
| 17 | и,з | 0 | 3,15 | 0 | 0,3 | 0,5 | 0,3^ | I1’9 | 1000 |
| 18 | 17,0 | 0 | 4,7 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 2,8 | 1000 |
| 19 | 22,9 | 0 | 6,35 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1000 |
| 20 | 0,8 | 0 | 0,22 | 0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 1 | \*4,3 | 750 |
| 21 | 1,2 | 0 | 0,33 | 0 | 0,7 | 0,51 | 0,7 | 5,1 | 750 |
| 22 | 1,6 | 0 | 0,45 | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 1,6 | 750 |
| 23 | 2,1 | 0 | 0,6 | 0 | 0,2 | "о,3 | 0,2 | 1,3 | 750 |
| 24 | 3,2 | 0 | 0,9 | 0 | я°,з | к 0,3 | 0,3 | 2,2 | 750 |
| 25 | 4,3 | 0 | 1,2 | °4 | J о,з р | 0,4 | 0,3 | 2,0 | 750 |
| 26 | 5,9 | 0 | 1,65 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 2,9 | 750 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | У | 8 | 9 | 10 |
| 27 | 8,6 | 0 | 2,4 | 0 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 3,6 | 750 |
| 28 | 12,1 | 0 | 3,3 | 0 | .0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 750 |
| 29 | 16,2 | 0 | 4,5 | 0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 4,3 | 750 |
| 30 | 24,3 | 0 | 6,75 | 0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 4,9 | 750 |

*Таблица 20.2*

Исходные данные по варианту

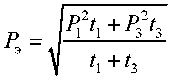
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Параметры приведенной нагрузочной диаграммы (рис. 20.1) | | | | | | | | |
| Рь кВт | *Ръ* кВт | *Рз,* кВт | *Р4,* кВт | 0, мин | *h,* мин | 6, мин | \*4,  МИН | *Ив,* мин-1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Нагрузочную диаграмму постро­ить таким образом, чтобы размер ее составлял не менее 100 х 150 мм (образец представлен на рис. 20.1).



Определить параметры нагрузочной диаграммы:

1. Общее время работы *tp = + t3.*
2. Общее время паузы *t0 = t2 + t4.*
3. Время цикла *tp = tp +*

*• к пункту 3 плана занятия.* Эквивалентная мощность за время работы:

(20.1)

Фактическая продолжительность включения: s =^.

(20.2)

*Ф tv+1o*

Требуемая мощность электродвигателя: где а' - коэффициент потерь; принять а' = 0,5.

н0.4

0,4(1+а') - а'е

(20.3)

Выбрать ближайший больший электродвигатель из табл. 20.3 с учетом требуемой частоты вращения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная  МОЩНОСТЬ РНО,4 (при ПВ = 40 %), кВт | Номинальное скольжение s„, % | КПД ||... % | Цгъ  о.е. | Цмин?  о.е. | Цю  о.е. | Критическое скольжение  *SK, %* | •Л’.д? кг-м2 |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4АС71А4 | 0,6 | 8,2 | 68 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 39,6 | 0.0013 |
| 4АС71В4 | 0,8 | 8,7 | 68.5 | 2.0 | 1.6 | 2,2 | 40,1 | 0.0014 |
| 4АС80А4 | 1,3 | 5,6 | 68.5 | 2.0 | 1.6 | 2,2 | 33,8 | 0,0032 |
| 4АС80В4 | 1,7 | 5,5 | 70 | 2.0 | 1.6 | 2,2 | 35,0 | 0.0033 |
| 4AC90L4 | 2,4 | 5.8 | 76 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 33,1 | 0.0056 |
| 4AC100S4 | 3,2 | 4,2 | 76.5 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 32,7 | 0.0087 |
| 4AC100L4 | 4.25 | 4.1 | 78 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 32.0 | 0.011 |

Технические данные электродвигателей серии 4А с повышенным скольжением при ПВ = 40 %

*Таблица*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4АС112М4 | 5,6 | 5,6 | 79 | 2,0 | 1,6 | 2.2 | 45,3 | 0.017 |
| 4AC132S4 | 8,5 | 6,9 | 82,5 | 2,0 | 1,6 | 2.8 | 49.4 | 0.028 |
| 4АС132М4 | 11,8 | 6,1 | 84,0 | 2,0 | 1,6 | 2.2 | 50,3 | 0.040 |
| 4АС160 S4 | 17,0 | 6,1 | 84,5 | 2,0 | 1,6 | 2.2 | 45.0 | 0.100 |
| 4АС71А6 | 0,4 | ’10.4 | 62,5 | 2,0 | 1,6 | 2.1 | 48.6 | 0.0017 |
| 4АС71В6 | 0,63 | 10,2 | 65 | 2,0 | 1,6 | 2.1 | 49.6 | 0.0020 |
| 4АС80А6 | 0,8 | 7,0 | 61 | 2,0 | 1,6 | 2.1 | 38,3 | 0.0025 |
| 4АС80В6 | 1,2 | 7,8 | 66,5 | 2,0 | 1,6 | 2.1 | 38.4 | 0.0035 |
| 4AC90L6 | 1,7 | 6,2 | 71 | 1,9 | 1,6 | 2.1 | 32,9 | 0.0073 |
| 4AC100L6 | 2,6 | 5,3 | 75 | 1,9 | 1,6 | 2.1 | 32,0 | 0.013 |
| 4АС112МА6 | 3,2 | 7,3 | 72 | 1,9 | 1,6 | 2.1 | 68.2 | 0.017 |
| 4АС112МВ6 | 4,2 | 8,5 | 75 | 1,9 | 1,6 | 2.1 | 66,3 | 0.021 |
| 4AC132S6 | 6,3 | 6,4 | 79 | 1,9 | 1,5 | 2.1 | 47,0 | 0.04 |
| 4АС132М6 | 8,5 | 5,8 | 80 | 1,9 | 1,5 | 2.1 | 48.0 | 0.058 |
| 4АС160 S6 | 12.0 | 7,7 | 82,5 | 1,9 | 1,5 | 2.1 | 59.2 | 0.140 |
| 4АС160 Мб | 16,0 | 7,8 | 84,0 | 1,9 | 1,5 | 2.1 | 54.6 | 0.180 |
| 4АС71В8 | 0,3 | 10 | 50 | 1,9 | 1,6 | 2.0 | 46,3 | 0.0019 |
| 4АС80А8 | 0,45 | 7,4 | 53,5 | 1,9 | 1,6 | 2.0 | 34,2 | 0.0034 |
| 4АС80В8 | 0,6 | 8,3 | 58 | 1,9 | 1,6 | 2.0 | 34,6 | 0.0041 |
| 4AC90LA8 | 0,8 | 6,7 | 61 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 32,0 | 0.0067 |
| 4AC90LB8 | 1,2 | 6,5 | 85 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 32,0 | 0.0086 |
| 4AC100L8 | 1,6 | 5,4 | 69 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 32,0 | 0.013 |
| 4АС112МА8 | 2,2 | 9,5 | 68 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 62,3 | 0.018 |
| 4АС112МВ8 | 3,2 | 11,0 | 72 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 62,1 | 0.024 |
| 4AC132S8 | 4,5 | 8,1 | 76 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 46.0 | 0.042 |
| 4АС132М8 | 6 | 7,4 | 77 | 1,8 | 1,6 | 2.0 | 46.5 | 0.058 |
| 4AC160S8 | 9 | 9,6 | 81,5 | 1,8 | 1,5 | 2.0 | 42,7 | 0.14 |
| 4АС160М8 | 12,5 | 9,0 | 82,5 | 1,8 | 1,5 | 2.0 | 44,3 | 0.18 |
| 4АС180М8 | 15,0 | 7,8 | 83,5 | 1,8 | 1,5 | 2.0 | 40.6 | 0.25 |

*• к пункту 4 плана занятия.* Проверка электродвигателя на пре­одоление максимальной нагрузки заключается в определении коэф­фициента допустимой перегрузки электродвигателя и сравнение его с допустимой кратностью критического момента по формуле

(20.4)

Уа 0,4

В формуле (20.4) коэффициент 0,9 учитывает снижение момента при пониженном (на 5 %) напряжении сети.

Если условие (20.4) не выполняется, выбирают больший по мощности электродвигатель.

*• к пункту 5 плана занятия.* Определить допустимое число включений электродвигателя в час по формуле

(ДР - ДР )еА+ДР р(1-еА)

*Z* < 3600— \*2 (20.5)

доп 0,97A4

где ДРН, ДРе - потери мощности в номинальном режиме и при эф­фективной мощности на валу, Вт;

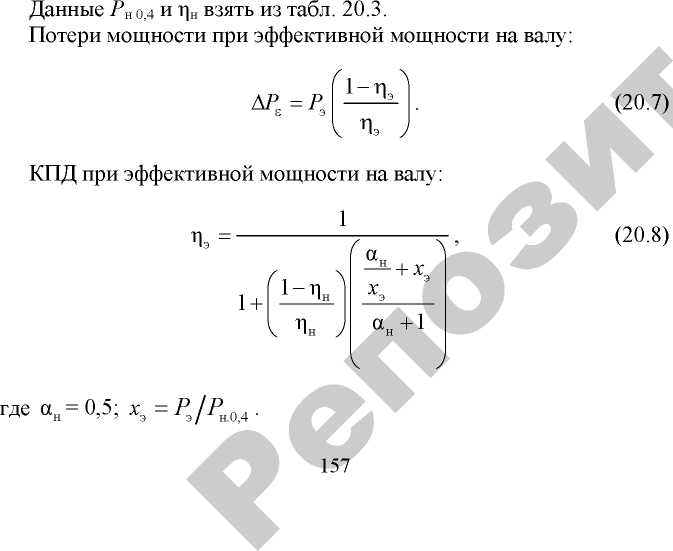
Р - коэффициент ухудшения теплоотдачи электродвига­теля при неподвижном роторе; Р = 0,5;

А4и - потери энергии при пуске, Дж.

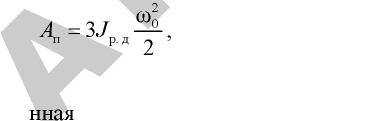
Потери мощности в номинальном режиме:

< =^.ол| —— (20.6)

Л Пн )



Потери энергии при пуске, пренебрегая сопротивлением обмот­

ки статора:

(20.9)

7р.д - из табл. 20.3.

(Во - угловая синхро скорость электромагнитного поля, рад/с; при 2 полюсах со0 = 314 рад/с; при 4 полюсах со0 =157 рад/с; при 6 полюсах со0 = 104,66 рад/с; при 8 по­

люсах соо = 78,5 рад/с. Число полюсов указано цифрами 2,

1. 6, 8 в обозначении электродвигателя.

