

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора ЭЛТИ по УР

\_\_\_\_\_ А. В. Лукутин

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2003 г.

## ЭЛЕКТРОПРИВОД

Варианты заданий и методические указания к выполнению индивидуальной работы по курсам “Электротехника”, “Электротехника и электропривод” для студентов неэлектротехнических специальностей

УДК 621.3

Электропривод: Варианты заданий и методические указания к выполнению индивидуальной работы по курсам “Электротехника”, “Электротехника и электропривод” для студентов неэлектротехнических специальностей. –Томск: Изд-во ТПУ, 2003. -36 с.

Составители: доц., канд. техн. наук А. В. Лукутин  
ст. преп. Н. М. Малышенко

Рецензент: доц. канд. техн. наук Л.К. Бурулько

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры “Электрооборудование и электротехника” “ 14 ” ноября 2002 г.

Зав. кафедрой доцент, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ А.В. Лукутин

Одобрено учебно-методической комиссией ЭЛТИ  
Председатель учебно-методической комиссии  
доцент канд. техн. наук \_\_\_\_\_ Л.К. Бурулько

## **1. Общие сведения**

Электроприводом называют электромеханическую систему, предназначенную для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. Простейший электропривод состоит из электродвигателя, питаемого непосредственно от сети постоянного или переменного тока, передаточного устройства и аппаратов и приборов управления. Параметрами электропривода являются частота вращения, нагрузка, диапазон регулирования, жесткость механической характеристики и электрическая постоянная времени, понятия о которых можно получить в [Л. 9, с. 7]. Длительность работы приводимого в движение механизма и ее характер определяют рабочий режим двигателя. В соответствии с ГОСТ 183-74 установлено восемь номинальных режимов работы электрических двигателей, которые условно обозначают **S1-S8**. Режимы **S1-S3** принято считать основными. Номинальные данные двигателей в этих режимах включаются в паспорт и каталоги. Режимы **S4-S8** уточняют основные.

**S1. Режим продолжительной нагрузки.** Характеризуется достаточно длительной работой при постоянной нагрузке.

**S2. Режим кратковременной нагрузки.** Характеризующей величиной является продолжительность кратковременной работы. Установлены стандартные продолжительности кратковременной работы: 10, 30, 60, 90 мин.

**S3. Режим повторно-кратковременной нагрузки.** Состоит из периодов работы и отключенного неподвижного состояния. Для режима **S3** характеризующей величиной является продолжительность включения

$$ПВ = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_{\Pi}} 100\% = \frac{\sum t_p}{t_{\text{Ц}}} 100\%,$$

где  $\sum t_p$  - время работы;  $\sum t_{\Pi}$  - время отключенного состояния;  $t_{\text{Ц}}$  - продолжительность цикла.

Нормируемые значения относительной продолжительности включения: 15, 25, 40, 60%. Продолжительность одного цикла, если нет других указаний, принимается не превышающей 10 минут.

**S4. Режим повторно-кратковременной нагрузки, включая пуск.**

**S5. Режим повторно-кратковременной нагрузки, включая электрическое торможение.**

**S6. Режим продолжительной работы при переменной нагрузке**

**S7. Режим продолжительной нагрузки, включая электрическое торможение.**

**S8. Режим работы при периодическом изменении частоты вращения и нагрузки.**

## 2. Расчет и выбор мощности двигателя

Обеспечение надежности электроприводов зависит от правильного выбора мощности и конструкции двигателя, соответствующей условиям окружающей среды. Расчетную мощность двигателя определяют по графику статической нагрузки  $P(t)$  или  $M(t)$ . По полученной мощности  $P_{\text{расч}}$  для известных рода тока, напряжения, частоты вращения и конструктивного исполнения по каталогу выбирают двигатель с номинальной мощностью  $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{расч}}$ .

*Продолжительный режим с неизменной нагрузкой (S1).* При такой нагрузке номинальная мощность двигателя принимается равной  $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{расч}}$ .

*Продолжительный режим при переменной нагрузке (S6).* Определение расчетной мощности двигателя для режима **S6** можно выполнить методом эквивалентных величин. По графику нагрузочной диаграммы  $M(t)$  или  $P(t)$  рассчитывается эквивалентный момент или мощность:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

$$P_{\text{расч}} = M_{\text{расч}} \Omega.$$

Угловая частота вращения ротора  $\Omega$  определяется в предварительных расчетах выражением

$$\Omega \cong \Omega_c = \frac{\pi n_c}{30},$$

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

Выбранный двигатель необходимо проверить по перегрузочной способности и пусковому моменту

$$M_{\text{max}}^{\text{дв}} = m_k M_{\text{ном}} \geq M_{\text{max}}^{\text{нагр}},$$

$$M_{\text{п}}^{\text{дв}} = m_{\text{п}} M_{\text{ном}} \geq M_1^{\text{нагр}},$$

где  $m_k = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$ ,  $m_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$  — из каталога для выбранного типоразмера

двигателя. У асинхронных двигателей момент пропорционален квадрату напряжения  $U_1$  в фазе обмотки статора, поэтому при проверке на перегрузочную способность и по пусковому моменту необходимо учесть возможное понижение напряжения. Стандартами на асинхронные двигатели до-

пускаются отклонения напряжения сети от номинального значения  $-5\%$  -  $+10\%$ . Поэтому для этих типов двигателей должно выполняться условие

$$(0,95)^2 M_{\max}^{\text{дв}} \geq M_{\max}^{\text{нагр}},$$

$$(0,95)^2 M_{\Pi}^{\text{дв}} \geq M_1^{\text{нагр}}.$$

Если максимальный момент или  $M_1$  нагрузки окажутся больше, чем может развить выбранный двигатель, то выбирают двигатель большей мощности.

**Повторно-кратковременный режим (S3).** Повторно-кратковременный режим характеризуется продолжительностью включения ПВ%. По нагрузочной диаграмме определяют действительное значение ПВ%. Время цикла не должно превышать 10 минут, в противном случае двигатель должен выбираться как для продолжительного режима. Выбор номинальной мощности двигателя выполняют по методу эквивалентных величин. Рассчитанные значения эквивалентных величин  $M_{\text{экв}}$  и  $P_{\text{экв}}$  приводят к мощности при стандартной продолжительности включения  $\text{ПВ}_{\text{ном}}\%$ .

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{экв}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{ном}}}} \quad \text{или} \quad P_{\text{расч}} = M_{\text{экв}} \Omega_c \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{ном}}}},$$

При этом  $P_{\text{экв}}$  и  $M_{\text{экв}}$  рассчитываются только для времени работы

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum P_n^2 t_{pn}}{\sum t_p}}; \quad M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum M_n^2 t_{pn}}{\sum t_p}},$$

где  $t_{pn}$  – время работы в  $n$ -ом режиме,  $P_n$ ,  $M_n$  – мощность и момент в  $n$ -ом режиме.

Если для привода производственного механизма, работающего в повторно-кратковременном режиме, устанавливается двигатель, предназначенный для продолжительной работы, то при расчете  $M_{\text{экв}}$  и  $P_{\text{экв}}$  надо учитывать и время пауз

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum M_n^2 t_n}{\sum t_p + \sum t_{\Pi}}}, \quad P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum P_n^2 t_n}{\sum t_p + \sum t_{\Pi}}}.$$

### 3. Выбор предохранителя

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей от больших токов при перегрузках и при коротких замыканиях. Наибольшее распространение получили предохранители с плавкой вставкой. По конструктивному исполнению различают пробочные, патронные, трубчатые и пластинчатые предохранители. Сила тока, на которую рассчитана плавкая

вставка, указывается на ее корпусе. Оговаривается также максимально допустимое напряжение, при котором может использоваться предохранитель.

При выборе вставки для защиты двигателя необходимо учитывать пусковой ток:

$$I_{\text{НОМ}} \geq \frac{I_{\text{П}}}{\alpha},$$

где  $I_{\text{НОМ}}$  – номинальный ток вставки, при котором вставка длительно работает не нагреваясь выше допустимой температуры;

$I_{\text{П}}$  – пусковой линейный ток двигателя;

$\alpha = 2,5$ , если длительность пуска не превышает 10 с.;

$\alpha = 1,8$ , если время пуска больше 10 с.

При выборе типа предохранителя для защиты АД принять  $\alpha = 2,5$ .

При защите АД устанавливаются предохранители только в линейных проводах, установка предохранителя в нейтральном проводе запрещается.

Параметры некоторых типов предохранителей приведены в приложении 1.

#### 4. Выбор пускового реостата к пуску двигателя постоянного тока

При подключении электродвигателя постоянного тока к сети с напряжением  $U$ , когда частота его вращения  $n = 0$ , ЭДС якоря  $E = 0$ , и из уравнения

$$U = E + R_{\text{я}} I_{\text{я}}$$

можно найти пусковой ток – ток якоря в момент пуска двигателя:

$$I_{\text{яп}} = \frac{U}{R_{\text{я}}}.$$

Так как на обмотку якоря подается номинальное напряжение, а сопротивление ее очень мало, пусковой ток якоря в 10–20 раз превышает номинальное значение. Протекание по обмотке якоря такого большого тока может привести к аварии.

Для ограничения пускового тока последовательно с обмоткой якоря включают пусковой реостат  $R_{\text{П}}$ . Тогда

$$R_{\text{П}} = \frac{U}{I_{\text{япуск}}} - R_{\text{я}}.$$

Сопротивление пускового реостата выбирают таким, чтобы  $I_{\text{япуск}} \leq (1,5 - 2,0) I_{\text{яном}}$ . Когда двигатель начинает вращаться, ЭДС якоря растет и

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}} + R_{\text{п}}} = \frac{U - c_e n \Phi}{R_{\text{я}} + R_{\text{п}}}$$

Как видно из этой формулы, ток якоря уменьшается с ростом ЭДС, поэтому сопротивление пускового реостата постепенно уменьшают до нуля. По окончании разгона двигателя пусковой реостат должен быть выведен полностью, так как он не рассчитан на длительное протекание тока.

## 5. Основные сведения об электродвигателях серии 4А.

Асинхронные двигатели серии 4А были разработаны в 1969-1972 г.г.

Серия асинхронных двигателей на напряжение до 1000В в зависимости от рабочих свойств и условий работы двигателей включает в себя основное исполнение и модификации: с повышенным пусковым моментом; с повышенным скольжением; многоскоростные; с фазным ротором; со встроенным электромагнитным тормозом; маломощные, а также специализированные исполнения по условиям окружающей среды и узкоспециализированные для привода определенных устройств.

Двигатели предназначены для работы от сети переменного напряжения частоты 50 Гц. Они изготавливаются на следующие номинальные напряжения (основное исполнение)

Номинальное напряжение, В	220, 380	220,380,660	220/380 380/660	380/660
Мощность, кВт	0,06-0,37	0,55-11,0	15,0-110	132-400

Двигатели могут эксплуатироваться при отклонениях напряжения сети от номинального значения в пределах  $-5\% \div +10\%$  и отклонениях частоты на  $\pm 2\%$  номинального значения.

Серия имеет 17 высот оси вращения от 50 до 355 мм. В серии 4А предусмотрены три исполнения по степени защиты (ГОСТ 17494-72):

**IP44** для двигателей с высотами оси вращения 50-355 мм (закрытое исполнение);

**IP23** для двигателей с высотами оси вращения 160-355 мм (защищенное исполнение);

**IP54** для двигателей специализированных исполнений (пылезащищенное исполнение).

Сердечники статора и ротора собраны из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Обмотки статоров выполняются изолированным проводом, на роторе двигателя имеют литую короткозамкнутую обмотку из алюминия марки А7 или А5 (ГОСТ 11069-74).

Дополнительные сведения о геометрии активной части, обмоточных данных, подшипниках, габаритных и установочных размерах можно полу-

чить из справочников [Л. 3,4].

Для асинхронных двигателей установлена следующая структура обозначения типоразмера:

4A	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		

где 1- название серии 4А асинхронных двигателей;

2- исполнение двигателя по способу защиты:

Н- исполнение *IP23*, отсутствие буквы обозначает степень защиты *IP44*;

3- исполнение двигателя по материалу станины и щитов:

А- станина и щиты алюминиевые,

Х-станина алюминиевая, щиты чугунные или наоборот,

отсутствие буквы означает, что станина и щиты чугунные или стальные;

4- высота оси вращения (2 или 3 цифры);

5- условная длина станины: буквы *S*, *M* или *L*;

6- длина сердечника статора: *A* - меньшая, *B* - большая, отсутствие данного знака означает одну длину в установленном размере;

7- число полюсов: 2, 4, 6, 8, 10, 12;

8- климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69 (*У* - для умеренного климата);

9- категория размещения по ГОСТ 15150-69 (3- соответствует работе в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий).