Фактическое число включений в час:

(20.10)

,олжно соблюдаться условие

(20.11)

< -^доп-

**Контрольные вопросы:**

1. Почему для режима S3 применяют специальные электродви­гатели повышенного скольжения? В чем их отличие от электродви-

гателей общепромышленной серии?

1. Какую мощность (большую или меньшую) обеспечивает элек­тродвигатель режима S3 при работе в режиме S1 ?
2. Как выбирают электродвигатель по мощности для режима работы S3?

табл. 21.1 выписать по форме табл. 21.2.

Практическое занятие № 21

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

РЕЖИМА S1 ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S3

**Цель занятия:** освоить методику выбора асинхронного элек­тродвигателя режима S1 для работы в режиме S3.

**Задача.** Для заданной нагрузочной диаграммы подъемной ле­бедки выбрать асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором режима S1.

Вопросы для самоподготовки:

1. Объясните, чем отличается режим работы S4 электропривода от режима работы S3?
2. Объясните, чем отличается режим работы S5 электропривода от режима работы S3?
3. Какое стандартное значение продолжительности включения имеют асинхронные электродвигатели серии АИР?

**Литература.** Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоиздат, 1981. - 576 с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по варианту из табл. 21.1. По­строить нагрузочную диаграмму рабочей машины.
2. Найти эквивалентную мощность за цикл работы с учетом пау­зы. Предварительно выбрать электродвигатель режима S1.
3. Определить постоянную времени нагрева электродвигателя.
4. Определить коэффициенты термической и механической пе­регрузок и требуемую мощность электродвигателя режима S1.
5. Проверить выбранный асинхронный электродвигатель на пре­одоление максимальной нагрузки.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Исходные данные по варианту из

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Мощность по периодам, кВт | | | | Время по периодам, мин | | | | Синхронная частота вращения электродвигателя *П*0, -1 мин |
| 1 | 2 | 3 к | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| *Р1* | *Р2* | *Р3* | *Р4* |  | *h* | *h* | *и* |
| 1 | 0,47 | 0 | 0,15 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1500 |
| 2 | 0,7 | 0 | 0,23 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 3 | 1,0 | 0 | 0,33 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 4 | 1,4 | 0 | 0,47 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 5 | 2,0 | 0 | 0,7 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 6 | 2,85 | 0 | 0,95 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 7 | 4,1 | 0 | 1,3 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 8 | 5,6 | 0 | 1,9 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1500 |
| 9 | 7,6 | 0 | 2,5 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 10 | 10 | 0 | 3,4 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 11 | 1,4 | 0 | 4,6 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 12 | 0,7 | 0 | 0,22 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 1000 |
| 13 | 1,0 | 0 | 0,32 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 14 | 1,3 | 0 | 0,5 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 15 | 1,9 | 0 | 0,8 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 16 | 2,8 | 0 | 0,9 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 17 | 4,0 | 0 | 1,2 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 18 | 5,5 | 0 | 2,0 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 19 | 7,7 | 0 | 2,3 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 20 | 10,1 | 0 | 3,3 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 21 | 13,8 | 0 | 4,5 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 22 | 0,65 | 0 | 0,2 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 750 |
| 23 | 0,9 | 0 | 0,25 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 24 | 1,3 | 0 | 0,4 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 750 |
| 25 | 1,8 | 0 | 0,6 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 26 | 2,5 | 0 | 0,8 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 27 | 3,5 | 0 | 1,2 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| 28 | 5,0 | 0 | 1,6 | 0 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 |
| 29 | 7,1 | 0 | 2,1 | 0 | 0,45 | 0,9 | 0,45 | 0,9 |
| 30 | 9,0 | 0 | 3,0 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |

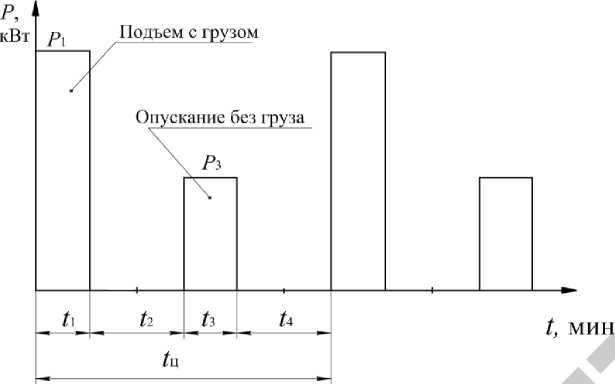
*Таблица 21.1*

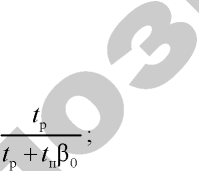
Исходные данные

Исходные данные по варианту

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2 ■5 S  Q | Мощность по периодам, кВт | | | | Время по периодам, мин | | | | Синхронная частота вращения электродвигателя *по,* мин'1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | *2* | 3 | 4 |
| *Pl* | *Рг* | Рз | Л | *h* | *h* | *h* | *и* |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Построить нагрузочную диаграмму *Р = f(t)* таким образом, что­бы получить чертеж 100x150 мм (образец представлен на рис. 21.1).





*Рис. 21.1.* Нагрузочная диаграмма подъемной лебедки, приведенная к валу электродвигателя

Параметры нагрузочной диаграммы: время работы /р = *1Л* + Л ;

продолжительность включения £ =

время паузы /п = .

*• к пункту 2 плана занятия.* Эквивалентная мощность нагрузоч­ной диаграммы с учетом паузы:

р^Л +Ph.

(21.1)

А + ^3 + Ро (/2 + ^4 )

где Ро - коэффициент ухудшения теплоотдачи электродвигателя в неподвижном состоянии; принять р0 = 0,5.

По табл. 21.3 выбрать электродвигатель с учетом частоты вра­щения

(21.2)

Технические данные асинхронных электродвигателей с коротко замкнутым ротором

*Таблица 21.3*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер  электродвигателя | Номинальная мощность  Рн, кВт | кпд П ■ ° О | Скольжение  *SH, %* | Цн?  о.е. | Цю о.е. | Цмин? о.е. | Масса *т,* кг | Синхронная частота вращения *По,* мин'1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| АИР56В4 | 0,18 | 64 | 10 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 3.9 | 1500 |
| АИР63А4 | 0,25 | 68 | 12 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 4.7 |
| АИР63В4 | 0,37 | 68 | 12 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 5.6 |
| АИР71А4 | 0,55 | 70.5 | 9,5 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 7.8 |
| АИР71В4 | 0,75 | 73 | 10 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 8.8 |
| АИР80А4 | Ы | 75 | 7 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 9.9 |
| АИР80В4 | 1,5 | 78 | 7 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 12.1 |
| AHP90L4 | 2.2 | 81 | 7 | 2.1 | 2.2 | 1.6 | 17.0 |
| AHP100S4 | 3.0 | 82 | 6 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 21.6 |
| AHP100L4 | 4,0 | 85 | 6 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 27.3 |
| АИР112М4 | 5,5 | 85.5 | 4,5 | 2.0 | 2.5 | 1.6 | 41 |
| AHP132S4 | 7.5 | 87.5 | 4,0 | 2.0 | 2.5 | 1.6 | 58 |
| АИР63А6 | 0.19 | 56 | 14 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 4.65 | 1000 |
| АИР63В6 | 0,25 | 59 | 14 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 5.6 |
| АИР71А6 | 0,37 | 65 | 8,5 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 7.8 |
| АИР71В6 | 0,55 | 68.5 | 8,5 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 8.6 |
| АИР80А6 | 0,75 | 70 | 8 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 11.6 |
| АИР80В6 | 1,1 | 74 | 8 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 13.4 |
| AHP90L6 | 1,5 | 76 | 7,5 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 16.9 |
| АИРЮОЬб | 2,2 | 81 | 5,5 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 22.8 |
| АИР112МА6 | 3.0 | 81 | 5 | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 35 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| АИР112МВ6 | 4,0 | 82 | 5 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 40,4 | 1000 |
| AHP132S6 | 5,5 | 85 | 4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 57 |
| АИР132М6 | 7,5 | 85,5 | 4 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 68 |
| АИР71В8 | 0,25 | 56 | 8 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 7,8 | 750 |
| АИР80А8 | 0,37 | 60 | 6,5 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 13,8 |
| АИР80В8 | 0,55 | 64 | 6,5 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 13,5 |
| AHP90LA8 | 0,75 | 70 | 7 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 19,7 |
| AHP90LB8 | 1,1 | 72 | 7 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 22,3 |
| AHP100L8 | 1,5 | 76 | 6 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 31,3 |
| АИР112МА8 | 2,2 | 76,5 | 5,5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 36 |
| АИР112МВ8 | 3,0 | 79 | 5,5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 41 |
| AHP132S8 | 4,0 | 83 | 4,5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 56 |
| АИР132М8 | 5,5 | 83 | 5 | 1,8 | 2,2 | 1,4 | 70 |

*• к пункту 3 плана занятия.* Постоянную времени нагрева электродвигателя определить по формуле

С 420я?

(21.3)

*А р 1*

н  
Г1 Т

1н доп. ном

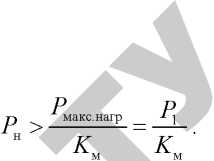
где тДоп.ном= 80 °C; остальные данные взять из табл. 21.3.



*к пункту 4 плана занятия.* Коэффициент термической пере-

где а - отношение постоянных потерь к переменным; принять а = 0,6.

Требуемая мощность электродвигателя с учетом коэффициента механической перегрузки определяется по уравнению

Из табл. 21.3 выбрать электродвигатель по условию (21.6) и за­писать по форме табл. 21.4.

(21.6)

*Таблица 21.4*

Технические данные асинхронного электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность  ^Иквт | КПД || ■ % | Скольжение  *SH, %* | *Р-н? о.е.* | Рю  о.е. | Р-мин? о.е. | Масса *т,* кг | Синхронная частота вращения *По,* мин'1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*пункту 5 плана занятия.* Проверку на преодоление макси- альной нагрузки произвести по следующим формулам:

Контрольные вопросы:

| *Мк* >1,1М1; | (21.8) |
| --- | --- |
| А/к=цкМн; | (21.9) |
| *р м.=^-* | (21.10) |
| н =®о(1-5н)- | (21.П) |

со

1. Опишите методику выбора электродвигателя режима S1 для работы в режиме S3.
2. Чему равны номинальные потери электродвигателя, имеюще­го номинальную мощность 0,75 кВт и номинальное значение КПД 75 %?
3. Коэффициент тепловой перегрузки *КТ=2.* Чему будет равен коэффициент механической перегрузки, если пренебречь постоян­ными потерями мощности?