С характеристиками климатического исполнения электрических машин, категориями размещения оборудования, нормами климатических факторов внешней среды можно ознакомиться по справочнику [Л.9, с.179-183].

Основные технические показатели асинхронных двигателей приведены в приложении 3 для основного исполнения со степенью защиты *IP44* и в приложении 4 со степенью защиты *IP23*. В приложении 5 включены технические данные двигателей с повышенным скольжением, механические и пусковые характеристики этих двигателей представлены в приложении 6.

Двигатели с повышенным скольжением предназначены для привода механизмов с пульсирующей нагрузкой (например, компрессоров, прессов), а также механизмов, работающих в повторно-кратковременном (*S3*) и перемежающемся (*S6*) режимах. Возможно использование этих двигателей в режимах (*S2*) и (*S4*). Двигатели изготавливаются со степенью защиты *IP44*, в обозначении типоразмера имеют дополнительно букву “С” после обозначения серии, например 4АС200L6У3.

В таблицы включены значения: номинальной мощности  $P_{2ном}$ ; КПД и коэффициент мощности  $\cos\phi$  при нагрузке от 25 до 125% номинальной

для двигателей основного исполнения, для двигателей с повышенным скольжением КПД и  $\cos\varphi$  соответствующие мощностям  $P_{2\text{НОМ}}$  при ПВ = 40% или  $P_2$  при ПВ не равном 40%.

Показатели механической характеристики представлены коэффициентами:

$$m_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{НОМ}}}, \quad m_{\text{м}} = \frac{M_{\text{min}}}{M_{\text{НОМ}}}, \quad m_{\text{к}} = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{НОМ}}},$$

где  $M_{\text{НОМ}} = \frac{30P_{2\text{НОМ}}}{\pi(1-s_{\text{НОМ}})n_{\text{с}}}$  - номинальный момент при скольжении

$$s = s_{\text{НОМ}};$$

$M_{\text{п}}$  - начальный пусковой момент при скольжении  $s = 1$ ;

$M_{\text{min}}$  - минимальный вращающий момент при скольжении  $s = 0,7$ ;

$M_{\text{max}}$  - максимальный вращающий момент при скольжении  $s = s_{\text{к}}$ .

Отношение начального пускового тока к номинальному оценено коэффициентом  $i_{\text{п}} = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{НОМ}}}$ .

Технические данные двигателей, модификаций и других специализированных исполнений, не вошедшие в данную работу, можно получить в справочниках [Л. 3,10].

## 6. Задание к индивидуальной работе по теме “Электропривод”

1. Построить график нагрузочной диаграммы производственного механизма за цикл работы по данным таблицы 7.1. Определить режим работы.
2. Рассчитать эквивалентную мощность приводимого в движение механизма за цикл работы.
3. Выбрать типоразмер асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором серии 4А [Л. 3,4,7] или серии АИР [Л. 4,8]. Степень защиты двигателя установить самостоятельно.
4. Рассчитать моменты: номинальный, пусковой и максимальный. Проверить выбранный двигатель на перегрузочную способность и пусковой момент с учетом возможного понижения напряжения сети на 5 %.
5. Построить механические характеристики асинхронного двигателя  $n(M)$  и  $M(s)$ .
6. Рассчитать линейный ток питающей сети при номинальной нагрузке и при пуске двигателя в ход.
7. Выбрать предохранители [Л. 5, с.140; Л.7, с.573] для защиты двигателя

от токов, возникающих при больших перегрузках и при коротких замыканиях. Данные по некоторым типам предохранителей приведены в приложении 1.

8. Определить реактивную мощность двигателя при номинальной нагрузке.
9. Рассчитать энергию, потребляемую двигателем из сети за цикл работы

$$W = \sum \frac{P_{2i}}{\eta_i \cos \varphi_i} t_i,$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots$  – номер режима в цикле работы.

10. Составить электрическую схему управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Степень сложности схемы задается преподавателем. Описать принцип работы составленной схемы управления. (Типовая схема приведена на рис. 6.1.)

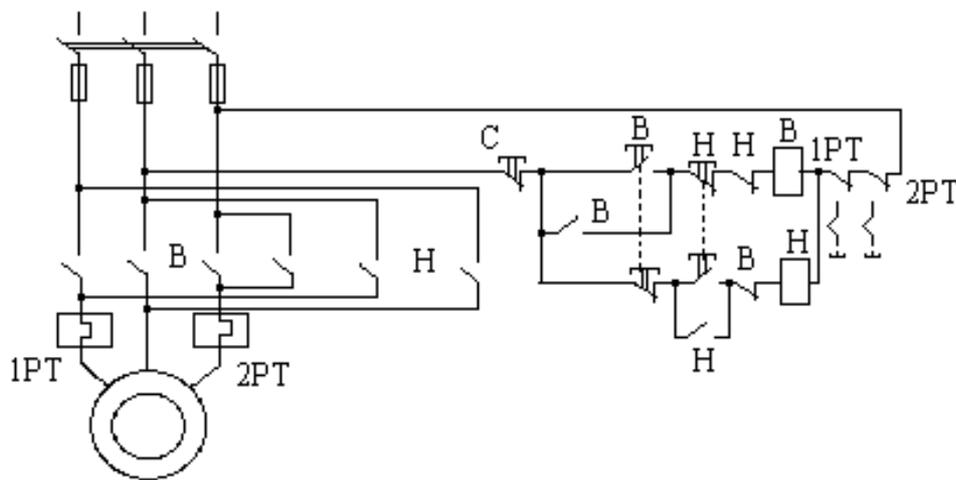


Рис. 6.1. Схема автоматического управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя.

Здесь:  $B$  и  $H$  – контакторы, условно названные “Вперед” и “Назад”; кнопочная станция, состоящая из трех кнопок ( $B$ ,  $H$ ,  $C$ ); 1РТ и 2РТ- тепловые

11. Для двигателя постоянного тока заданного варианта из таблицы 8.1 рассчитать пусковое сопротивление при условии  $I_{\Pi} = 2I_{\text{НОМ}}$ .
12. Выбрать пусковой реостат по [Л. 7, с.140 -141] и уточнить величину пускового тока  $I_{\Pi}$ . Технические данные пусковых реостатов РП и РЗП приведены в приложении 2.
13. Построить механические характеристики  $n(M)$  для двигателя постоянного тока естественную и реостатную при добавочном сопротивлении в цепи якоря равном пусковому.

## 7. Варианты заданий для выбора мощности трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица 7.1

№	$n_c$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
	об мин	минуты						киловатты (кВт)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
01	1000	1,2	2,0	2,0	1,0	0,8	3,0	10	15	0	20	10	0
02	1500	2,0	0,5	2,0	1,0	2,5	2,0	8	5	0	25	10	0
03	3000	0,6	1,0	1,4	4,5	0,8	0,6	4	15	10	15	25	14
04	1500	0,3	2,5	1,0	0,4	1,5	1,5	15	4	30	15	10	4
05	750	0,7	0,3	1,5	0,4	1,2	2,0	35	70	87	10	40	70
06	1500	1,0	2,0	1,2	1,5	2,0	2,3	10	30	0	15	25	0
07	600	1,1	0,3	1,5	2,0	1,0	1,6	23	50	36	42	80	10
08	750	1,0	1,5	2,5	1,5	1,5	2,0	10	6	0	15	20	0
09	600	1,5	4,0	2,5	3,5	3,0	1,5	80	115	47	75	60	80
10	3000	2,0	1,0	5,0	1,0	1,5	0,8	12	8	20	10	8	6
11	1500	0,5	1,0	1,5	1,3	2,0	1,7	20	30	10	25	45	34
12	1000	0,6	1,1	1,6	1,4	1,9	1,8	20	35	18	30	53	40
13	750	0,7	1,2	1,7	1,5	1,8	1,9	6	20	13	15	30	18
14	1000	0,8	1,3	1,8	1,6	1,7	2,0	30	55	0	15	20	0
15	1000	0,9	1,4	1,9	1,7	1,6	2,5	18	36	0	24	33,5	0
16	750	1,0	1,5	2,0	1,8	1,5	1,3	15	4	0	15	42	10
17	1500	0,7	0,3	1,5	4,0	2,0	1,4	4	8	5	0	12	15
18	1000	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	2,5	18	30	0	25	10	0
19	750	3,0	1,5	2,5	1,0	4,0	2,5	10	25	50	8	4	15
20	1000	1,0	1,5	2,0	2,0	1,0	3,0	20	36	50	30	18	60
21	1500	2,0	2,4	0,8	1,8	3,0	1,0	22	36	8	12	40	20
22	3000	4,5	3,0	5,0	6,0	10,	4,0	30	60	8	15	40	6
23	1500	0,6	1,0	2,0	3,0	1,5	1,5	30	50	0	60	10	0
24	1000	4,5	1,5	1,0	5,0	2,0	4,0	20	16	45	25	10	55
25	1000	1,3	1,4	2,0	1,5	1,2	2,0	20	30	0	16	8	0
26	1500	0,5	1,0	3,0	1,0	0,7	3,0	15	25	0	30	5	0
27	750	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	3,0	25	40	30	16	10	0
28	3000	4,0	3,0	5,0	6,0	4,5	2,0	18	40	50	20	30	10
29	1000	0,3	1,5	2,5	1,0	0,4	2,5	14	25	30	0	8	10

Продолжение табл. 7.1

30	1500	1,0	0,8	2,0	1,5	0,7	3,0	25	10	35	8	5	0
31	600	3,0	4,0	1,0	1,0	1,5	2,0	28	40	26	65	70	32
32	750	1,5	1,5	2,0	2,0	1,0	1,0	25	10	35	8	5	0
33	1000	2,5	1,0	5,0	5,0	1,0	4,0	16	25	50	8	4	30
34	1500	1,3	1,3	2,0	2,0	1,0	1,5	15,2	28	20	34	14	25

35	3000	2,5	5,0	2,0	3,4	2,0	1,0	28	51	22	64	30	8
36	1500	1,0	1,0	2,0	2,0	1,5	1,5	4	3,5	0	8	6	0
37	1000	1,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	8	6	10	6	5	0
38	1500	3,0	3,0	2,5	2,5	5,0	5,0	19	25	75	80	60	10
39	1000	0,5	1,0	1,3	3,0	1,2	3,0	12	20	30	0	19	28
40	1500	0,7	1,2	2,0	1,5	2,0	1,5	18	30	0	25	10	0
41	750	5,0	5,0	3,0	8,0	8,0	10	20	35	50	26	14	30
42	600	8,0	8,0	6,0	6,0	5,0	3,0	25	16	67	83	45	8
43	3000	3,0	5,0	5,0	7,0	7,0	2,0	24	40	54	37	28	6
44	1500	1,5	1,5	2,0	2,0	1,2	1,7	25	30	43	0	34	50
45	750	2,0	2,0	1,0	1,0	2,5	1,0	6	5	0	8	6	0
46	1500	1,5	2,0	3,0	4,0	3,0	3,0	16	8	12	40	20	27
47	1000	2,5	1,5	2,0	2,0	1,0	1,0	15	23	40	0	20	31
48	1000	2,0	1,5	1,0	3,5	3,5	2,0	71	108	125	85	154	63
49	1500	0,5	2,5	2,5	1,5	1,0	2,0	5	23	38	43	0	20
50	3000	8,0	8,0	6,0	6,0	4,0	4,0	100	82	254	158	43	15
№	$n_c$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$
		минуты						Ньютонометры (Нм)					
51	1000	1,2	2,0	2,0	2,0	1,0	0,8	100	155	0	210	95	0
52	1500	2,0	0,5	2,0	1,0	2,5	2,0	56	35	0	175	70	0
53	3000	0,6	1,0	1,4	4,5	0,8	0,6	12	45	30	45	75	42
54	1500	0,3	2,5	1,0	0,4	1,5	1,5	105	28	210	105	70	28
55	750	0,7	0,3	1,5	0,4	1,2	2,0	444	890	1105	127	508	890
56	1500	1,0	2,0	1,2	1,5	2,0	2,3	70	210	0	105	175	0
57	600	1,1	0,3	1,5	2,0	1,0	1,6	370	800	576	670	1280	160
58	1000	0,6	1,0	1,5	1,3	2,0	1,0	120	235	150	85	115	50
59	3000	0,5	1,1	1,6	1,4	1,8	2,0	80	135	100	75	54	30
60	750	0,7	1,2	1,7	1,5	1,0	1,8	75	144	95	135	62	25
61	1500	0,9	1,4	1,9	1,6	2,0	1,3	25	50	15	40	64	33
62	1500	1,0	1,5	1,5	1,7	0,7	2,5	42	78	25	65	40	0
63	1000	1,8	1,2	1,6	1,0	3,0	1,3	105	187	230	124	0	80
64	3000	0,8	1,0	1,7	3,0	1,5	1,1	40	75	104	0	65	58
65	1500	0,8	1,3	1,8	1,6	2,0	1,5	25	40	15	35	50	18
66	1000	0,9	1,2	1,6	2,5	1,8	1,0	30	75	21	0	45	63
67	750	0,7	1,3	1,8	3,0	1,2	1,0	71	135	64	0	80	55
68	1500	0,5	1,0	2,0	1,5	1,3	2,0	20	35	0	10	30	0
69	3000	0,7	1,2	1,7	1,5	2,0	1,9	23	45	15	35	64	30
70	1000	1,6	0,9	1,9	2,5	1,2	1,0	60	82	31	0	70	45
71	750	1,2	1,1	0,8	1,3	3,0	1,0	65	105	152	87	0	70
72	1500	1,0	1,2	2,0	1,3	1,5	2,0	105	183	0	71	54	0

Продолжение табл. 7.1

73	3000	0,8	1,0	1,7	1,9	1,5	2,0	40	75	25	65	58	14
74	1000	2,2	1,0	1,7	0,9	1,2	2,5	42	84	70	48	94	58
75	1500	0,5	1,0	2,5	1,9	1,3	2,0	59	105	0	83	77	0
76	750	0,6	2,0	1,1	1,5	1,8	2,2	83	127	110	150	94	45
77	3000	1,0	1,5	2,5	0,8	1,2	3,0	14	36	0	22	18	0
78	1000	0,7	1,1	0,5	1,5	1,3	4,0	27	35	18	54	14	0

79	1500	0,5	1,8	2,0	1,7	1,5	2,5	97	225	180	131	164	46
80	750	0,6	1,9	2,0	1,0	2,5	0,9	64	148	274	200	150	55
81	3000	0,7	1,3	1,0	1,5	1,8	2,0	105	156	230	305	210	84
82	1000	0,4	1,1	1,0	4,0	1,5	2,0	147	410	215	0	182	115
83	1500	0,8	1,1	2,1	1,5	1,8	2,5	121	185	0	157	240	0
84	750	0,9	1,5	2,4	1,1	0,5	3,0	97	178	0	115	210	0
85	3000	0,8	1,6	2,5	1,0	0,6	3,2	7	15	0	15	4,3	0
86	1000	0,5	1,0	2,0	1,5	0,9	1,8	230	475	630	540	420	195
87	1500	1,2	2,4	0,8	1,5	2,0	1,4	190	320	450	380	240	97
88	750	0,8	1,8	3,0	2,2	1,0	1,2	5	10	13	17	22	6
89	600	1,0	0,8	2,2	1,3	1,8	2,4	375	494	660	520	415	207
90	3000	1,0	0,7	3,0	1,8	1,5	2,0	10	18	0	12	3,8	0
91	1000	0,6	1,0	1,5	1,3	2,0	1,2	21	36	18	25	15	7
92	1500	0,8	1,8	3,0	2,2	1,0	1,2	57	85	0	74	58	30
93	750	0,7	1,2	2,0	1,0	1,3	3,0	12	25	0	20	32	0
94	600	0,9	1,5	2,0	1,5	1,0	2,5	417	620	550	700	592	475
95	3000	1,1	0,8	2,1	3,5	1,8	0,6	17	33	20	0	23	10
96	1000	1,0	1,5	1,5	1,7	3,0	0,7	25	60	12	54	0	35
97	1500	0,9	1,2	1,6	1,8	2,0	0,8	30	75	22	68	54	18
98	750	0,8	1,0	1,7	1,9	0,6	1,5	43	75	28	62	50	36
99	3000	0,7	0,8	1,8	2,0	1,5	2,0	45	87	32	74	67	40
00	1000	0,6	0,9	1,9	1,2	2,0	0,7	54	73	48	66	46	24

### 8. Технические данные двигателей постоянного тока независимого возбуждения серии 2П с высотами осей вращения 112-315

Таблица 8.1

№	Типоразмер двигателя	$P_{ном},$ кВт	$U,$ В	$n,$ об/мин	$\eta,$ %	Сопротивления обмоток при 15 <sup>0</sup> С, Ом		
						$R_a$	$R_{дп}$	$R_B$
1.	2ПН112МУХЛ4	3,6	110	3150	78,5	0,084	0,089	33,6
2.	2ПН112ЛУХЛ4	5,6	110	3350	79,5	0,46	0,051	25,3
3.	2ПН132МУХЛ4	4,0	220	1500	79,0	0,564	0,336	134
4.	2ПН132МУХЛ4	7,0	220	2240	83,0	0,226	0,166	111
5.	2ПН132МУХЛ4	10,5	220	3000	84,0	0,140	0,094	111
6.	2ПН132ЛУХЛ4	5,5	220	1500	80,5	0,322	0,270	101
7.	2ПН132ЛУХЛ4	8,5	220	2200	84,0	0,167	0,124	89
8.	2ПН132ЛУХЛ4	14,0	220	3150	86,5	0,322	0,270	76
9.	2ПБ132МУХЛ4	3,7	110	2200	79,5	0,104	0,059	54,5
10.	2ПБ132МУХЛ4	4,5	110	3150	81,0	0,046	0,029	54,5

Продолжение табл. 8.1

11	2ПБ132ЛУХЛ4	3,2	110	1600	82,0	0,120	0,089	50
12	2ПБ132ЛУХЛ4	4,5	220	2200	84,0	0,269	0,220	189
13	2ПБ132ЛУХЛ4	5,3	220	3000	85,5	0,167	0,124	216
14	2ПО132ЛУХЛ4	6,7	220	3000	86,0	0,120	0,089	138
15	2ПФ132МУХЛ4	7,5	220	3000	85,0	0,140	0,094	111
16	2ПФ132ЛУХЛ4	11,0	220	3000	85,5	0,080	0,066	76

17	2ПН160МУХЛ4	13,0	220	2120	85,5	0,081	0,056	61,5
18	2ПН160МУХЛ4	18,0	220	3150	87,0	0,037	0,024	53,1
19	2ПН160ЛУХЛ4	11,0	220	1500	85,5	0,096	0,073	65,3
20	2ПН160ЛУХЛ4	16,0	440	2360	87,5	0,71	0,131	13,4
21	2ПН160ЛУХЛ4	24,0	220	3150	88,0	0,024	0,017	49,4
22	2ПБ160МУХЛ4	4,2	220	1500	84,5	0,326	0,208	177
23	2ПБ160МУХЛ4	6,0	220	2120	86,5	0,145	0,101	177
24	2ПБ160ЛУХЛ4	8,1	220	3350	86,5	0,044	0,031	181
25	2ПБ160ЛУХЛ4	7,5	220	2240	88,0	0,096	0,073	181
26	2ПО160МУХЛ4	9,5	220	3000	87,5	0,081	0,056	148
27	2ПБ180МУХЛ4	3,4	220	800	81,0	0,486	0,296	150
28	2ПБ180МУХЛ4	12,0	220	3350	87,5	0,038	0,025	197
29	2ПБ180ЛУХЛ4	5,6	440	1000	84,5	0,990	0,644	131
30	2ПО180МУХЛ4	4,5	220	750	79,5	0,486	0,292	114
31	2ПО180МУХЛ4	14,0	220	2120	89,0	0,058	0,037	98
32	2ПО180МУХЛ4	17,0	220	3000	89,0	0,038	0,025	132
33	2ПО180ЛУХЛ4	5,2	220	800	81,5	0,260	0,183	72,5
34	2ПО180ЛУХЛ4	7,5	220	1000	84,0	0,168	0,110	72,5
35	2ПО180ЛУХЛ4	16,0	440	2120	89,5	0,168	0,110	72,5
36	2ПО180ЛУХЛ4	20,0	220	3000	90,0	0,025	0,018	98,5
37	2ПФ180МУХЛ4	12,0	220	1060	82,0	0,150	0,092	49,2
38	2ПФ180МУХЛ4	26,0	220	3150	89,0	0,022	0,015	49,2
39	2ПФ180ЛУХЛ4	18,5	220	1500	87,0	0,065	0,044	46,7
40	2ПФ180ЛУХЛ4	25,0	440	2200	89,5	0,136	0,084	46,0
41	2ПФ180ЛУХЛ4	32,0	440	3150	90,5	0,065	0,044	46,7
42	2ПН200МУХЛ4	8,5	220	800	82,0	0,188	0,116	61,6
43	2ПН200МУХЛ4	13,0	220	1120	85,0	0,106	0,061	61,6
44	2ПН200МУХЛ4	36,0	220	2200	88,5	0,026	0,016	46,0
45	2ПН200МУХЛ4	60,0	440	3150	90,5	0,047	0,029	35,0
46	2ПН200ЛУХЛ4	16,0	220	1000	86,0	0,083	0,053	55,0
47	2ПН200ЛУХЛ4	53,0	440	2360	90,5	0,055	0,037	31,7
48	2ПБ200ЛУХЛ4	6,0	220	800	84,5	0,220	0,150	137
49	2ПБ200ЛУХЛ4	11,0	440	1500	89,0	0,286	0,168	137
50	2ПФ200МУХЛ4	22,0	220	1600	87,5	0,047	0,029	46
51	2ПФ200МУХЛ4	30,0	440	2200	90,0	0,106	0,061	46
52	2ПФ200МУХЛ4	40,0	440	3000	90,5	0,071	0,041	96
53	2ПФ200ЛУХЛ4	42,0	440	2360	90,5	0,055	0,037	31,7
54	2ПФ200ЛУХЛ4	55,0	440	3150	91,0	0,031	0,020	31,7
55	2ПО200МУХЛ4	6,0	220	750	83,5	0,294	0,100	96,0

Продолжение табл. 8.1

56	2ПО200МУХЛ4	9,0	220	1060	86,0	0,143	0,073	96,0
57	2ПО200МУХЛ4	14,0	220	1500	88,0	0,071	0,042	96,0
58	2ПО200МУХЛ4	20,0	220	2360	89,5	0,026	0,016	74,0
59	2ПО200ЛУХЛ4	11,0	220	1000	86,5	0,125	0,080	102
60	2ПО200ЛУХЛ4	17,0	220	1500	89,0	0,055	0,037	102
61	2ПН225МУХЛ4	7,5	220	1500	77,0	0,350	0,101	82,43
62	2ПН225МУХЛ4	11,0	220	600	79,5	0,202	0,068	62,25