Практическое занятие № 22

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО МОЩНОСТИ И МАХОВИКА ДЛЯ РАБОТЫ В ПЕРЕМЕЖАЮЩЕМСЯ РЕЖИМЕ С УДАРНОЙ НАГРУЗКОЙ НА ВАЛУ

**Цель занятия:** освоить методику выбора электродвигателя по мощности и маховика для перемежающегося режима работы с ударной нагрузкой на валу.

**Задача.** В хозяйстве решено спроектировать сеносоломопресс. Выбрать электродвигатель и маховик для работы с упрощенной на­грузочной диаграммой сеносоломопресса.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какой режим работы называется перемежающимся? Каковы его стандартные параметры?
2. Какую нагрузку на валу называют ударной?

Литература:

1. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : уче зов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Мос Энергоиз- дат, 1981. - 576 с.
2. Электротехнический справочник : справ под ред.

П. Г. Грудинского [и др.]. - Т. 3. - 5-е изд. - Москва : Энергия, 1976. - 568 с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные своего варианта задания.
2. Построить нагрузочную диаграмму и определить ее параметры.
3. Определить средний момент нагрузки. Предварительно вы­брать электродвигател пределить его параметры.
4. Найти коэффициенты по графикам.
5. Определить требуемый момент инерции маховика, приведен­ный к валу электродвигателя.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать исходные данные по ва­рианту из табл. 22.1 по форме табл. 22.2.

*Таблица 22.1*

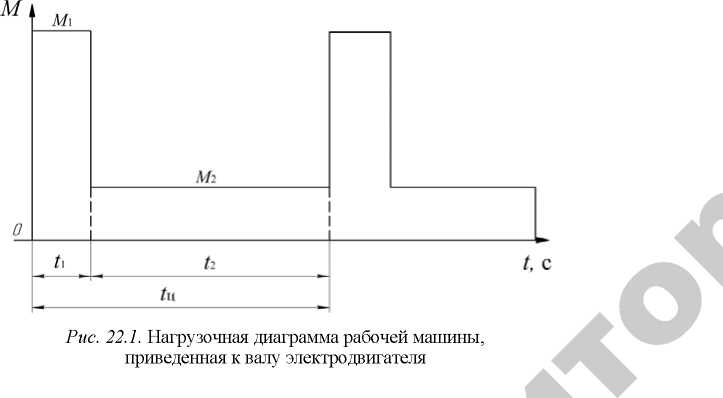
Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Момент на участках, Н м | | Время на участках, с | | Синхронная частота вращения *По,* мин'1 |
| A/j |  | *h* | *h* |
| 11 | 30 | 3,0 | 0,4 | 1,6 | 1000 |
| 2 | 45 | 4,5 | 0,4 | 2,15 |
| |3 | 66 | 6 | 0,4 | 1,2 |
| 4 | 90 | 9 | 0,4 | 1,6 |
| 5 | 120 | 12 | 0,4 | 2,15 |
| 6 | 165 | 16,5 | 0,4 | 1,2 |
| 7 | 300 | 30 | 0,5 | 2,0 |
| 8 | 330 | 33 | 0,5 | 2,83 |
| 9 | 450 | 45 | 0,5 | 1,5 |
| 10 | 555 | 55 | 0,5 | 2,0 |
| 11 | 660 | 66 | 0,5 | 2,83 |
| 12 | 900 | 90 | 0,5 | 2,0 |
| 13 | 1100 | ПО | 0,3 | 1,2 |
| 14 | 1350 | 135 | 0,3 | 1,7 |
| 15 | 1650 | 165 | 0,3 | 1,7 |
| 16 | 40 | 4 | 0,3 | 1,2 | 750 |
| 17 | 60 | 6 | 0,3 | 1,7 |
| 18 | 85 | 8,5 | 0,3 | 0,9 |
| 19 | 120 | 12 | 0,4 | 1,6 |
| 20 | 150 | 15 | 0,4 | 2,15 |
| 21 | 260 | 26 | 0,4 | 1,2 |
| 22 | 300 | 30 | 0,4 | 1,6 |
| 23 | 400 | 40 | 0,4 | 2,15 |
| 24 | 500 | 50 | 0,4 | 1,2 |
| 25 | 700 | 70 | 0,5 | 2,0 |
| 26 | 800 | 80 | 0,5 | 2,83 |
| 27 | 1000 | 100 | 0,5 | 1,5 |
| 28 | 1400 | 140 | 0,5 | 2,0 |
| 29 | 1600 | 160 | 0,5 | 2,83 |
| 30 | 1800 | 180 | 0,5 | 2,0 |

Исходные данные по варианту

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Момент на участках, Н-м | | Время на участках, с | | Синхронная частота вращения *По,* мин'1 |
|  | Л/2 | *h* | *h* |
|  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Построить нагрузочную диаграм­му. Размер рисунка - 100x150 мм. Вид нагрузочной диаграммы приведен на рис. 22.1.



Определить параметры нагрузочной диаграммы. Относительное



*• к пункту 3 плана занятия.* Предварительно выбрать электро­

двигатель с номинальным моментом:

Номинальная мощность электродвигателя, Вт:

Рн>МнпрО,1О45ио, (22.4)

где и0 - из табл. 22.1.

Выбирать электродвигатель из табл. 22.3 по условию (22.4) с учетом частоты вращения.

*Таблица 22.3*

Технические данные асинхронного электродвигателя

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Номинальная мощность  Рн, кВт | Скольжение  SH, % | Момент инерции ротора ^р.дв? КГ'М | Кратность критического момента цк, о.е. | Синхронная частота  Ио, мин’1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| АИР80В6 | 1,1 | 8,0 | 0.0046 | 2,2 | 1000 |
| AHP90L6 | 1,5 | 7,5 | 0.0073 | 2,2 |
| AHP100L6 | 2,2 | 5,5 | 0,013 | 2,2 |
| АИР112МА6 | 3,0 | 5,0 | 0,017 | 2,2 |
| АИР112МВ6 | 4,0 | 5,0 | 0,021 | 2,2 |
| AHP132S6 | 5,5 | 4,0 | 0,04 | 2,2 |
| АИР132М6 | 7,5 | 4,0 | 0.058 | 2,2 |
| AHP160S6 | 11 | 3,0 | 0,12 | 2,7 |
| АИР160М6 | 15 | 3,0 | 0,15 | 2,7 |
| АИР180М6 | 18,5 | 2,0 | 0,2 | 2,4 |
| АИР200М6 | 22 | 2,0 | 0,36 | 2,4 |
| AHP200L6 | 30 | 2,5 | 0,4 | 2,4 |
| АИР225М6 | 37 | 2,0 | 0,61 | 2,3 |
| AHP250S6 | 45 | 2,0 | 1,0 | 2,3 |
| АИР250М6 | 50 | 2,0 | 1,1 | 2,3 |
| AHP90LB8 | 1,1 | 7,0 | 0.0086 | 1,7 | 750 |
| AHP100L8 | 1,5 | 6,0 | 0,013 | 1,7 |
| АИР112МА8 | 2,2 | 5,5 | 0,017 | 2,2 |
| АИР112МВ8 | 3,0 | 5,5 | 0.025 | 2,2 |
| AHP132S8 | 4,0 | 4,5 | 0.042 | 2,2 |
| АИР132М8 | 5,5 | 5,0 | 0,057 | 2,2 |
| AHP160S8 | 7,5 | 3,0 | 0,12 | 2,4 | 750 |
| АИР160М8 | 11 | 3,0 | 0,15 | 2,4 |
| АИР180М8 | 15 | 2,5 | 0,23 | 2,2 |
| АИР200М8 | 18,5 | 2.5 | 0.36 | 2.3 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AHP200L8 | 22 | 2,5 | 0,40 | 2,3 | 750 |
| АИР225М8 | 30 | 2,5 | 0,61 | 2,3 |
| AHP250S8 | 37 | 2,0 | 1,1 | 2,3 |
| АИР250М8 | 45 | 2,0 | 1,2 | 2,2 |
| AHP280S8 | 55 | 3,0 | 3,2 | 2,2 |

Записать технические данные электродвигателя из табл. 22.3 по форме табл. 22.4.

*Таблица 22.4*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электродвигатель | Р„, кВт | *s№ %* | Эр.дв, КГ'М | цк, О.е. | Ио, мин’1 |
|  |  |  |  |  |  |

Технические данные асинхронного электродвигателя

Номинальный момент электродвигателя:

Мн=- со

(22.5)

Номинальная угловая скорость ротора:

сон =соо(1-5н).

Синхронная угловая скорость электромагнитного

(22.6)

ли,,

со,, = —- = 0,1045/7.,.

30

Максимальный допустимый момент электродвигателя:

Л/макс=0,85цА.Мн.

поля статора:

(22.7)

(22.8)

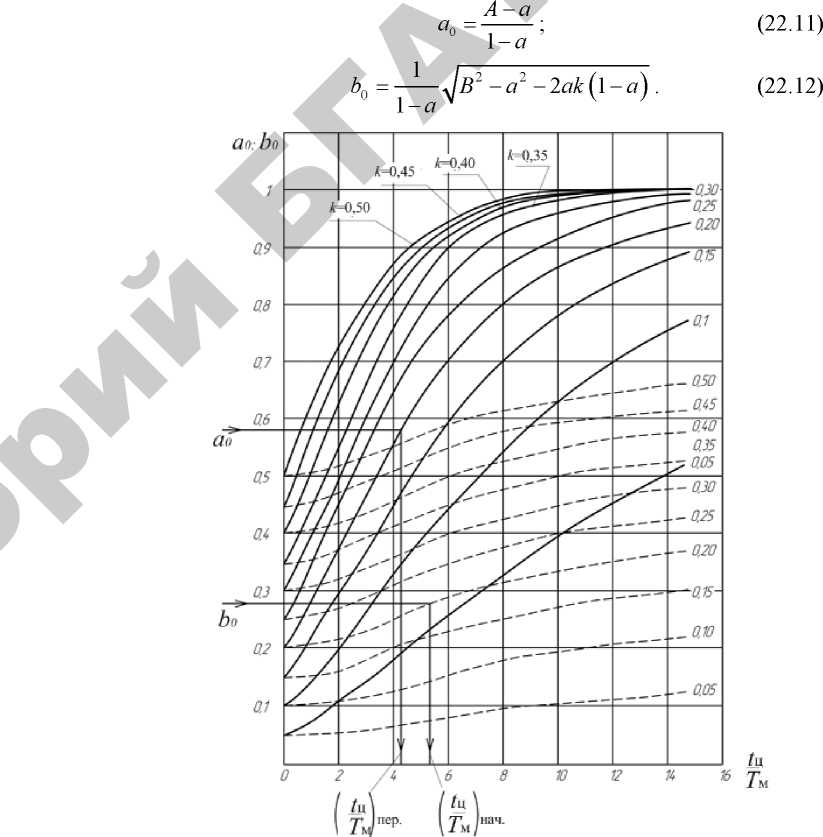
*к пункту 4 плана занятия.* Определить коэффициенты:

(22.9)



*Рис. 22.2.* Кривые к выбору коэффициента —

*Т* м



По найденным коэффициентам *ай* и *Ьо* на кривых рис. 22.2 [6] (сплошные линии для *а0* и пунктирные для *Ьо)* находятся два значения *t*

коэффициентов^- : по *а0* находится коэффициент по допустимой пе- *Тъ,г*



регрузке

; по *Ьо* находится коэффициент по нагреву (рис. 22.2). пер

Для дальнейших расчетов выбирается меньшее значение из ко-

А

т

эффициентов

\ м / пер

Записать его значение.