63	2ПН225МУХЛ4	22,0	220	1000	82,0	0,086	0,043	62,25
64	2ПН225ЛУХЛ4	30,0	440	1060	84,5	0,196	0,070	38,5
65	2ПН250МУХЛ4	15,0	220	530	80,0	0,142	0,078	37,9
66	2ПН250МУХЛ4	18,0	220	630	80,5	0,110	0,054	37,9
67	2ПН250МУХЛ4	22,0	440	850	81,0	0,235	0,096	28,7
68	2ПН250МУХЛ4	37,0	440	1060	85,0	0,152	0,078	28,7
69	2ПН250МУХЛ4	50,0	440	1500	87,0	0,110	0,054	29,8
70	2ПН250МУХЛ4	55,0	440	1700	87,0	0,059	0,026	20,2
71	2ПН250ЛУХЛ4	22,0	340	630	82,0	0,158	0,093	33,4
72	2ПН250ЛУХЛ4	28,0	440	750	83,0	0,260	0,110	33,4
73	2ПН250ЛУХЛ4	45,0	220	1000	85,5	0,030	0,016	25,1
74	2ПН250ЛУХЛ4	71,0	440	1500	88,5	0,065	0,031	31,2
75	2ПФ250ЛУХЛ4	22,0	220	500	78,0	0,122	0,064	33,4
76	2ПФ250ЛУХЛ4	26,5	440	600	81,5	0,380	0,195	34,7
77	2ПФ250ЛУХЛ4	28,0	220	600	82,2	0,082	0,047	33,4
78	2ПФ250ЛУХЛ4	30,0	220	750	84,3	0,050	0,031	33,4
79	2ПФ250ЛУХЛ4	37,0	340	750	83,2	0,122	0,064	25,1
80	2ПФ250ЛУХЛ4	45,0	340	1180	86,0	0,065	0,031	33,4
81	2ПН280МУХЛ4	30,0	440	600	84,5	0,185	0,082	30,0
82	2ПН280МУХЛ4	110	440	1500	89,5	0,034	0,015	30,0
83	2ПН280ЛУХЛ4	37,0	440	600	86,0	0,147	0,069	26,6
84	2ПН280ЛУХЛ4	132	440	1500	90,6	0,025	0,012	25,2
85	2ПФ280МУХЛ4	75,0	220	1000	88,5	0,016	0,008	22,8
86	2ПФ280МУХЛ4	110	220	1500	89,0	0,008	0,004	22,8
87	2ПФ280ЛУХЛ4	55	220	750	87,5	0,025	0,012	25,2
88	2ПФ280ЛУХЛ4	85	440	1000	88,7	0,050	0,025	19,7
89	2ПН315МУХЛ4	100	440	1000	88,0	0,040	0,024	25,6
90	2ПН315МУХЛ4	110	220	1000	89,0	0,008	0,005	18,8
91	2ПН315МУХЛ4	160	220	1500	90,0	0,004	0,003	25,6
92	2ПН315ЛУХЛ4	45	440	500	86,9	0,128	0,065	21,0
93	2ПН315ЛУХЛ4	55	440	630	88,0	0,074	0,032	14,8
94	2ПН315ЛУХЛ4	118	440	1000	89,0	0,032	0,016	21,0
95	2ПН315ЛУХЛ4	132	440	1060	90,0	0,006	0,004	21,1
96	2ПН315ЛУХЛ4	200	220	1500	91,0	0,003	0,002	21,0
97	2ПФ315МУХЛ4	55	220	600	87,0	0,029	0,004	34,0
98	2ПФ315МУХЛ4	160	440	1900	90,0	0,012	0,007	25,6
99	2ПФ315ЛУХЛ4	90	220	750	88,0	0,013	0,008	21,0
00	2ПФ315ЛУХЛ4	220	220	1500	91,0	0,003	0,002	21,0

### 9. Примеры решения задач

*Пример 1.* Определить мощность и выбрать типоразмер асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и синхронной частотой вращения магнитного поля  $n_c$  для привода механизма, статическая нагрузочная диаграмма которого представлена значениями  $M(t)$  в таблице 9.1. Проверить выбранный двигатель на перегрузочную способность; определить линей-

ный ток, потребляемый двигателем из сети, потребляемую реактивную мощность и активную энергию за цикл работы. Линейное напряжение сети, к которой подключается двигатель  $U_{\text{л}}=380 \text{ В}$ .

Таблица 9.1

$n_c$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$
об/мин	мин	мин	мин	мин	мин	Нм	Нм	Нм	Нм	Нм
1500	0.8	3.0	2.5	1.5	1.2	28	30	40	65	50

*Решение.* При определении мощности двигателя для длительной работы с переменной нагрузкой (режим **S6**) можно воспользоваться методом эквивалентного момента

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M_3^2 t_3 + M_4^2 t_4 + M_5^2 t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{28^2 \times 0,8 + 30^2 \times 3 + 40^2 \times 2,5 + 65^2 \times 1,5 + 50^2 \times 1,2}{0,8 + 3 + 2,5 + 1,5 + 1,2}} = 43,03 \text{ Нм.}$$

Тогда расчетная мощность двигателя

$$P_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}} \pi n_c}{30 \times 10^3} = \frac{43,03 \times 3,14 \times 1500}{30 \times 10^3} = 6,76 \text{ кВт.}$$

Из каталога [Л. 3] выбирается двигатель серии 4А132S4У3 мощностью  $P_{\text{ном}}=7,5 \text{ кВт}$ , удовлетворяющий условию  $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{экв}}$ , со следующими параметрами: номинальная мощность на валу  $P_{2\text{ном}}=7,5 \text{ кВт}$ ; кратность пускового момента  $m_{\text{п}}=2,2$ ; кратность максимального момента  $m_{\text{к}}=3$ ; номинальное скольжение  $s_{\text{ном}}=2,9$ ; критическое скольжение  $s_{\text{к}}=19,5$ ; кратность пускового тока  $i_{\text{п}}=7,5$ ; номинальный коэффициент мощности  $\cos\varphi_{\text{ном}}=0,8$ ; номинальный коэффициент полезного действия  $\eta_{\text{ном}}=87,5\%$ .

Используя каталожные данные на выбранный двигатель, рассчитаем моменты двигателя: номинальный, максимальный и пусковой:

- номинальный момент

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{2\text{ном}}}{\Omega} = \frac{P_{2\text{ном}} \times 30}{\pi n} = \frac{7,5 \times 10^3 \times 30}{\pi \times 1456,5} = 49,17 \text{ Нм,}$$

где  $n$  - частота вращения ротора асинхронного двигателя, может быть определена следующим образом:

$$n = (1 - s_{\text{ном}}) n_c = (1 - s_{\text{ном}}) \frac{60 f_1}{p} = (1 - 0,029) \frac{60 \times 50}{2} = 1456,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

$p=2$  – число пар полюсов;

- максимальный момент

$$M_{\max} = m_{\text{к}} M_{\text{НОМ}} = 3 \times 49,17 = 147,5 \text{ Нм},$$

- пусковой момент

$$M_{\text{п}} = m_{\text{п}} M_{\text{НОМ}} = 2,2 \times 49,17 = 108,24 \text{ Нм}.$$

Подставляя в формулу Клосса ряд значений скольжения, получим данные для построения механической характеристики  $n(M)$  или  $M(s)$

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}} = \frac{2m_{\text{к}}M_{\text{НОМ}}}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}.$$

Результаты расчета приведены в таблице 9.1.2.

Таблица 9.1.2

$s$		0	0,003	0,012	0,029	0,09	0,195	1,0
$n$	об/мин	1500	1496,5	1482	1456,5	1365	1207,5	0
$M$	Нм	0	5,23	20,84	49,17	122,4	147,5	108,24

Графики механических характеристик представлены на рис.9.1.1 и рис.9.1.2.

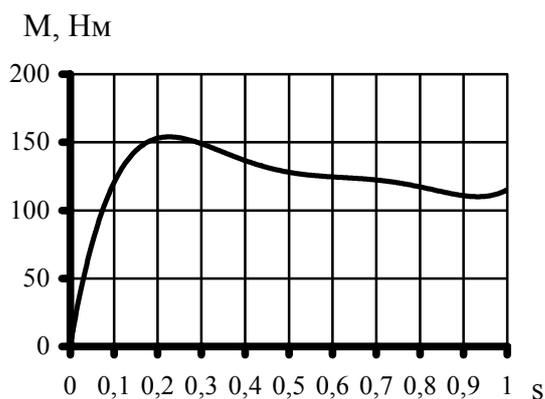


Рис. 9.1.1. Механическая характеристика  $M(s)$ .

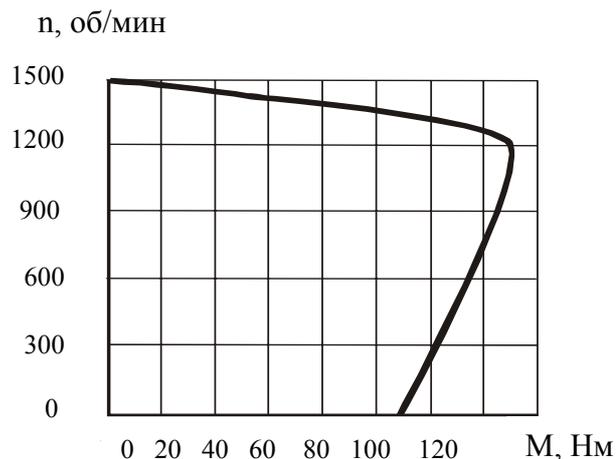


Рис. 9.1.2. Механическая характеристика  $n(M)$ .

Выбранный двигатель проверяется по перегрузочной способности и пусковому моменту. При этом должно выполняться условие

$$(0,95)^2 M_{\max}^{\text{дв}} \geq M_{\max}^{\text{нагр}} \text{ и } (0,95)^2 M_{\text{п}}^{\text{дв}} \geq M_1^{\text{нагр}}.$$

$$(0,95)^2 \times 147,5 > 65 \text{ и } (0,95)^2 \times 108,17 > 28,$$

$$133 > 65 \text{ и } 97,6 > 28.$$

Исходя из того, что обмотки статора соединены звездой и линейное на-

пряжение сети  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$  из формулы потребляемой мощности

$$P_{1\text{НОМ}} = \sqrt{3} U_{\text{НОМЛ}} I_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{НОМ}} \eta_{\text{НОМ}}$$

определяется линейный ток

$$I_{\text{л}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМЛ}} \cos \varphi_{\text{НОМ}} \eta_{\text{НОМ}}} = \frac{7,5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,86 \times 0,875} = 15,14 \text{ А.}$$

Потребляемая реактивная мощность определяется по формуле

$$Q_{1\text{НОМ}} = P_{1\text{НОМ}} \operatorname{tg} \varphi_{\text{НОМ}} = 8,571 \times 0,593 = 5,086 \text{ кВАр,}$$

$$\text{где } - \varphi_{\text{НОМ}} = \arccos \varphi_{\text{НОМ}} = 30^\circ$$

Активная энергия, потребляемая двигателем из сети за цикл работы равна

$$W = \sum_{k=1}^{k=5} P_{1k} t_k,$$

где  $P_{1k}$  - мощность потребляемая двигателем из сети при  $k$ -той нагрузке

$$P_{1k} = \frac{P_{2k}}{\eta_k},$$

$P_{2k}$  - мощность, снимаемая с вала двигателя

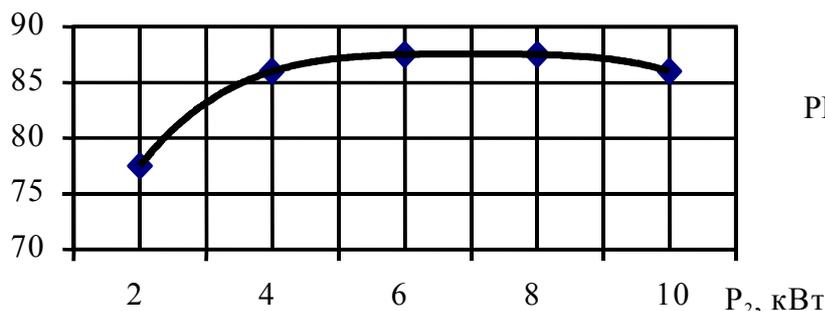
$$P_{2k} = \frac{M_k n_k \pi}{30},$$

$n_k$  - частота вращения вала двигателя, которую следует определить по механической характеристике  $M(n)$  (рис. 9.1.2) для каждого заданного нагрузочной диаграммой момента  $M_k$ . КПД -  $\eta_k$ , соответствующий работе двигателя при  $k$ - той нагрузке, возьмем из графика  $\eta(P_2)$  (рис.9.1.3), который построим по каталожным данным, приведенным в таблице 9.1.3.

Таблица 9.1.3

	КПД, % при $P_2/P_{2\text{НОМ}}$ , %				
$P_2/P_{2\text{НОМ}}$ , %	25	50	75	100	125
КПД, %	77,5	86,0	87,5	87,5	86,0
$P_2$ , кВт	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4

$\eta$ , %



РРис. 9.1.3. Зависимость КПД  $\eta$  от мощности  $P_2$ .

Результаты выполненных расчетов приведены в таблице 9.1.4.

Таблица 9.1.4

Номер режима	$M_k$ , Нм	$n_k$ , об/мин	$P_{2k}$ , кВт	$\eta_k$ , %	$P_{1k}$ , кВт
1	28	1475	4,323	86,5	5,000
2	30	1470	4,616	86,8	5,320
3	40	1460	6,113	87,2	7,000
4	65	1430	9,730	86,3	11,270
5	50	1450	7,600	87,5	8,700

Активная энергия, потребляемая двигателем из сети за цикл работы:

$$W = \sum_{k=1}^{k=5} P_{1k} t_k =$$

$$5000 \times 48 + 5320 \times 180 + 7000 \times 150 + 11270 \times 90 + 8730 \times 72 = 39101 \text{ Дж}.$$

*Пример 2.* Определить мощность двигателя, необходимую для привода механизма. Выбрать трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором по каталогу. График изменения момента механизма, приведенного к валу двигателя, дан в таблице 9.2. Скорость вращения вала  $\Omega = 314$  рад/с.