, которое обозначим

нагр

т„,

МИН

*• к пункту 5 плана занятия.* Приведенный к валу электродви­гателя момент инерции привода должен составлять величину, оп­ределенную по уравнению

МЛ

пр ИВ

А

*к.*

I

мин

Требуемый момент инерции маховика определяется по уравнению

Лахов — Aipne. “ ^р.дв ' (22.14)

(22.13)

Контрольные вопросы:

Какую роль играет маховик в период сброса и набора нагрузки?

Опишите методику выбора электродвигателя и маховика для перемежающегося режима работы с ударной нагрузкой.

Какая нагрузка на валу называется циклической пульси­рующей?

Практическое занятие № 23

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S8

**Цель занятия:** освоить методику выбора асинхронного элек­тродвигателя по мощности для работы в режиме S8.

**Задача.** На обкаточном стенде, используемом в мастерской по ремонту сельскохозяйственной техники, решили использовать асинхронный электродвигатель и преобразователь частоты.

Выбрать электродвигатель по мощности для работы в режиме S8.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какой режим работы называется S8?
2. Как изменяется охлаждение асинхронного самовентилируемо- го электродвигателя при уменьшении скорости вращения?

**Литература.** Чиликин, **М. Г.** Общий курс электропривода: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - 6-е изд. - Москва : Энергоизд ат, 1981.-576с.

План занятия:

1. Выписать данные по своему варианту.
2. Построить нагрузочные диаграммы момента и скорости.
3. Вычислить эффективный момент с учетом коэффициентов ухудшения теплоотдачи при скоростях вращения ниже номинальной.
4. Определить мощность и выбрать электродвигатель.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Выписать данные по своему вари­анту из табл. 23.1 по форме табл. 23.2.

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Момент (Н м) на участках | | | | | Угловая скорость (рад/с) на участках | | | | | Синхронная частота вращения *по,* мин"1 |
| *Mi* | *м2* | *м3* | *м4* | *м5* | С01 | (02 | (Оз | (О4 | (05 |
| 1 | *2* | 3 | 4 | *5* | *6* | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 88,5 | 177 | 295 | 206,5 | 118 | 3000 |
| 2 | 3,8 | 3,5 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 87,9 | 175,8 | 293 | 205,1 | 117,2 |
| 3 | 5,0 | 4,8 | 4,3 | 3,8 | 3,4 | 89,4 | 178,8 | 298 | 208,6 | 119,2 |
| 4 | 7,5 | 6,7 | 6,2 | 5,6 | 5,0 | 89,4 | 178,8 | 298 | 208,6 | 119,2 | 3000 |
| 5 | 10,0 | 9,4 | 8,5 | 7,5 | 6,8 | 89,4 | 178,8 | 298 | 208,6 | 119,2 |
| 6 | 13,0 | 12 | И | 10 | 9 | 89,4 | 178,8 | 298 | 208,6 | 119,2 |
| 7 | 19 | 17,5 | 15 | 14,5 | 13 | 89,4 | 178,8 | 298 | 208,6 | 119,2 |
| 8 | 26 | 23,5 | 21 | 19,5 | 17 | 89,4 | 181,8 | 303 | 212,1 | 121,2 |
| 9 | 38 | 34 | 31 | 24 | 28 | 90,9 | 182,7 | 304,5 | 213,1 | 121,8 |
| 10 | 51 | 47 | 43 | 38,5 | 34 | 91,3 | 182,7 | 304,5 | 213,1 | 121,8 |
| И | 5,5 | 5,0 | 4 | 3,5 | 3 | 91,3 | 84,7 | 141,3 | 98 | 56 |  |
| 12 | 7,0 | 6,5 | 6 | 5,5 | 5 | 42 | 87 | 146 | 102 | 58 |
| 13 | 10,5 | 10 | 9 | 8 | 7,2 | 43 | 87 | 146 | 102 | 58 |
| 14 | 15,5 | 14,5 | 13 | 11,5 | 10,4 | 43 | 87 | 146 | 102 | 58 |
| 15 | 21,0 | 19,5 | 17,5 | 16 | 14 | 44 | 88 | 147,5 | 103 | 59 |
| 16 | 28 | 25,5 | 23,5 | 21 | 19 | 44 | 88 | 147,5 | 103 | 59 |
| 17 | 38,5 | 35 | 32 | 29 | 25,5 | 45 | 89 | 149,9 | 104 | 60 |
| 18 | 50 | 47 | 43 | 38 | 35 | 46 | 90 | 150,7 | 105 | 61J |
| 19 | 75 | 70 | 63 | 56 | 50 | 47 | 91 | 151,5 | 106 | 62 |
| 20 | 103 | 94 | 85 | 78 | 66 | 48 | 92 | 152,3 | 107 | | 63 |
| 21 | 8,0 | 7,5 | 6,5 | 6,0 | 5 | 28 | 57 | 96,1 | 67 F | 38 | 1000 |
| 22 | 12,5 | 10,5 | 10 | 8,5 | 7,5 | 28 | 57 | 96,1 | 67 | 38 |
| 23 | 16 | 15 | 13 | 12 | И | 29 | 58 | 96,8 | 68 | 39 |
| 24 | 22 | 20,5 | 19 | 17 | 15 | 30 | 5^ | 98,9 | 69 | 40 |
| 25 | 31 | 29 | 26 | 24 | 21 | 29,8 | 59,6 | 99,4 | 69,5 | 39,7 |
| 26 | 41 | 38 | 35 | 31 | 28 | 29,5 | 59,5 1 | 99,4 | 69,5 | 39,5 |
| 27 | 57 | 52 | 48 | 43 | 38 | 30 | РбО | 100,4 | 70 | 40 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | б | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 28 | 77 | 71 | 65 | 58 | 52 | 30 | 60 | 100,4 | 70 | 40 |  |
| 29 | ИЗ | 100 | 95 | 85 | 75 | 30 | 6 г | 101,5 | 71 | 41 |  |
| 30 | 155 | 142 | 130 | 115 | 103 | 31 | Г61 | 101,5 | 71 | 41 |  |

*Таблица 23.2*

Исходные данные по варианту

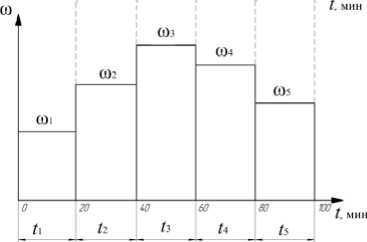
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Й  S | Момент (Н-м) на участках | | | | | Угловая скорость (рад/с) на участках | | | | | Синхронная частота вращения *По,* мин’1 |
| Л/1 | *ар* | *Ah* | *Ah* | АЛ |  | ®2 | ®з | ®4 | ®5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Построить нагрузочные диаграм­мы момента и скорости, как показано на рис. 23.1, соблюдая мас­штаб построения.

*ь =ti=b=h=ts=* 15 мин

*Ml  
Ml*

I *Mf*



*Puc. 23.1.* Нагрузочная диаграмма обкаточного стенда

*• к пункту 3 плана занятия.* Регулирование угловой скорости электродвигателя с помощью преобразователя частоты обеспечива­ется при постоянном магнитном потоке, поэтому воспользуемся формулой эквивалентного момента:

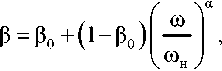
(23.1)

\ ЛР1 + ^2₽2 + /зРз + ^4₽4 + ^5₽5

где Pi, p2, Рз, P4, P5 - коэффициенты ухудшения теплоотдачи элек­тродвигателя при скорости вращения, отличающейся от номиналь­ной скорости, о.е.

При наибольшей скорости вращения, т. е. при со3, имеем Рз = 1.

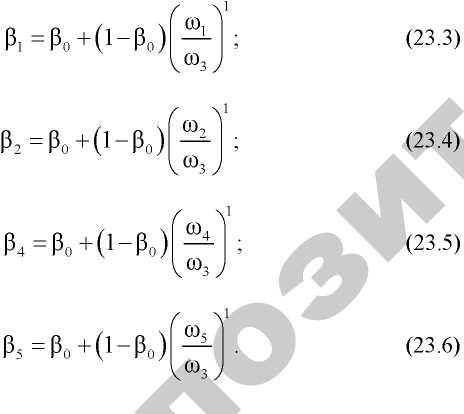
Изменение коэффициента ухудшения изоляции самовентили- руемых асинхронных электродвигателей описывается уравнением



(23.2)

где Ро= 0,5; сон= <Вз; а = 0,7-1,0; примем а = 1,0.

Например:



*• к пункту 3 плана занятия.* Требуемая мощность электродвига­теля определяется по формуле



*Рн>Мэ(й3.* (23.7)

Выбрать из табл. 23.3 электродвигатель с учетом синхронной частоты вращения, заданной в табл. 23.1.

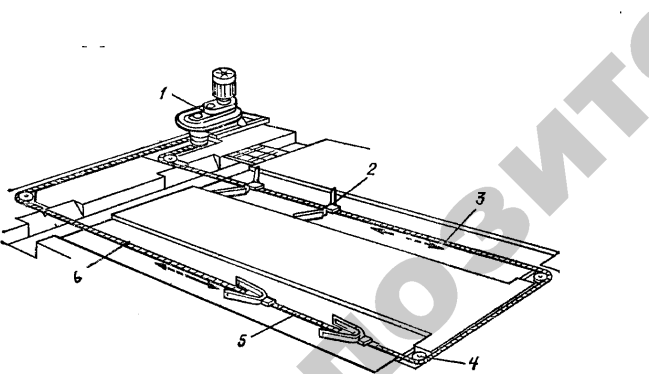
*Таблица 23.3*

Технические данные асинхронных электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигателя | Мощность Рн, кВт | Скольжение  % | Типоразмер электродвигателя | Мощность Рн, кВт | Скольжение  % |
| АИР71А2 | 0,75 | 6.0 | АИР100Е4 | 4,0 | 6.0 |
| АИР71В2 | 1Д | 6.5 | АИР112М4 | 5,5 | 4.5 |
| АИР80А2 | 1,5 | 5.0 | AHP132S4 | 7.5 | 4.0 |
| АИР80В2 | 2.2 | 5.0 | АИР132М4 | 11.0 | 3.5 |
| AHP90L2 | 3.0 | 5.0 | AHP100S4 | 15,0 | 3.0 |
| AHP100S2 | 4,0 | 5.0 | АИР80А6 | 0,75 | 8.0 |
| AHP100L2 | 5,5 | 5.0 | АИР80В6 | 1,1 | 8.0 |
| АИР112М2 | 7.5 | 3.5 | AHP90L6 | 1,5 | 7.5 |
| АИР132М2 | 11.0 | 3.0 | АИРЮОЬб | 2.2 | 5.5 |
| AHP160S2 | 15,0 | 3.0 | АИР112МА6 | 3.0 | 5.0 |
| АИР71В4 | 0,75 | 10.0 | АИР112МВ6 | 4,0 | 5.0 |
| АИР80А4 | 1,1 | 7.0 | AHP132S6 | 5,5 | 4.0 |
| АИР80В4 | 1,5 | 7.0 | АИР132М6 | 7.5 | 4.0 |
| AHP90L4 | 2,2 | 7.0 | AHP160S6 | 11,0 | 3.0 |
| AHP100S4 | 3.0 | 6.0 | AHP160S6 | 15.0 | 3.0 |

Контрольные вопросы:

1. Чем отличается расчет мощности электродвигателя по методу эквивалентных величин для режимов работы S1 и S8?
2. Если преобразователь частоты используется не с самовенти- лируемым закрытым электродвигателем, как в условиях задачи практического занятия №23, и электродвигатель имеет внешний вентилятор (наездник) для охлаждения, то как изменятся расчеты, произведенные по формуле (23.1)?



*Рис. 24.1.* Промышленная скреперная установка типа УС-Ф-170:

*1 -* привод; *2 -* скрепер; *3 -* рабочий контур; *4 -* поворотное устройство;

*5 -* промеж я штанга; *б -* круглозвенная цепь

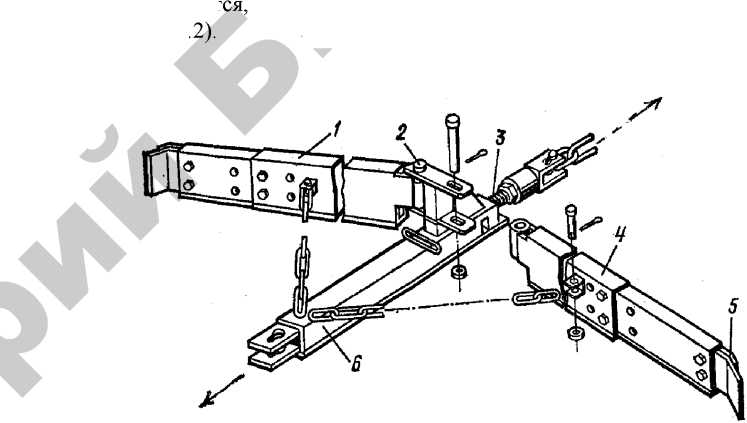
Практическое занятие № 24

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА СКРЕПЕРНОГО ТРАНСПОРТЕРА УС-Ф-170

**Цель занятия:** освоить методику выбора электродвигателя для привода скреперной установки возвратно-поступательного движе­ния в двух открытых каналах.

**Задача.** Выбрать электродвигатель для скреперной установки. В хозяйстве на ферме КРС решено использовать скреперные уста­новки в двух открытых каналах промышленного типа УС-Ф-170. Длину транспортеров определили по месту их применения. На вы­ходном валу редуктора находится литая звездочка для круглозвенной цепи, шаг цепи *Ъ =* 0,23 м. Состав транспортера УС-Ф-170 представ­лен рис. 24.1 [7].





пунктирной стрелки

(рис. 24

*Рис. 24.2.* Складывающийся скрепер установки УС-Ф-170:

*1,4* - скребки; *2 -* шарнир; *3 -* натяжное устройство;

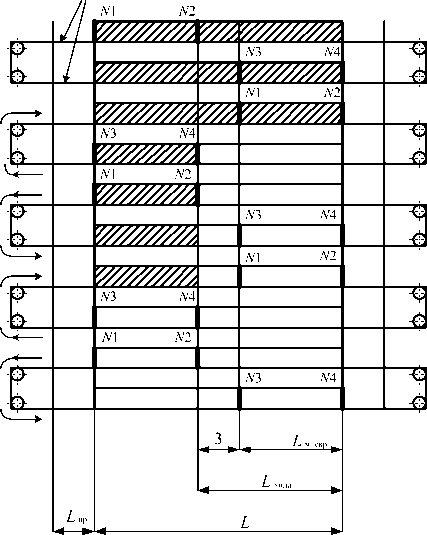
5 - резиновый чистик; *6 -* ползун

Тяговый орган - круглозвенная цепь *6.* Она находится на уча­стке между первыми скребками каналов, захватывая приводную звездочку, и передними скребками каналов, захватывая поворот­ные звездочки. Межд скреперами находятся промежуточные штанги 5.

Складывающийся скрепер представлен на рис. 24.2 в рабочем положении при движении в направлении сплошной стрелки. Он складывает если движется в направлении “

Скреперная установка совершает столько ходов, сколько имеет скреперов. Количество циклов (вперед-назад) равно количеству скреперов в одном канале. Скреперы перемещаются на расстояние ^хода- Оно больше расстояния между скреперами на 3 метра.

Технологическая схема работы скреперной установки с двумя рабочими каналами и двумя скреперами в канале приведена на рис. 24.3.

*Рис. 24.3.* Технологическая схема работы скреперной установки  
с двумя рабочими каналами

ВИД НА КАНАЛЫ СВЕРХУ Рабочие

ветви

Исходное

состояние

1-й ход (вперед)

4-й ход (назад) стоп

2-й ход (назад)

3-й ход (вперед)

1-й цикл  
работы

П-й цикл  
работы

Вопросы для самоподготовки:

1. Объясните принцип действия скреперных установ
2. Постройте график механической характеристики скреперной установки.

**Литература.** Фоменков, А. П. Электропривод сельскохозяйст­венных машин, агрегатов и поточных линий : учебник / А. П. Фо­менков. - Москва : Колос, 1984. - 288 с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по своему варианту .
2. Выполнить расчеты для построения нагрузочной диаграммы и построить ее.
3. Выбрать электродвигатель.
4. Записать результаты расчетов по форме табл. 24.3.

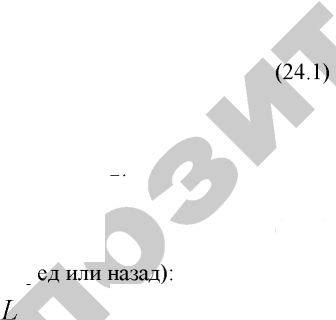
Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Записать исходные данные из табл. 24.1 по форме табл. 24.2 .

*Таблица 24.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Длина канала *Т* м | Скорость движения скрепера у, м/с | Количество уборок в сутки *Z* | Угловая скорость приводной звездочки со, рад/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 100 | 0,15 | 1 | 0,37 |
| 2 | 104 | 0,2 | 1 | 0,50 |
| 3 | 108 | 0,25 | 1 | 0,62 |
| 4 | 112 | 0,15 | 1 | 0,37 |
| \*5 | 116 | 0,2 | 1 | 0,50 |
| *6* | 120 | 0,25 | 1 | 0,62 |
| 7 | 124 | 0,15 | 1 | 0,37 |
| 8 | 130 | 0,2 | 1 | 0,50 |
| 9 | 135 | 0,25 | 1 | 0,62 |
| 10 | 140 | 0,15 | 2 | 0,32 |
| 11 | 145 | 0,2 | 2 | 0,42 |
| 12 | 150 | 0,25 | 2 | 0,53 |
| 13 | 155 | 0,15 | 2 | 0,32 |
| 14 | 160 | 0,2 | 2 | 0,42 |
| 15 | 165 | 0,25 | 2 | 0,53 |
| 16 | 170 | 0,15 | 2 | 0,32 |
| 17 | 175 | 0,2 | 2 | 0,42 |
| 18 | 180 | 0,25 | 2 | 0,53 |
| 19 | 185 | 0,15 | 2 | 0,32 |
| 20 | 190 | 0,2 | 3 | 0,36 |
| 21 | 195 | 0,25 | 3 | 0,46 |
| 22 | 200 | 0,15 | 3 | 0,27 |
| 23 | 205 | 0,2 | 3 | 0,36 |
| 24 | 210 | 0,25 | 3 | 0,46 |
| 25 | 215 | 0,15 | 3 | 0,27 |
| 26 | 220 | 0,2 | 3 | 0,36 |



(24.2)

*Окончание табл. 24.1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27 | 225 | 0,25 | 3 | 0,46 |
| 28 | 230 | 0,15 | 3 | 0,27 |
| 29 | 235 | 0,2 | 3 | 0,36 |
| 30 | 240 | 0,25 | 3 | 0,46 |

*Таблица 24.2*

Исходные данные и результаты расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | | Исходные данные | | | | Результаты расчетов | | | | | | |
| Длина канала *L,* м | | Скорость движения скрепера v, м/с | Количество уборок в сутки *Z* | Угловая скорость звездочки ®р.м, рад/с | Максимальная мощ­ность при первом ходе Pi( Вт | Время работы уста­новки /общ- с | Эквивалентная мощ­ность Рэкв, Вт по (24.23) | Мощность предварительно выбранного электродвигателя по (24.25) | Окончательно вы­бранная мощность электродвигателя *Рн,*  кВт | Условие (24.39) в цифрах | Условие (24.34) в цифрах |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*• к пункту 2 плана занятия.* Нагрузочную диаграмму построить на период одной уборки. Сначала определить параметры технологиче­ской схемы и нагрузочной диаграммы.

Расстояние между скреперами:

*L*скр у  
^скр

где *L -* длина навозного канала, м;

ZCKp — количество скреперов в канале; ZCKp = 2. Длина хода скреперов:

*L = L-L* (Z -1)

хода скр \ скр 7

Время одного хода скреперов (впер

где v - скорость скрепе

м/с.

Из практики известно, что при скорости *v* = 0,2 м/с удельная мощность на валу транспортера составляет 65 Вт/м при одной уборке в сутки.