Таблица 9.2.

$n_c$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$
Об/мин	мин	мин	мин	мин	мин	Нм	Нм	Нм	Нм	Нм
3000	0,8	1,8	2,0	2,2	3,2	5	10	3	7	0

*Решение.* В поставленной задаче двигатель надо выбрать для работы в повторно-кратковременном режиме (режим **S3**). Суммарное время работы за один цикл

$$\sum t_{\text{раб}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,8 + 1,8 + 2,0 + 2,2 = 6,8 \text{ мин}.$$

Продолжительность включения

$$\text{ПВ}\% = \frac{\sum t_{\text{раб}}}{\sum t_{\text{раб}} + t_5} 100\% = \frac{6,8}{6,8 + 3,2} 100\% = 68\%.$$

Так как предполагается выбрать двигатель из серии двигателей повторно-кратковременного режима с  $\text{ПВ}_{\text{НОМ}}\% = 60\%$ , то эквивалентную мощность за цикл работы определим без учета времени остановки (паузы)

$$P_{\text{ЭКВ}} = \Omega M_{\text{ЭКВ}} = \Omega \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M_3^2 t_3 + M_4^2 t_4}{\Sigma t_{\text{раб}}}} =$$

$$= 314 \sqrt{\frac{5^2 \times 0,8 + 10^2 \times 1,8 + 3^2 \times 2 + 7^2 \times 2,2}{6,8}} = 314 \sqrt{\frac{325,8}{6,8}} = 2,173 \text{ кВт.}$$

Приведем полученную мощность к стандартной продолжительности включения ПВ % = 60%

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{ЭКВ}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}\%_{\text{НОМ}}}} = 2,0724 \sqrt{\frac{68}{60}} = 2,313 \text{ кВт.}$$

По каталогу асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором выбираем двигатель типа 4АС90L2У3 для работы с ПВ % = 60% номинальной мощностью  $P_{\text{НОМ}} = 3,2 \text{ кВт.}$

*Пример 3.* Выбрать предохранитель для защиты асинхронного двигателя от токов короткого замыкания и перегрузок для следующих исходных данных: номинальное линейное напряжение  $U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$ ; номинальный линейный ток двигателя  $I_{\text{НОМ}} = 355 \text{ А}$ ; кратность пускового тока двигателя

$$\frac{I_{\text{П}}}{I_{\text{НОМ}}} = 6.$$

*Решение.* Плавкая вставка не должна перегорать при пуске двигателя. Так как в задании не оговорены условия пуска (легкие, тяжелые), то принимаем нормальные условия, для которых

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{П}}}{2,5} = \frac{6 \times 355}{2,5} = 852 \text{ А,}$$

где коэффициент 2,5 характеризует условия пуска. По каталогу выбираем предохранитель типа ПР-2-1000 с номинальными данными  $U_{\text{НОМ}} = 500 \text{ В}$ ,  $I_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ А}$  и номинальным током плавкой вставки  $I = 850 \text{ А}$ .

*Пример 4.* Для двигателя независимого возбуждения типа 2ПН заданы следующие номинальные величины: номинальное напряжение  $U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ В}$ ; номинальная мощность  $P_{\text{НОМ}} = 3,6 \text{ кВт}$ ; номинальная частота вращения  $n_{\text{НОМ}} = 3150 \text{ об/мин}$ ; максимальная частота вращения  $n_0 = 4000 \text{ об/мин}$  при идеальном холостом ходе; номинальный КПД  $\eta_{\text{НОМ}} = 78,5\%$ ; сопротивление обмотки якоря  $R_{\text{я}} = 0,084 \text{ Ом}$ ; сопротивление обмотки добавочных по-

люсов  $R_{\text{ДП}} = 0,089$  Ом. Рассчитать пусковое сопротивление для  $I_{\text{П}} = 2I_{\text{НОМ}}$ , выбрать пусковой реостат и построить механические характеристики  $n(M)$  естественную и искусственную при добавочном сопротивлении в цепи якоря равном пусковому.

*Решение.* Электрическая мощность, потребляемая двигателем из сети

$$P_1 = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{3,6}{0,785} = 4,586 \text{ кВт.}$$

Номинальный ток двигателя

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_1}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{4,586 \times 10^3}{110} = 41,7 \text{ А.}$$

Сопротивление пускового реостата может быть определено из формулы

$$I_{\text{П}} = 2I_{\text{НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{(R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}}) + R_{\text{П}}}.$$

Откуда

$$R_{\text{П}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{2I_{\text{НОМ}}} - (R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}}) = \frac{110}{2 \times 41,7} - (0,084 + 0,089) = 1,1463 \text{ Ом.}$$

Из каталога выбираем пусковой реостат РЗП-3, удовлетворяющий поставленным условиям. Для построения естественной механической характеристики рассчитаем номинальный момент двигателя

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\Omega} = \frac{3,6 \times 10^3 \times 30}{3,14 \times 3150} = 10,92 \text{ Нм.}$$

Поскольку механическая характеристика двигателя – прямая линия, то ее можно построить по двум точкам. Полагая, что ЭДС для двигателя независимого возбуждения с  $\Phi = \text{const}$  пропорциональна частоте вращения, запишем уравнение равновесия напряжения обмотки якоря

$$U_{\text{НОМ}} = kn_{\text{НОМ}} + (R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}})I_{\text{НОМ}}.$$

Откуда 
$$k = \frac{U_{\text{НОМ}} - (R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}})I_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = \frac{110 - 0,173 \times 41,7}{3150} = 0,0326.$$

Определим частоту вращения якоря при введении добавочного сопротивления в цепь якоря при условии неизменности номинального момента. Ток при этом сохранится тоже неизменным  $I = I_{\text{НОМ}}$

$$\begin{aligned} n' &= \frac{U_{\text{НОМ}} - (R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}} + R_{\text{П}})I_{\text{НОМ}}}{k} = \\ &= \frac{110 - 1,3193 \times 41,7}{0,0326} = 1687 \text{ об/мин.} \end{aligned}$$

По результатам расчета строим естественную и искусственную механические характеристики рис.9.4.1.

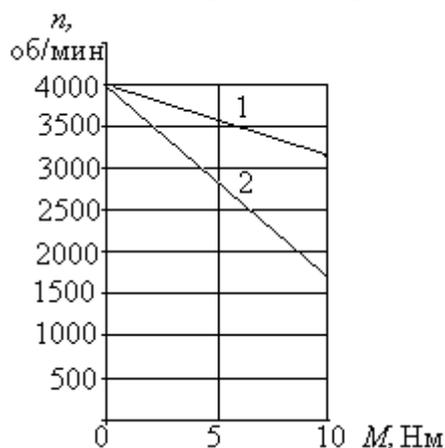


Рис. 9.4.1. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения: 1 – естественная механическая характеристика; 2 – искусственная механическая характеристика, при  $R_{\pi}=1,146 \text{ Ом}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергия, 1981. 376 с.
2. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. М.: Высш. Школа, 1991. 416 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник/ А.Э. Кравчик, М.М. Шлафф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевская. М.: Энергоатомиздат, 1982. 503 с.
4. Справочник по электромашинам: В двух томах, т. 1/ Под ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. М.: Энергоатомиздат, 1988. 456 с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В двух томах, т. 2: Электрооборудование/ Под общей ред. А.А. Федорова. М.: Энергоатомиздат, 1987. 592 с.
6. Электротехнический справочник: В трех томах, т. 1/ Под общей ред. В.Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1995. 488 с.
7. Электротехнический справочник: В трех томах, т. 2/ Под общей ред. В.Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1986. 711с.
8. Унифицированная серия асинхронных двигателей. Интерэлектро/ Под ред. В.И. Радица. М.: Энергоатомиздат, 1990. 414с.
9. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под. Ред. В.А. Елисеева. М.: Энергоатомиздат, 1983. 616с.

### Приложение 1

#### Параметры предохранителей типа ПР-2, 500 В

Тип предохранителя	Номинальный ток, А	Предельный ток отключ.,кА при напряжении

теля	Предохра- нителя	Плавкой вставки	220 В	380 В	500 В
ПР-2-15	15	6,10,15		8,000	7,000
ПР-2-60	60	15,20,25,35,45,60		4,500	3,500
ПР-2-100	100	60,80,100			
ПР-2-200	200	100,125,160,200		11,000	10,000
ПР-2-350	350	200,225,260,300,350		13,000	11,000
ПР-2-600	600	350,430,500,600		23,000	
ПР-2-1000	1000	600,700,850,1000		20,000	20,000
ПП-21	16	1,2,5,6,10,16	1,200	0,8 –8,0	7,000
	63	25,40,63	5,500	1,8 –4,5	3,500
	100,160,250	100,160,250	14000	6,0 –11,0	10,000
ПРС	6	1,2,4,6		2,0	
	25	4,6,10,16,20,25		60,0	
ПП	63	25,40,50,63		3,2 –30	
	630	250,400,630		42,50,60	
ПП -31	630	200,250,320,400,500			
	1000	500,630,800,1000			

## Приложение 2

### Технические данные пусковых реостатов РП и РЗП

Габариты реостата	Тип реостата	Мощность электродвигателя $P_{НОМ}$ , кВт			Пре- дель- ный ток, А	Чис- ло сту- пен- ней)	Число эле- ментов сопро- тивлений	Вес, кг
		$U_n=110$ , В	$U_n=220$ , В	$U_n=440$ , В				
I	РП-2511	0,52-2,5	0,52-3,7	1,0-3,7	30	4	2	5,5
II	РЗП-2	-	-	5,6				
		3,0-3,7	4,2-7,0	-	40	7	6	12
III	РЗП-3	5,0-7,0	8,5-10,5	-	120	8	8	21
III	РЗП-3А	8,5-10,5	13,5-15,0	13,5	120	8	16	27
IV	РЗП-4	13,5-15,0	-	-	200	12	6	52
IV	РЗП-4А	15,0-19,0	19,5-21,0	-	200	12	10	55
IV	РЗП-4Б	-	30,0-42,0	20,5-29,0	200	12	14	60
IV	РЗП-4В	-	42,0	42,0	200	12	18	65

**Основные технические данные электродвигателей основного  
исполнения, степень защиты IP44**

Типоразмер электродвигателя	$P_{2н}$ , кВт	Энергетические показатели										Пусковые свойства					
		КПД, % при $P_2/P_{2ном}$ , %					cosφ при $P_2/P_{2ном}$ , %					Механические характеристики					
		25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	$m_{п}$	$m_m$	$m_k$	$S_{ном}$ %	$S_k$ %	$i_{п}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Синхронная частота вращения 3000 об/мин</b>																	
4AA50A2Y3	0.09	42.0	55.5	60.0	60.0	57.5	0.30	0.49	0.61	0.70	0.75	2.0	1.8	2.2	8.6	50.0	3.5
4AA50B2Y3	0.12	48.5	60.0	63.5	63.0	58.0	0.31	0.50	0.62	0.70	0.75	2.0	1.8	2.2	9.7	51.0	3.5
4AA56A2Y3	0.18	51.0	63.0	66.0	66.0	63.0	0.34	0.54	0.66	0.76	0.81	2.0	1.5	2.2	8.0	46.0	4.0
4AA56B2Y3	0.25	57.0	67.5	69.0	68.0	64.0	0.35	0.57	0.70	0.77	0.81	2.0	1.5	2.2	7.5	51.0	4.0
4AA63A2Y3	0.37	63.0	71.0	72.0	70.0	65.0	0.45	0.69	0.80	0.86	0.89	2.0	1.5	2.2	8.3	50.5	4.5
4AA63B2Y3	0.55	69.0	75.0	75.0	73.0	68.0	0.47	0.69	0.80	0.86	0.88	2.0	1.5	2.2	8.5	54.5	4.5
4A71A2Y3	0.75	71.0	78.0	78.5	77.0	73.0	0.50	0.72	0.82	0.87	0.89	2.0	1.5	2.2	5.9	38.0	5.5
4A71B2Y3	1.10	76.0	79.5	79.5	77.5	73.0	0.50	0.73	0.82	0.87	0.89	2.0	1.5	2.2	6.3	39.0	5.5
4A80A2Y3	1.50	73.0	80.5	81.5	81.0	79.0	0.48	0.70	0.80	0.85	0.87	2.1	1.4	2.6	4.2	35.5	6.5
4A80B2Y3	2.20	77.0	83.0	83.5	83.0	81.0	0.51	0.73	0.83	0.87	0.89	2.1	1.4	2.6	4.3	38.0	6.5
4A90L2Y3	3.00	80.0	85.5	85.5	84.5	82.0	0.58	0.78	0.85	0.88	0.89	2.1	1.6	2.5	4.3	32.5	6.5
4A100S2Y3	4.00	80.0	86.0	88.0	86.5	85.0	0.60	0.80	0.86	0.89	0.90	2.0	1.6	2.5	3.3	28.0	7.5
4A100L2Y3	5.50	82.5	87.5	88.0	87.5	86.0	0.65	0.83	0.88	0.91	0.91	2.0	1.6	2.5	3.4	29.0	7.5
4A112M2Y3	7.50	78.0	85.5	87.5	87.5	86.5	0.56	0.74	0.83	0.88	0.89	2.0	1.8	2.8	2.5	17.0	7.5
4A132M2Y3	11.5	80.0	87.0	88.0	88.0	87.0	0.65	0.82	0.87	0.90	0.90	1.7	1.5	2.8	2.3	19.0	7.5
4A160S2Y3	15.0	80.0	86.5	88.0	88.0	87.0	0.68	0.84	0.89	0.91	0.91	1.4	1.0	2.2	2.1	12.0	7.0
4A160M2Y3	18.5	82.0	87.5	88.5	88.5	87.0	0.72	0.86	0.90	0.92	0.92	1.4	1.0	2.2	2.1	12.5	7.0
4A180S2Y3	22.0	79.0	86.0	88.5	88.5	88.0	0.65	0.82	0.88	0.91	0.92	1.4	1.1	2.5	1.9	12.5	7.5
4A180M2Y3	30.0	82.0	88.5	90.5	90.5	89.0	0.66	0.82	0.88	0.90	0.90	1.4	1.1	2.5	1.8	12.5	7.5
4A200M2Y3	37.0	81.0	87.5	90.0	90.0	89.5	0.67	0.82	0.87	0.89	0.89	1.4	1.0	2.5	1.9	11.5	7.5
4A200L2Y3	45.0	83.0	89.0	91.0	91.0	90.5	0.71	0.85	0.89	0.90	0.90	1.4	1.0	2.5	1.8	11.5	7.5