Удельная мощность находится в обратной зависимости от числа уборок в сутки и в прямо пропорциональной зависимости от скоро­сти перемещения скребков:

э \_ 65у

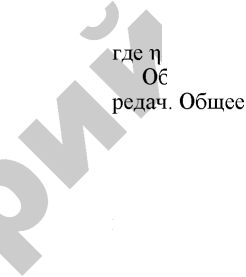
(24.3)

УД = 0,2Zy6

Максимальная мощность при первом ходе, приведенная к валу электродвигателя:

*Р = Р L*

(24.4)

1 уд хода

^1пер.общ

пер.общ - общий КПД передачи, о.е.

КПД передачи зависит от числа и вида применяемых пе- передаточное отношение передач:

со

(24.5)

7=^

®р.м

где Шдв и сОрМ—угловая скорость электродвигателя и рабочей ма­шины, рад/с.

Примем Шдвй 100 рад/с (6-полюсный асинхронный электродвигатель).

Если *i >* 100, то применяют 2-ступенчатую механическую пере­дачу; если / >400, то выбирают трехступенчатую механическую пе­редачу. КПД одной ступени механической передачи т| = 0,98. Об­щий КПД механической передачи:

(24.6)

где *п —* количество ступеней механической передачи.

Для построения нагрузочной диаграммы определить нагрузки при всех циклах работы (см. рис. 24.3).

**1-й ход (вперед).** Скреперы *N1* и *N2* складываются и перемеща­ются через навоз вправо, а скреперы *N3* и *N4* перемещают навоз по длине ЕХ0Да влево в навозоуборочный канал.

Примем, что движение 2 скреперов через навоз требует 30 % мощности *Р\,* вычисленной по формуле (24.4). Тогда общая нагруз­ка при 1-м ходе равна

*Р* = 1 *ЗР* 1 1Х0Д J1 1 •

(24.7)

По данным, приведенным в [8], известно, что перемещение скреперов сначала вызывает скопление и сжатие навоза. Длина пу­ти кареток до полного сжатия составляет 0.55/.<o la. а разгрузка на­воза скрепером происходит на участке пути, составляющем 0.15Л:Ода. Изменение мощности при первом ходе имеет вид рис. 24.4.

Параметры первого хода:

^наЧ=0^хоД; (24.8)

*Р = 0 5Р* 71кон м’~71ход’

\_ -^хода .

1 ход — ’

V

(24.9)

(24.10)

*К* =0,5511ход ; (24.11)

X 0,1511ход,

С — ^ход — (^1 + G ) '

(24.12)

(24.13)

**2-й ход (назад).** Скреперы *N1* и *N2* движутся влево, сгребая на­воз, а скрепер *N4 -* вправо, вхолостую. Скрепер *N3 -* сначала пере­мещается в навозе в сложенном виде. Следовательно, на 2-м участ­ке мощность составляет:

^ход=1Л5Д.

(24.14)

Параметры 2-го хода:

’ =0,172, ;

2нач ’ 2ход ’

’ =0,5Д .

2кон ’ 2ход

(24.15)

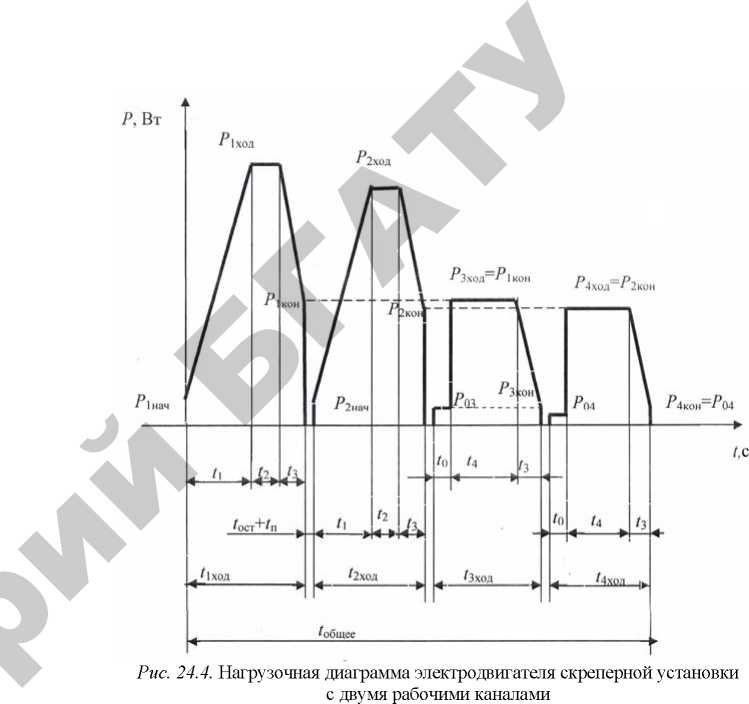
(24.16)

Отдельные участки времени 2-го хода аналогичны участкам времени 1-го хода (рис. 24.4). Между 1-м и 2-м ходами принять время остановки /ОС| и пуска *tn:*

*t +t = 2с .*

ОСТ п





**3-й ход (вперед).** В конце 2-го хода оставшийся навоз сжат. Скреперы *N3* и *N4* движутся влево. Первые 3 метра они движутся вхолостую. Это время составляет:

3

(24.17)

с = -

Мощность холостого хода составляет:

(24.18)

*Р03 =* °,5^нач •

Время перемещения сжатого навоза составляет:

С Gxofl (Cj + С ) ■

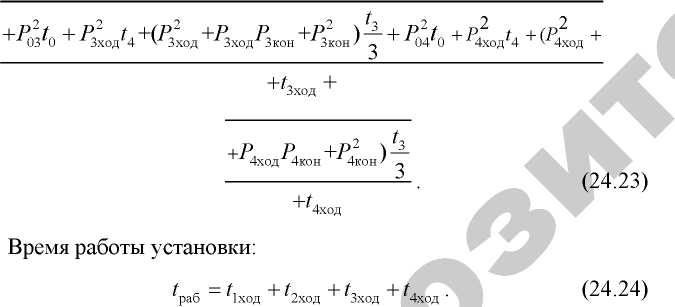
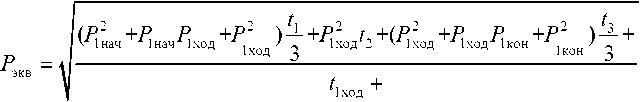
(24.19)

где ^Зход ^2ход ^1ход.

Мощность на перемещение сжатого навоза:

|  |  |
| --- | --- |
| *р =р*  Зход 1кон ■ | (24.20) |
| В конце третьего хода мощность равна |  |
| *Р =Р* | (24.21) |
| **4-й ход (назад)** аналогичен третьему: |  |
| *Р =0 5Р ■ Р =Р* 1 04 2нач ’ 1 4ход 1 2кон ' | (24.22) |

*• к пункту 3 плана занятия.* Найти эквивалентную мощность за время работы по формуле



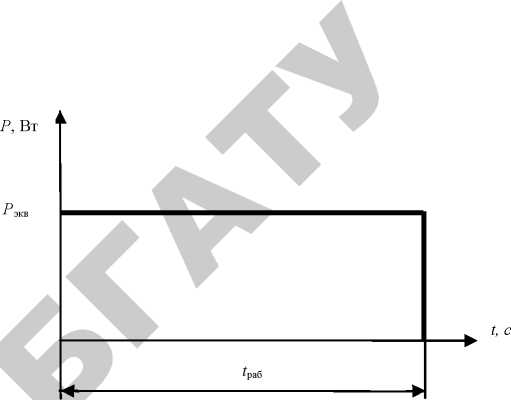
+(Днач

*’ Р +Р' ) — +Р' t +(Р' +Р Р +Р2* 2нач 2ход 2ход' 2ход 2 V 2ход 2ход 2кон 2кон

+/2ход +

Теперь нагрузочная диаграмма имеет вид рис. 24.5.

Общее время работы мало (минуты), а промежуток времени до включения электродвигателя для второй уборки гораздо больше (измеряется часами). Поэтому имеем режим работы электропривода S2 (кратковременный).



*Рис. 24.5.* Эквивалентная нагрузочная диаграмма электродвигателя скреперной установки с двумя рабочими каналами

Выбрать электродвигатель режима S1 для работы в режиме S2.

Из табл. 24.3 выбрать 6-полюсный асинхронный электродвига­тель по условию

(24.25)

*Таблица 24.3*

Технические данные 6-полюсных асинхронных электродвигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер электродвигате­ля | Номинальная мощность *Р№* кВт | Номинальная частота враще­ния *пн,* мин”1 | Кратность момента | | | Коэффициент потерь мощно­сти ан, о.е. | Постоянная вре­мени нагревания *Тн,* мин |
| пускового Цпуск,? о.е. | минимального Цмин, о.е. | критического цк, о.е. |
| 4АА63А6 | 0.18 | 885 | 2.2 | 1.5 | 2.2 | 0.38 | 14.56 |
| 4АА63В6 | 0.25 | 892 | 2,2 | 1,5 | 2,2 | 0,53 | 15.05 |
| 4А71А6 | 0.37 | 908 | 2,0 | 1,8 | 2,2 | 0,49 | 23.48 |
| 4А71В6 | 0.55 | 900 | 2,0 | 1,8 | 2,2 | 0,36 | 20.41 |
| 4А80А6 | 0.75 | 916 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 0,53 | 21.56 |
| 4А80В6 | 1.1 | 920 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 0.57 | 20.80 |
| 4A90L6 | 1,5 | 936 | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 0.43 | 21.40 |
| 4A100L6 | 2.2 | 949 | 2,0 | 1,6 | 2,2 | 0,39 | 26.50 |
| 4А112МА6 | 3.0 | 953 | 2.0 | 1.8 | 2,5 | 0,40 | 29.83 |
| 4А112МВ6 | 4.0 | 967 | 2,0 | 1,8 | 2,5 | 0,39 | 27.60 |
| 4A132BS6 | 5.5 | 968 | 2.0 | 1.8 | 2.5 | 0.86 | 32.06 |

Предварительно выбранный электродвигатель проверить по ус­ловию нагревания. Для этого найти коэффициенты термической *К-* и механической *Кл,* перегрузок по формулам

*Кт=* Цу, (24.26)

‘раб

*1-е*

*Км=у]Кт(1 + ан)-ан,* (24.27)

где ан - коэффициент потерь мощности, взять по табл. 24.3 для предварительно выбранного электродвигателя.

Мощность электродвигателя должна удовлетворять условию

Р>^. (24.28)

Для выбранного электродвигателя рассчитать номинальный мо­мент *Мн,* номинальную угловую скорость сон, пусковой момент ЛТпуск, минимальный момент при пуске *Мжш*припуске, критический мо­мент *Мк* по формулам

|  |  |
| --- | --- |
|  | (24.29) |
| ®н |  |
| *тт* |  |
| ®п= —= 0,1045ин, | (24.30) |
| 30 |  |
| Ч^ск = ЦпусЛ > | (24.31) |
| Л^мин =Цмин^н, | (24.32) |
|  | (24.33) |

Проверка на преодоление максимальной нагрузки является оп­ределяющей при выборе электродвигателя режима работы S1 для работы в режиме работы S2, поэтому ее производят первой.

Проверка на преодоление максимальной нагрузки производится по следующему условию:

*Ми;>1,1М ,* (24.34)

к 2 ’ с.макс ’ v ’

где Wi = 0,95;

Л/к- критический момент электродвигателя, Нм:



| *мс0 = .*  ®н | (24.36) |
| --- | --- |
| Момент трогания транспортера: |  |
| МС трог = 1, 2Чо • | (24.37) |
| Проверка по условиям пуска: |  |
| > W,Tpor, | (24.38) |
|  | (24.39) |

Если условие (24.34) для выбранного электродвигателя не удовле­творяется, то выбирается больший по мощности электродвигатель.

Условия пуска рабочей машины определить из нагрузочной диа­граммы. Наибольший момент сопротивления при пуске соответству­ет нагрузке Р^ач- Эта нагрузка создается моментом сопротивления:

М

с. макс

СО„

где г/i = 0,9 (падение напряжения при пуске; принято 10 %).

Если по условиям пуска или преодоления максимальной нагруз­ки электродвигатель подходит, то расчет считают законченным.

Если условия (24.38) и (24.39) для выбранного электродвигателя не удовлетворяются, то выбирается больший по мощности электро­двигатель.

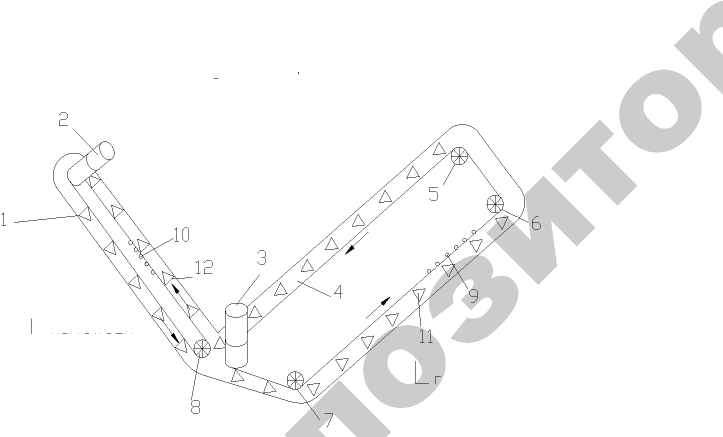
Асинхронные электродвигатели для транспортеров должны быть выбраны сельскохозяйственные (с буквой С), климатического ис­полнения У, категории применения 1. Они должны иметь степень защиты IP54 или IP44.

Записать тип выбранного электродвигателя с учетом этих требо­ваний, в частности дополнить типоразмер электродвигателя (табл. 24.2) климатическим исполнением и категорией размещения.

*• к пункту 4 плана занятия.* Записать в табл. 24.2 данные рас­четов и выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какая связь существует между количеством скреперов и количеством его ходов?
2. Нарисуйте в виде эскиза нагрузочную диаграмму электродви­гателя скреперной установки при первом рабочем ходе.



0,23 м. Технологическая схема

ник/1,цы 1И

ир.це! in

*Рис. 25.1.* Технологическая схема работы скребковых транспортеров:

*1 -* наклонный скребковый транспортер; *2 -* привод наклонного транспортера;

*3 -* привод горизонтального транспортера; *4 -* горизонтальный транспортер;

*5, 6,7,8-* поворо звездочки; *9,10-* цепи; *11,12-* скребки

Практическое занятие № 25

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ

**Цель занятия:** освоить методику выбора электродвигателя для привода горизонтального транспортера кругового движения.

**Задача.** В хозяйстве решили использовать скребковые транспор­теры для уборки навоза. Длину транспортеров определили по месту их применения. Редукторы применили от ранее использованных транс­портеров. Количество зубьев приводной звездочки горизонтального транспортера Z3B = 13, шаг цепи = транспортеров приведена на рис. 25.1.



Вопросы для самоподготовки:

1. Какие типы транспортеров кругового движения используются для уборки навоза?
2. В какой зависимо!

юдится мощность и скорость движения

транспортера?

Литература:

1. Энергосбережение в электрооборудовании: методические указания к практическим занятиям для студентов специальности С.03.02 «Электрификация сельского хозяйства» / сост. И. Ф. Куд­рявцев. - Минск : БГАТУ, 1997. - 16 с.
2. Потапов, Г. П. Погрузочно-транспортные машины для живот­новодства : справочник / Г. П. Потапов. - Москва : Агропромиздат, 1990.-239 с.
3. Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве : учебник / Ф. Я. Изаков [и др.]. - Москва : Колос, 1972. - 304 с.

План занятия:

1. Выписать исходные данные по своему варианту.
2. Выполнить расчеты для построения нагрузочной диаграммы и построить ее.
3. Выбрать электродвигатель.
4. Записать результаты расчетов по форме табл. 25.3.

Методические указания:

*• к пункту 1 плана занятия.* Записать исходные данные из табл. 25.1 по форме табл. 25.2 .

*Таблица 25.1*

Исходные данные

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| н я ей S  И | Горизонтальный транспортер | | Количество уборок в сутки *Z* |
| Длина цепи *L,* м | Скорость движения скребков *v,* м/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 60 | 0,13 | 2 |
| 2 | 80 | 0,13 | 2 |
| 3 | 100 | 0,13 | 2 |
| 4 | 120 | 0,13 | 2 |
| 5 | 140 | 0.13 | 2 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 160 | 0,19 | 2 |
| 7 | 180 | 0,19 | 2 |
| 8 | 200 | 0,19 | 2 |
| 9 | 220 | 0,19 | 2 |
| 10 | 240 | 0,19 | 2 |
| 11 | 60 | 0,13 | 3 |
| 12 | 80 | 0,13 | 3 |
| 13 | 100 | 0,13 | 3 |
| 14 | 120 | 0,13 | 3 |
| 15 | 140 | 0,13 | 3 |
| 16 | 160 | 0,19 | 3 |
| 17 | 180 | 0,19 | 3 |
| 18 | 200 | 0,19 | 3 |
| 19 | 220 | 0,19 | 3 |
| 20 | 240 | 0,19 | 3 |
| 21 | 60 | 0,13 | 4 |
| 22 | 80 | 0,13 | 4 |
| 23 | 100 | 0,13 | 4 |
| 24 | 120 | 0,13 | 4 |
| 25 | 140 | 0,13 | 4 |
| 26 | 160 | 0,19 | 4 |
| 27 | 180 | 0,19 | 4 |
| 28 | 200 | 0,19 | 4 |
| 29 | 220 | 0,19 | 4 |
| 30 | 240 | 0,19 | 4 |
|  |  |  | *Таблица 25.2* |

Исходные данные и результаты расчета горизонтального транспортера

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2 ■5 S \*  Q | Дано | | | Вычислено | | | | | | |
| S | V, м/с | *Z* | *Pl.*  Вт | *Ру*  Вт | о.е. | А” с | Лкв, Вт | Проверка по уравнению (25.18) | Электродвига­тель (полное обозначение) |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



Зарисовать технологическую схему работы скребковых транс­портеров, как показано на рис. 25.1.

*• к пункту 2 плана занятия.* Для построения нагрузочной диа­граммы необходимо знать мощность рабочей машины, время ра­боты, характер изменения мощности во времени, время холостого хода и время паузы до следующего включения.

Горизонтальный транспортер начинает перемещать навоз одно­временно по всему каналу. В первый момент мощность изменяется от холостого хода до максимальной нагрузки. Это происходит за короткое время:

(25.1)

где v - скорость движения скребков, м/с;

/о - расстояние между скребками, м; /о = О,46 м.

В этот период происходит сдавливание навоза и образование тела волочения. Мощность будет увеличиваться до максималь­ного значения и далее, в процессе работы, будет уменьшаться, поскольку часть навоза будет убираться из канала. В конце

уборки скребки будут перемещаться вхолостую.

Максимальная мощность зависит от числа уборок в сутки. Чем меньше уборок, тем труднее транспортеру перемещать навоз по каналу, так как масса навоза увеличивается.

Время холостого хода принять 5 % от времени работы.

Из практики известно [7], [8], что при скорости скребков *v* = 0,19 м/с удельная мощность на валу транспортера составляет 60 Вт/м при одной уборке в сутки.

Удельная мощность (Вт/м) находится в обратной зависимости от числа уборок в сутки и в прямо пропорциональной зависимости от скорости перемещения скребков:

60v

(25.2)

0,19Z ’

где v - скорость скребков горизонтального транспортера, м/с;

*Z -* количество уборок в сутки.

Максимальная мощность горизонтального транспортера, приве­денная к валу электродвигателя:

*рг=рудр*

вперед.общ

(25.3)

где Пперед общ “ общее КПД Передачи, О.С.; вперед .общ = Т|1 Т|2 Т|з и т. д.

Общее КПД передачи зависит от вида применяемых передач.

Общее передаточное количество передач:

со  
7=^

®р.м

где Шдв и <Вр м - угловая скорость электродвигателя и рабочей маши­ны, рад/с.

Примем соДв= 150 рад/с (4-полюсный асинхронный электродви­

гатель):

(25.4)

со = —

Р.м R

(25.5)

где *R -* радиус приводной звездочки, м:

*Z t*

R \_ ЗВ ц

2л

где Z.B и заданы в условиях задачи.

Если по формуле (25.4) *г* больше 100, но меньше 400, то приме­няется двухступенчатый механический редуктор; если *i* > 400, то применяется трехступенчатый механический редуктор.

КПД одной ступени механического редуктора //i = 0,98.