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4A225M2Y3	55,0	82,5	89,5	91,0	91,0	90,5	0,78	0,89	0,91	0,92	0,92	1,4	1,2	2,5	1,8	11,0	7,5
4A250S2Y3	75,0	81,0	88,0	91,0	91,0	91,0	0,71	0,84	0,88	0,89	0,80	1,2	1,0	2,5	1,4	10,0	7,5
4A250M2Y3	90,0	84,0	90,0	92,0	92,0	91,5	0,71	0,84	0,89	0,90	0,90	1,2	1,0	2,5	1,4	10,0	7,5
4A280S2Y3	110	82,0	88,5	91,0	91,0	90,5	0,83	0,87	0,88	0,89	0,88	1,2	1,0	2,2	2,0	8,5	7,0
4A280M2Y3	132	84,0	89,5	91,5	91,5	91,0	0,83	0,87	0,88	0,89	0,88	1,2	1,0	2,2	2,0	8,5	7,0
4A280S2Y3	160	85,5	90,5	92,0	92,0	91,5	0,83	0,87	0,89	0,90	0,89	1,0	0,9	1,9	1,9	8,5	7,0
4A315M2Y3	200	87,0	91,5	92,5	92,5	92,0	0,83	0,88	0,89	0,90	0,89	1,0	0,9	1,9	1,9	9,0	7,0
4A355S2Y3	250	87,0	91,0	92,5	92,5	92,0	0,86	0,88	0,89	0,90	0,89	1,0	0,9	1,9	1,9	7,0	7,0
4A355M2Y3	315	89,0	92,0	93,0	93,0	92,0	0,88	0,89	0,90	0,91	0,90	1,0	0,9	1,9	2,0	7,5	7,0
<b>Синхронная частота вращения 1500 об/мин</b>																	
4AA50A4Y3	0,06	25,0	40,0	50,0	50,0	49,5	0,31	0,41	0,51	0,60	0,68	2,0	1,7	2,2	8,1	58,5	2,5
4AA50B4Y3	0,09	31,0	46,0	55,0	55,0	54,5	0,31	0,40	0,51	0,60	0,68	2,0	1,7	2,2	8,6	59,0	2,5
4AA56A4Y3	0,12	40,0	55,0	63,0	63,0	61,5	0,30	0,43	0,56	0,66	0,70	2,1	1,5	2,2	8,2	49,0	3,5
4AA56B4Y3	0,18	43,5	58,0	64,0	64,0	61,5	0,26	0,40	0,53	0,64	0,71	2,1	1,5	2,2	8,9	50,5	3,5
4AA63A4Y3	0,25	49,0	63,0	68,0	68,0	65,5	0,26	0,41	0,54	0,65	0,72	2,0	1,5	2,2	8,0	48,0	4,0
4AA63B4Y3	0,37	51,5	64,5	68,0	68,0	64,0	0,29	0,45	0,58	0,69	0,75	2,0	1,5	2,2	9,0	48,0	4,0
4A71A4Y3	0,55	55,0	67,0	70,5	70,5	67,0	0,29	0,46	0,59	0,70	0,75	2,0	1,8	2,2	7,3	39,0	4,5
4A71B4Y3	0,75	58,5	70,0	73,0	72,0	68,5	0,33	0,50	0,64	0,73	0,79	2,0	1,8	2,2	7,5	40,0	4,5
4A80A4Y3	1,1	64,0	74,0	76,0	75,0	72,0	0,38	0,59	0,73	0,81	0,85	2,0	1,6	2,2	5,4	34,0	5,0
4A90L4Y3	2,2	74,0	81,0	81,5	80,0	76,5	0,42	0,64	0,76	0,83	0,85	2,1	1,6	2,4	5,1	33,0	6,0
4A100S4Y3	3,0	75,5	82,0	83,0	82,0	79,5	0,43	0,65	0,72	0,83	0,85	2,0	1,6	2,4	4,4	31,0	6,0
4A100L4Y3	4,0	79,5	84,5	85,0	84,0	81,5	0,46	0,68	0,79	0,84	0,85	2,0	1,6	2,4	4,6	31,5	6,0
4A112M4Y3	5,5	82,0	86,5	86,5	85,5	83,0	0,51	0,72	0,80	0,85	0,85	2,0	1,6	2,2	3,6	25,0	7,0
4A132S4Y3	7,5	77,5	86,0	87,5	87,5	86,0	0,53	0,71	0,83	0,86	0,87	2,2	1,7	3,0	2,9	19,5	7,0
4A132M4Y3	11,0	80,0	86,0	88,0	87,5	87,0	0,55	0,75	0,84	0,87	0,88	2,2	1,7	3,0	2,8	19,5	7,5
4A160S4Y3	15,0	86,0	89,5	89,5	88,5	86,5	0,63	0,81	0,87	0,88	0,88	1,4	1,0	2,3	2,3	16,0	7,0
4A160M4Y3	18,5	87,5	90,5	90,5	89,5	87,5	0,66	0,82	0,86	0,88	0,88	1,4	1,0	2,3	2,3	16,0	7,0
4A180S4Y3	22,0	85,5	89,5	90,0	90,0	87,0	0,65	0,82	0,87	0,90	0,89	1,4	1,0	2,3	2,0	14,0	6,5
4A180M4Y3	30,0	87,0	90,5	91,0	91,0	89,0	0,66	0,83	0,88	0,89	0,89	1,4	1,0	2,3	1,9	14,0	6,5
4A200M4Y3	37,0	87,0	90,5	91,0	91,0	90,5	0,67	0,84	0,89	0,90	0,90	1,4	1,0	2,5	1,7	10,0	7,0
4A200L4Y3	45,0	88,5	92,0	92,5	92,0	91,0	0,69	0,85	0,89	0,90	0,90	1,4	1,0	2,5	1,6	10,0	7,0
4A225M4Y3	55,0	88,5	92,0	92,5	92,5	91,5	0,68	0,84	0,89	0,90	0,90	1,3	1,0	2,5	1,4	10,0	7,0
4A250S4Y3	75,0	88,5	92,0	93,0	93,0	92,5	0,69	0,84	0,88	0,90	0,90	1,2	1,0	2,3	1,2	9,5	7,0
4A250M4Y3	90,0	89,0	92,5	93,0	93,0	92,0	0,73	0,87	0,90	0,91	0,90	1,2	1,0	2,3	1,3	9,5	7,0

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4A280S4Y3	110	89.5	92.5	93.0	92.5	91.0	0.82	0.90	0.91	0.90	0.87	1.2	1.0	2.0	2.3	8.5	6.0
4A280M4Y3	132	90.0	93.0	93.5	93.0	91.5	0.81	0.90	0.91	0.90	0.87	1.3	1.0	2.0	2.3	6.5	6.0
4A315S4Y3	160	91.0	93.5	94.0	93.5	92.5	0.81	0.90	0.91	0.91	0.88	1.3	0.9	2.2	1.4	6.5	6.5
4A315M4Y3	200	91,5	94,0	94,5	94,0	93,0	0,82	0,90	0,92	0,92	0,89	1,3	0,9	2,2	1,3	5,0	6,5
4A355S4Y3	250	91.5	94.0	94.5	94.5	93.5	0.82	0.90	0.92	0.92	0.89	1.2	0.9	2.0	1.0	4.0	7.0
4A355M4Y3	315	92.5	94.5	95.0	94.5	93.5	0.85	0.92	0.92	0.92	0.89	1.2	0.9	2.0	1.0	4.0	7.0
<b>Синхронная частота вращения 1000 об/мин</b>																	
4AA63A6Y3	0.18	34.5	49.5	56.0	56	52.0	0.25	0.38	0.51	0.62	0.71	2.2	1.5	2.2	11.5	55.5	3.0
4AA63B6Y3	0.25	39.5	54.0	59.0	59	55.0	0.24	0.38	0.51	0.62	0.70	2.2	1.5	2.2	10.8	62.5	3.0
4AA71A6Y3	0.37	45.5	59.5	64.5	64	61.0	0.30	0.45	0.58	0.69	0.76	2.0	1.8	2.2	9.2	49.0	4.0
4AA71B6Y3	0.55	52.5	65.5	68.5	67	62.5	0.30	0.47	0.60	0.71	0.77	2.0	1.8	2.2	10.0	49.0	4.0
4A80A6Y3	0.75	56.0	68.0	69.5	69	63.5	0.33	0.51	0.65	0.74	0.79	2.0	1.6	2.2	8.4	37.0	4.0
4A80B6Y3	1.1	53.0	73.5	75.0	74	69.0	0.33	0.52	0.65	0.74	0.78	2.0	1.6	2.2	8.0	38.0	4.0
4A90L6Y3	1.5	65.5	75.0	76.0	75	71.0	0.33	0.53	0.66	0.74	0.77	2.0	1.7	2.2	6.4	31.0	4.5
4A100L6Y3	2.2	74.0	81.5	82.0	81	78.0	0.32	0.53	0.66	0.73	0.76	2.0	1.6	2.2	5.1	25.5	5.0
4A112MA6Y3	3.0	73.0	81.0	82.0	81	78.5	0.33	0.56	0.69	0.76	0.79	2.0	1.8	2.5	4.7	37.0	6.0
4A112MB6Y3	4.0	77.0	82.5	83.0	82	79.5	0.40	0.62	0.74	0.81	0.83	2.0	1.8	2.5	5.1	38.0	6.0
4A132S6Y3	5.5	71.0	81.0	84.0	85	83.0	0.33	0.56	0.69	0.80	0.84	2.0	1.8	2.5	3.3	36.0	6.0
4A132M6Y3	7.5	76.0	84.0	85.0	85	84.0	0.40	0.62	0.74	0.81	0.84	2.0	1.8	2.5	3.2	26.0	6.0
4A160S6Y3	11.5	83.5	87.5	87.5	86	83.5	0.54	0.75	0.83	0.86	0.87	1.2	1.0	2.0	2.7	15.0	6.0
4A160M6Y3	15.5	85.0	88.5	88.5	87	85.0	0.55	0.76	0.84	0.87	0.87	1.2	1.0	2.0	2.6	14.0	6.0
4A180M6Y3	18.5	85.0	89.0	89.0	88	86.0	0.54	0.76	0.84	0.87	0.87	1.2	1.0	2.0	2.4	13.5	6.0
4A200M6Y3	22.0	87.5	91.0	91.0	90	88.0	0.68	0.84	0.88	0.90	0.90	1.3	1.0	2.4	2.3	13.5	6.5
4A200L6Y3	30.0	88.0	91.0	91.0	90	89.0	0.64	0.82	0.88	0.90	0.90	1.3	1.0	2.4	2.1	13.5	6.5
4A225M6Y3	37.0	87.5	91.0	91.5	91	89.5	0.63	0.81	0.87	0.89	0.89	1.2	1.0	2.3	1.8	11.5	6.5
4A250S6Y3	45.0	87.5	91.0	91.5	91	90.5	0.64	0.82	0.87	0.89	0.89	1.2	1.0	2.1	1.4	9.0	6.5
4A250M6Y3	55.0	88.0	91.0	91.5	91	90.5	0.60	0.80	0.86	0.89	0.89	1.2	1.0	2.1	1.3	9.5	6.5
4A280S6Y3	75.0	90.0	92.5	92.5	92	90.0	0.70	0.85	0.88	0.89	0.88	1.2	1.0	2.2	2.0	8.3	7.0
4A280M6Y3	90.0	90.0	93.0	93.0	92	91.0	0.67	0.83	0.87	0.89	0.88	1.2	1.0	2.2	1.8	8.3	7.0
4A315S6Y3	110	91.0	93.0	93.5	93	92.0	0.68	0.84	0.88	0.90	0.89	1.0	0.9	2.2	1.8	8.2	7.0
4A315M6Y3	132	91.5	93.5	94.0	93	92.5	0.68	0.84	0.88	0.90	0.89	1.4	0.9	2.2	1.7	8.2	7.0
4A355S6Y3	160	91.5	93.5	94.0	93	92.5	0.73	0.86	0.89	0.90	0.89	1.4	0.9	2.2	1.4	6.5	7.0
4A355M6Y3	200	92.0	94.0	94.0	94	93.0	0.72	0.86	0.89	0.90	0.89	1.4	0.9	2.2	1.3	6.4	7.0

Продолжение приложения 3

<b>Синхронная частота вращения 750 об/мин</b>																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4A71B8Y3	0.25	36.5	51.5	56.5	56	45.0	0.29	0.42	0.55	0.65	0.75	1.6	1.4	1.7	12.7	45.0	3.0
4A80A8Y3	0.37	42.5	57.0	61.5	61	56.5	0.28	0.42	0.55	0.65	0.72	1.6	1.2	1.7	8.9	33.0	3.5
4A80B8Y3	0.56	46.0	60.0	64.5	64	59.0	0.28	0.42	0.55	0.65	0.71	1.6	1.2	1.7	9.0	34.0	3.5
4A90LA8Y3	0.75	49.0	63.0	68.0	68	65.5	0.26	0.40	0.52	0.62	0.68	1.6	1.4	1.9	6.0	27.0	3.5
4A90LB8Y3	1.1	55.0	67.5	70.5	70	66.0	0.30	0.46	0.59	0.68	0.73	1.6	1.4	1.9	7.0	27.0	3.5
4A100L8Y3	1.5	62.0	73.0	75.0	74	70.0	0.26	0.44	0.57	0.65	0.69	1.6	1.3	1.9	7.0	27.0	4.0
4A112MA8Y3	2.2	64.0	74.5	76.5	76	74.0	0.30	0.48	0.62	0.71	0.76	1.9	1.5	2.2	6.0	23.0	5.0
4A112MB8Y3	3.0	69.5	78.0	79.5	79	76.5	0.33	0.52	0.66	0.74	0.78	1.9	1.5	2.2	5.8	35.0	5.0
4A132S8Y3	4.0	71.0	80.0	83.0	83	81.0	0.27	0.46	0.59	0.70	0.73	1.9	1.7	2.6	6.1	36.0	5.5
4A132M8Y3	5.5	74.5	82.0	83.5	83	80.5	0.32	0.52	0.65	0.74	0.76	1.9	1.7	2.6	4.1	25.0	5.5
4A160S8Y3	7.5	79.5	86.0	86.5	86	84.0	0.35	0.57	0.69	0.75	0.77	1.4	1.0	2.2	2.5	14.5	6.0
4A160M8Y3	11.0	81.0	87.0	87.5	87	85.0	0.35	0.57	0.69	0.75	0.77	1.4	1.0	2.2	2.5	15.0	6.0
4A180M8Y3	15.0	82.5	87.5	88.0	87	84.5	0.46	0.68	0.78	0.82	0.83	1.2	1.0	2.0	2.6	13.0	5.5
4A200M8Y3	18.5	85.5	89.5	89.5	88	86.5	0.50	0.71	0.80	0.84	0.84	1.2	1.1	2.2	2.3	13.0	5.5
4A200L8Y3	22.0	87.5	90.0	90.0	88	88.5	0.54	0.75	0.82	0.84	0.84	1.2	1.1	2.0	2.7	13.0	5.5
4A225M8Y3	30.0	85.0	90.0	90.5	90	88.5	0.44	0.66	0.76	0.81	0.82	1.3	1.2	2.1	1.8	11.5	6.0
4A250S8Y3	37.0	86.5	90.5	90.0	90	88.5	0.50	0.72	0.80	0.83	0.83	1.2	1.0	2.0	1.6	9.0	6.0
4A250M8Y3	45.0	87.0	90.5	91.0	91	90.0	0.49	0.71	0.80	0.84	0.84	1.2	1.0	2.0	1.4	9.0	6.0
4A280S8Y3	55.0	90.0	92.5	92.5	92	90.0	0.57	0.76	0.81	0.84	0.82	1.2	1.0	2.0	2.2	8.0	5.5
4A280M8Y3	75.0	90.5	93.0	93.0	92	91.0	0.58	0.77	0.82	0.85	0.84	1.2	1.0	2.0	2.2	8.5	5.5
4A315S8Y3	90.0	93.0	93.5	93.5	93	91.5	0.57	0.76	0.82	0.85	0.84	1.2	0.9	2.3	1.5	7.0	6.5
4A315M8Y3	110	91.0	93.0	93.5	93	92.0	0.56	0.75	0.82	0.85	0.84	1.2	0.9	2.3	1.5	7.5	6.5
4A355S8Y3	132	91.5	94.0	94.0	93	86.0	0.60	0.78	0.83	0.85	0.84	1.2	0.9	2.2	1.3	5.5	6.5
4A355M8Y3	160	92.0	94.0	94.0	93	92.0	0.61	0.79	0.83	0.85	0.83	1.2	0.9	2.2	1.3	5.5	6.5
<b>Синхронная частота вращения 600 об/мин</b>																	
4A250S10Y3	30.0	84.5	88.5	88.5	88	86.0	0.43	0.66	0.76	0.81	0.82	1.2	1.0	1.9	1.9	10.5	6.0
4A280S10Y3	37.0	86.5	90.5	91.0	91	89.5	0.44	0.65	0.73	0.78	0.77	1.0	1.0	1.8	1.7	8.5	6.0
4A280M10Y3	45.0	87.0	92.0	92.0	91	89.5	0.47	0.68	0.74	0.78	0.77	1.0	1.0	1.8	1.7	7.5	6.0
4A315S10Y3	55.0	88.5	92.0	92.0	92	91.0	0.49	0.69	0.76	0.79	0.79	1.0	0.9	1.8	1.8	10.0	6.0
4A315M10Y3	75.0	89.5	92.5	92.5	92	90.5	0.52	0.71	0.78	0.80	0.80	1.0	0.9	1.8	1.6	8.5	6.0
4A355S10Y3	90.0	91.0	93.0	93.0	92	90.5	0.60	0.77	0.81	0.83	0.80	1.0	0.9	1.8	1.6	5.5	6.0
4A355M10Y3	110	91.0	93.5	93.5	93	91.5	0.56	0.74	0.80	0.83	0.81	1.0	0.9	1.8	1.6	6.5	6.0

Синхронная частота вращения 500 об/мин																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4A315S12Y3	45.0	87.5	91.0	91.0	90.	89.0	0.43	0.64	0.72	0.75	0.75	1.0	0.9	1.8	2.5	10.5	6.0
4A315M12Y3	55.0	88.0	91.0	91.5	91.	89.5	0.42	0.63	0.71	0.75	0.75	1.0	0.9	1.8	2.3	10.0	6.0
4A355S12Y3	75.0	88.0	91.5	91.5	91.	90.5	0.41	0.62	0.71	0.76	0.75	1.0	0.9	1.8	1.5	6.5	6.0
4A355M12Y3	90.0	88.0	91.5	92.0	92.	91.0	0.40	0.61	0.71	0.76	0.76	1.0	0.9	1.8	1.3	6.0	6.0

## Приложение 4

**Основные технические данные электродвигателей основного  
исполнения, степень защиты IP23**

Типоразмер электродвига- теля	$P_{2НОМ}$ кВт	Энергетические показатели										Пусковые свойства					
		КПД% при $P_2/P_{2НОМ}$ , %					cosφ при $P_2/P_{2НОМ}$ , %					Механические характеристики					
		25	50	75	100	125	25	50	75	100	125	$m_{II}$	$m_m$	$m_K$	$S_{НОМ}$ %	$S_K$ , %	$i_{II}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Синхронная частота вращения 3000 об/мин																	
4АН160S2Y3	22,0	87,5	90,0	89,5	88,0	85,0	0,68	0,83	0,87	0,88	0,87	1,3	1,0	2,2	2,8	12,5	7,0
4АН160M2Y3	30,0	90,0	92,0	91,5	90,0	87,0	0,77	0,88	0,90	0,91	0,90	1,3	1,0	2,2	2,9	12,5	7,0
4АН180S2Y3	37,0	87,0	90,5	91,0	91,0	90,0	0,59	0,78	0,87	0,91	0,91	1,2	1,0	2,2	1,8	12,5	7,0
4АН180M2Y3	45,0	88,5	91,5	91,5	91,0	89,5	0,66	0,83	0,88	0,91	0,91	1,3	1,0	2,2	1,9	12,5	7,0
4АН200M2Y3	55,0	87,5	91,0	91,0	91,0	90,0	0,68	0,84	0,88	0,90	0,90	1,3	1,0	2,5	2,0	11,5	7,0
4АН200L2Y3	75,0	89,5	92,0	92,5	92,0	91,0	0,72	0,85	0,89	0,90	0,89	1,3	1,0	2,5	2,0	11,5	7,0
4АН225M2Y3	90,0	89,5	92,0	92,5	92,0	91,0	0,67	0,83	0,87	0,88	0,88	1,2	1,0	2,2	1,9	11,0	7,0
4АН250S2Y3	110	90,0	92,5	93,0	93,0	92,0	0,67	0,81	0,85	0,86	0,85	1,2	1,0	2,2	1,6	10,0	7,0
4АН250M2Y3	132	91,5	93,0	93,5	93,0	92,0	0,76	0,86	0,87	0,88	0,87	1,2	1,0	2,2	1,9	10,0	7,0
4АН280S2Y3	160	93,0	94,5	94,5	94,0	92,0	0,86	0,88	0,89	0,90	0,87	1,2	1,0	2,2	1,4	6,5	6,5
4АН280M2Y3	200	94,5	95,5	95,0	94,5	92,5	0,85	0,88	0,89	0,90	0,86	1,2	1,0	2,2	1,4	6,3	6,5