Мощность холостого хода:

(25.6)

Время холостого хода:

7)

(25.8)

(25.9)

*t*

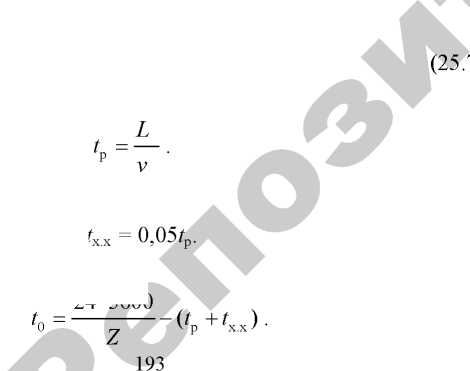
Время пауз, с:

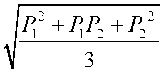
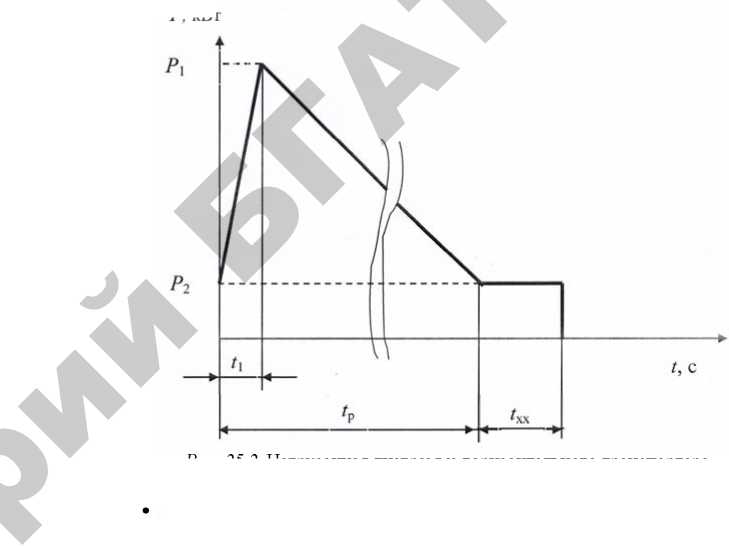
(25.10)

Л = 0,2Л-

Время работы горизонтального транспортера:

24-3600





*Рис. 25.2.* Нагрузочная диаграмма горизонтального транспортера

По результатам этих расчетов строим нагрузочную диаграмму, как показано на рис. 25.2.

*Р.* **кВт**

экв

экв.1,2

’2 + Л2.

экв.1,2 р 2

(25.11)

*t +1*р х.х

(25.12)

*к пункту 2 плана занятия.* Поскольку *t0» /Р* то работа электродвигателя происходит в режиме S2.

Для работы в кратковременном режиме S2 выбрать асинхронный электродвигатель режима S1. Эквивалентная мощность за время ра­боты:

Выбрать ближайший меньший к мощности Рэкв электродвига­тель мощностью из табл. 25.3.

*Таблица 25.3*

Технические данные 4-полюсных асинхронных электродвигателей  
с коротко замкнутым ротором (от 0,55 до 11 кВт)

АИР63В4 АИР71А4 АИР71В4 АИР80А4 АИР80В4 AHP90L4 AHP100S4 AHP100L4 АИР112М4 AHP132S4 АИР132М4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| н | Номинальные значения | | | Кратности моментов, о.е. | | О  о м |
| Номинальная мощность Рн, кЕ | хО Ох | COS (pH, О-б. | скольжение  SH, % | пускового Цпуск критического  Цмакс | О  щ  s  S я 5  § i | Кратность пуск< тока *Kj,* о.е. |
| 0,37 | 68 | 0,7 | 12 | 2,3 2,2 | 1,8 | 5 |
| 0,55 | 70,5 | 0,7 | 9,5 | 2,3 2,2 | 1,8 | 5 |
| 0,75 | 73 | 0,76 | 10 | 2,2 2,2 | 1,6 | 5 |
| 1,1 | 75 | 0,81 | 7 | 2,2 2,2 | 1,6 | 5,5 |
| 1,5 | 78 | 0,83 | 7 | 2,2 2,2 | 1,6 | 5,5 |
| 2,2 | 81 | 0,83 | 7 | 2,1 2,2 | 1,6 | 6,5 |
| 3 | 82 | 0,83 | 6 | 2 2,2 | 1,6 | 7 |
| 4 | 85 | 0,84 | 6 | 2 2,2 | 1,6 | 7 |
| 5,5 | 85,5 | 0,86 | 4,5 | 2 2,5 | 1,6 | 7 |
| 7,5 | 87,5 | 0,86 | 4 | 2 2,5 | 1,6 | 7,5 |
| 11 | 87,5 | 0,87 | 3,5 | 2 2,7 | 1,6 | 7,5 |

я я

я

*г>*

0,0014 0,0013 0,0014 0,0032 0,0033

0,0056 0,0087 0,011 0,017 0,028

0,04

S

5,6

7,8

8,8

9,9

12,1

17

21,6

27,3

41

58

70

Определить постоянную времени нагрева электродвигателя:

480/и

т

доп

где *т -* масса электродвигателя, кг (табл. 25.3);

А/',, - номинальные потери в электродвигателе, Вт; тДоп=80°С.

(25.13)

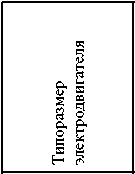
0-Пн)

(25.14)

где - мощность выбранного электродвигателя, Вт;

т|н - по табл. 25.3.

Определить коэффициенты термической и механической пере­грузок для выбранного электродвигателя:



^м=7^т(1 + ан)-ан, (25.16)

где ан - коэффициент потерь мощности, взять по табл. 25.4 для электродвигателя мощностью *Рп.*

*Таблица 25.4* Номинальный коэффициент потерь ан

4-полюсных асинхронный электродвигатель с коротко замкнутым ротором (синхронная частота w0 = 1500 мин'1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Типоразмер  электродвигателя | Номинальная мощность *Рн,* кВт | Коэффициент потерь ссн, о.е. |
| АИР63В4 | 0,37 | 0,57 |
| АИР71А4 | 0,55 | 0,56 |
| АИР71В4 | 0,75 | 0,34 |
| АИР80А4 | 1,1 | 0,39 |
| АИР80В4 | 1,5 | 0,30 |
| AHP90L4 | 2,2 | 0,26 |
| AHP100S4 | 3 | 0,36 |
| AHP100L4 | 4 | 0,35 |
| АИР112М4 | 5,5 | 0,36 |
| AHP132S4 | 7,5 | 0,69 |
| АИР132М4 | 11 | 0,44 |

Поскольку пуск электродвигателя производится практически вхолостую, то определяющим для электродвигателя будет его на­грев и проверка на преодоление максимальной нагрузки *Р^.*

Уточненная мощность электродвигателя определяется по выра­жению

Рн >^-. (25.17)

Выбрать типоразмер электродвигателя по табл. 25.3.

Проверить выбранный электродвигатель на преодоление макси­мальной нагрузки по следующим условиям:

(25.18)

>1,ЕИ

макс, на гр

макс.нагр

(25.19)

(25.20)

где цк - по табл. 25.3; гь = 0,95.

Если электродвигатель не проходит по условию (25.18), то вы­бирают больший по мощности электродвигатель и повторяют рас­четы.

Для навозоуборочных транспортеров выбирают электродвигате­ли сельскохозяйственного исполнения (в обозначении есть бук­ва С), климатического исполнения У, категории размещения 1, на­пример, 4A100L4CY1.

*• к пункту 5 плана занятия.* Данные расчетов записать в табл. 25.2.

Контрольные вопросы:

1. Опишите методику выбора электродвигателя для горизон­тального транспортера.
2. Из каких составляющих складывается усилие, которое должен преодолеть электродвигатель при работе транспортера?
3. В какой период работы электродвигателя горизонтального транспортера потребляется наибольшая и наименьшая мощность?
4. Какой режим работы характерен для транспортеров уборки навоза?



1. Электропривод : учеб.-метод, пособие по курсовому и ди­пломному проектированию / В. В. Гурин, Е. В. Бабаева. - Минск : БГАТУ, 2006.-314 с.
2. Кузнецов, Б. В. Асинхронные электродвигатели и аппараты управления : справочное пособие / Б. В. Кузнецов, М. Ф. Сацукевич. - Минск : Беларусь, 1982. - 222 с.
3. Энергосбережение в электрооборудовании : методические указания / сост. И. Ф. Кудрявцев. - Минск : БГАТУ, 1997. - 16 с.
4. Энергосберегающие технологии электроснабжения народного хозяйства : практическое пособие. В 5 кн. / под ред. В. А. Веникова. Кн. 2. Энергосбережение в электроприводе / Н. Ф. Ильинский, Ю. В. Рожановский, А. О. Горнов. - Москва: Высшая школа,
5. - 127 с.
6. Регулируемые асинхронные электродвигатели в сельскохозяй­ственном производстве / под ред. Д. Н. Быстрицкого. - Москва: Энергия, 1975. - 399 с.
7. Электротехнический справочник : справочник / под ред. П. Г. Грудинского [и др.]. - Т. 3. - Изд. 5-е. - Москва : Энергия, 1976. - 568 с.
8. Потапов, Г. И. Погрузочно-транспортные машины для живот­новодства : справочник / Г. И. Потапов. - Москва : Агропромиздат,
9. -239 с.
10. Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве : учебник / Ф. Я. Изаков [и др.]. - Москва : Колос, 1972. - 304 с.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**



ЭЛЕКТРОПРИВОД

*Практикум*

Составители:

**Гурин** Владимир Владимирович,  
**Бабаева** Елена Владимировна

Ответственный за выпуск В. А. Дайнеко  
Редактор Ю. П. Каминская

Компьютерная верстка Ю. П. Каминской

Подписано в печать 22.04.2011 г. Формат 60х841/]6. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 9,09. Тираж 150 экз. Заказ 418.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.

ЛИ № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.



1. *к пункту 8 плана занятия.* Определить скорость при *Мс = 0.2М,,* можно только графическим путем по механической характеристике электродвигателя последовательного возбуждения.

   Пользуясь графиком, найти скорость электродвигателя при хо­лостом ходе *(Мс = 0,2Мн).*

   Пользуясь значениями табл. 4.4, найти жесткость в начале и в конце кривой механической характеристики электродвигателя. Разность первых двух значений столбцов табл. 4.4 дадут значения Ao), и ДЛ/1, а двух последних - значения Аоь и ЛЛ/2. [↑](#footnote-ref-1)
2. *к пункту 3 плана занятия.* Естественную механическую ха­рактеристику асинхронного электродвигателя приД = 50 Гц рас­считывать по упрощенному уравнению Клосса: [↑](#footnote-ref-2)
3. *к пункту 4 плана занятия.* Расход электроэнергии при регу­лировании подачи насоса скоростью вращения определяется по уравнению [↑](#footnote-ref-3)
4. *к пункту 5 плана занятия.* На рис. 14.2 показано потребление мощности в относительных единицах при изменении подачи в от­носительных единицах, если регулировать подачу задвижкой на трубопроводе при односкоростном электродвигателе. Принять [↑](#footnote-ref-4)
5. *к пункту 2 плана занятия.* Потери энергии при пуске асин­хронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при отсут­ствии момента сопротивления на валу электродвигателя (пуск вхоло­стую) определяются выражением, Дж: [↑](#footnote-ref-5)