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4АН315М2У3	250	94,0	95,0	95,0	94,5	93,0	0,89	0,93	0,92	0,91	0,85	1,0	0,9	1,9	1,2	5,4	6,5
4АН355S2У3	315	93,0	94,5	94,5	94,5	93,0	0,86	0,92	0,92	0,92	0,89	1,0	0,9	1,9	1,0	5,3	6,5
4АН355М2У3	400	94,5	95,5	95,5	95,0	93,5	0,89	0,93	0,93	0,92	0,88	1,0	0,9	1,9	1,0	5,3	6,5
<b>Синхронная частота вращения 1500 об/мин</b>																	
4АН160S4У3	18,5	88,5	91,0	90,5	88,5	86,5	0,64	0,81	0,86	0,87	0,86	1,3	1,0	2,1	3,2	14,5	6,5
4АН160М4У3	22,0	89,0	92,0	91,5	90,0	88,0	0,66	0,82	0,87	0,88	0,87	1,3	1,0	2,1	2,9	14,5	6,5
4АН180S4У3	30,0	88,0	90,5	90,5	90,0	87,5	0,57	0,73	0,81	0,84	0,82	1,2	1,0	2,2	2,3	14,0	6,5
4АН180М4У3	37,0	89,0	91,5	91,5	90,5	88,5	0,65	0,82	0,87	0,89	0,88	1,2	1,0	2,2	2,1	14,0	6,5
4АН200М4У3	45,0	89,5	92,0	92,0	91,0	89,5	0,65	0,83	0,87	0,89	0,89	1,3	1,0	2,5	1,8	11,5	6,5
4АН200L4У3	55,0	90,0	92,5	92,5	92,0	90,5	0,67	0,83	0,88	0,89	0,88	1,3	1,0	2,5	1,7	11,5	6,5
4АН225М4У3	75,0	91,5	93,0	93,0	92,5	91,0	0,68	0,84	0,88	0,89	0,88	1,2	1,0	2,2	1,6	10,0	6,5
4АН250S4У3	90,0	91,0	93,5	94,0	93,5	92,5	0,67	0,83	0,87	0,89	0,89	1,2	1,0	2,2	1,4	9,5	6,5
4АН250М4У3	110	91,5	93,5	94,0	93,5	92,5	0,67	0,83	0,87	0,89	0,88	1,2	1,0	2,2	1,5	9,5	6,5
4АН280S4У3	132	93,0	94,0	94,0	93,0	91,0	0,79	0,88	0,89	0,89	0,85	1,2	1,0	2,0	2,0	7,2	6,0
4АН280М4У3	160	93,0	94,5	94,0	93,5	92,0	0,79	0,89	0,90	0,90	0,87	1,2	1,0	2,0	2,0	7,0	6,0
4АН315S4У3	200	93,5	94,5	94,5	94,0	92,5	0,79	0,89	0,91	0,91	0,88	1,2	0,9	2,0	1,8	6,0	6,5
4АН315М4У3	250	94,0	95,0	94,5	94,0	92,0	0,84	0,91	0,92	0,91	0,86	1,2	0,9	2,0	1,8	6,0	6,5
4АН355S4У3	315	94,0	95,5	95,5	94,5	93,0	0,82	0,91	0,91	0,91	0,87	1,2	0,9	2,0	1,2	5,3	6,5
4АН355М4У3	400	94,5	95,5	95,0	94,5	93,0	0,83	0,91	0,91	0,91	0,87	1,2	0,9	2,0	1,2	5,2	6,5
<b>Синхронная частота вращения 1000 об/мин</b>																	
4АН180S6У3	18,5	83,5	88,0	88,0	87,0	85,0	0,47	0,72	0,81	0,85	0,85	1,2	1,0	2,0	2,5	13,5	6,0
4АН180М6У3	22,0	86,0	89,5	89,5	88,5	86,5	0,56	0,77	0,84	0,87	0,87	1,2	1,0	2,0	2,4	13,5	6,0
4АН200М6У3	30,0	88,5	91,0	91,0	90,0	88,0	0,69	0,80	0,83	0,88	0,88	1,3	1,0	2,1	2,3	13,5	6,0
4АН200L6У3	37,0	87,5	91,0	91,0	90,5	89,0	0,58	0,78	0,85	0,88	0,88	1,3	1,0	2,1	1,9	13,5	6,5
4АН225М6У3	45,0	89,5	92,0	92,0	91,0	89,0	0,62	0,80	0,85	0,87	0,86	1,2	1,0	2,0	2,0	11,5	6,5
4АН250S6У3	55,0	88,5	92,5	93,0	92,5	91,5	0,57	0,77	0,84	0,87	0,87	1,2	1,0	2,0	1,3	9,5	6,5
4АН250М6У3	75,0	90,0	93,0	93,0	93,0	92,0	0,57	0,78	0,84	0,87	0,87	1,2	1,0	2,0	1,2	9,5	7,0

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4АН280S6Y3	90,0	92,5	94,0	93,5	92,5	90,5	0,70	0,85	0,88	0,89	0,87	1,2	1,0	2,0	2,2	8,4	6,0
4АН280M6Y3	110	93,0	94,0	93,5	92,5	90,5	0,70	0,85	0,88	0,89	0,87	1,2	1,0	2,0	2,2	8,4	6,0
4АН315S6Y3	132	93,5	94,5	94,0	93,0	91,0	0,75	0,87	0,89	0,89	0,85	1,2	0,9	1,9	1,8	6,7	6,0
4АН315M6Y3	160	94,0	95,0	94,5	93,5	91,5	0,75	0,87	0,89	0,89	0,85	1,2	0,9	1,9	1,8	6,5	6,0
4АН355S6Y3	200	94,0	95,0	95,0	94,0	92,0	0,76	0,88	0,90	0,90	0,87	1,2	0,9	1,9	1,6	6,2	6,5
4АН355M6Y3	250	94,0	95,0	94,5	94,0	92,5	0,76	0,88	0,90	0,90	0,87	1,2	0,9	2,0	1,6	6,2	6,5
<b>Синхронная частота вращения 750 об/мин</b>																	
4АН180S8Y3	15,0	82,0	86,5	87,0	86,0	83,5	0,44	0,66	0,76	0,80	0,81	1,2	1,0	1,9	2,6	13,0	5,5
4АН180M8Y3	18,5	84,5	88,5	88,5	87,5	85,0	0,47	0,69	0,77	0,80	0,80	1,2	1,0	1,9	2,7	13,0	5,5
4АН200M8Y3	22,0	88,0	91,0	90,5	89,0	86,0	0,54	0,75	0,82	0,84	0,83	1,3	1,0	2,0	2,6	13,0	18
4АН200L8Y3	30,0	87,0	90,5	90,5	89,5	87,5	0,49	0,71	0,79	0,82	0,82	1,3	1,0	2,0	2,3	13,0	5,5
4АН225M8Y3	37,0	87,5	91,0	91,0	90,0	88,0	0,48	0,70	0,78	0,81	0,81	1,2	1,0	1,9	2,0	11,5	5,5
4АН250S8Y3	45,0	88,0	91,5	91,5	91,0	89,5	0,47	0,68	0,77	0,81	0,80	1,2	1,0	1,9	1,5	9,0	5,5
4АН250M8Y3	55,0	89,5	92,5	92,5	92,0	90,5	0,49	0,70	0,78	0,81	0,81	1,2	1,0	1,9	1,6	9,0	6,0
4АН280S8Y3	75,0	91,5	93,5	93,0	92,0	90,0	0,58	0,77	0,83	0,85	0,82	1,2	1,0	1,9	2,5	8,3	5,5
4АН280M8Y3	90,0	93,0	94,0	93,5	92,5	90,0	0,62	0,80	0,84	0,86	0,83	1,2	1,0	1,9	2,5	8,3	5,5
4АН315S8Y3	110	92,5	94,0	94,0	93,0	91,0	0,64	0,81	0,85	0,86	0,83	1,2	0,9	1,9	2,0	6,3	5,5
4АН315M8Y3	132	93,0	94,5	94,0	93,0	91,0	0,65	0,81	0,85	0,86	0,82	1,2	0,9	1,9	2,0	6,3	5,5
4АН355S8Y3	160	94,0	95,0	94,5	93,5	91,5	0,67	0,83	0,86	0,86	0,82	1,1	0,9	1,9	1,8	5,6	5,5
4АН355M8Y3	200	94,5	95,5	95,0	94,0	92,0	0,70	0,84	0,86	0,86	0,81	1,1	0,9	1,9	1,8	5,5	5,5
<b>Синхронная частота вращения 600 об/мин</b>																	
4АН280S10Y3	45,0	88,5	91,0	90,5	90,0	88,0	0,50	0,70	0,77	0,81	0,79	1,0	1,0	1,8	2,8	10,6	5,0
4АН280M10Y3	55,0	88,5	91,0	91,0	90,5	88,5	0,50	0,70	0,77	0,81	0,79	1,0	1,0	1,8	2,8	11,1	5,0
4АН315S10Y3	75,0	91,0	92,5	92,0	91,0	88,5	0,59	0,76	0,81	0,82	0,78	1,0	0,9	1,8	2,2	7,8	5,5
4АН315M10Y3	90,0	91,0	93,0	92,5	91,5	89,5	0,59	0,76	0,80	0,82	0,79	1,0	0,9	1,8	2,2	7,7	5,5
4АН355S10Y3	110	91,5	93,0	92,5	92,0	90,5	0,57	0,75	0,82	0,83	0,81	1,0	0,9	1,8	1,8	6,7	5,5
4АН355M10Y3	132	92,0	93,5	93,0	92,5	91,0	0,59	0,77	0,82	0,83	0,81	1,0	0,9	1,8	1,8	6,7	5,5

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

<b>Синхронная частота вращения 500 об/мин</b>																	
4АН315S12У3	55,0	91,0	93,0	92,0	90,5	86,0	0,53	0,72	0,77	0,78	0,71	1,0	0,9	1,8	2,5	7,6	5,5
4АН315M12У3	75,0	89,5	91,5	91,5	91,0	89,0	0,46	0,67	0,74	0,78	0,76	1,0	0,9	1,8	2,5	7,6	5,5
4АН355S12У3	90,0	80,0	87,5	90,0	91,5	92,0	0,16	0,32	0,44	0,77	0,61	1,0	0,9	1,8	2,2	6,4	5,5
4АН355M12У3	110	80,0	87,5	90,5	92,0	92,0	0,15	0,30	0,43	0,77	0,59	1,0	0,9	1,8	2,2	6,5	5,5

## Приложение 5

### Основные технические данные электродвигателей с повышенным скольжением при различной продолжительности включения

Типоразмер электродвигателя	ПВ=15%			ПВ=25%			ПВ=40%			ПВ=60%			ПВ=100%				
	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$P_2$ , кВт	$\eta$ , %	$\cos\varphi$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
<b>Синхронная частота вращения 3000 об/мин</b>																	
4АС71А2У3С	1,2	71,0	0,89	1,06	71,5	0,88	1,0	72,0	0,87	0,95	72,5	0,86	0,85	73,0	0,84		
4АС71В2У3С	1,5	71,0	0,86	1,3	71,5	0,85	1,2	72,0	0,83	1,1	72,5	0,82	0,90	73,0	0,79		
4АС80А2У3С	2,4	72,0	0,89	1,9	75,0	0,87	1,9	75,0	0,87	1,7	75,5	0,86	1,5	76,0	0,85		
4АС90L2У3С	4,6	77,0	0,88	4,0	79,0	0,87	3,5	80,0	0,86	3,2	80,5	0,85	2,7	81,0	0,83		
4АС100S2У3С	6,0	80,5	0,88	5,0	81,5	0,86	4,8	82,0	0,86	4,2	82,5	0,85	3,6	83,0	0,84		
4АС100L2У3С	8,4	80,5	0,88	7,0	81,5	0,87	6,3	82,0	0,86	5,8	82,0	0,85	5,3	82,5	0,84		
4АС112M2У3С	11,0	81,5	0,87	9,5	83,0	0,86	8,0	84,0	0,84	7,1	84,5	0,83	6,0	85,0	0,81		
4АС132M2У3С	17,0	81,5	0,90	14,0	83,0	0,90	11,0	84,0	0,89	11,0	84,5	0,88	10,0	85,0	0,87		
<b>Синхронная частота вращения 1500 об/мин</b>																	
4АС71А4У3	0,80	61,0	0,80	0,65	67,0	0,76	0,60	68,0	0,73	0,60	68,0	0,73	0,60	68,0	0,73		

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

4AC71B4Y3	1,1	63,5	0,80	0,90	68,0	0,71	0,80	68,5	0,75	0,80	68,5	0,75	0,70	69,0	0,74
4AC80A4Y3	1,6	66,0	0,85	1,3	68,5	0,82	1,3	68,5	0,82	1,1	70,0	0,80	0,95	70,5	0,79
4AC80B4Y3	2,1	69,0	0,85	1,9	69,5	0,83	1,7	70,0	0,82	1,5	70,5	0,80	1,3	71,0	0,79
4AC90L4Y3	3,1	71,0	0,86	2,4	76,0	0,82	2,4	76,0	0,82	2,2	76,5	0,80	1,9	77,0	0,78
4AC100S4Y3	5,0	74,0	0,89	3,7	76,0	0,84	3,2	76,5	0,82	2,8	77,0	0,80	2,3	77,5	0,78
4AC100L4Y3	6,0	75,0	0,86	5,0	77,0	0,84	4,25	78,0	0,82	3,8	79,0	0,80	3,3	80,0	0,78
4AC112M4Y3	8,0	76,0	0,86	6,7	77,5	0,85	5,6	79,0	0,83	5,0	80,0	0,81	4,2	81,0	0,78
4AC132S4Y3	11,8	79,0	0,87	9,5	82,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,5	83,5	0,83	7,1	84,0	0,81
4AC132M4Y3	16,0	81,0	0,87	14,0	83,0	0,86	11,8	84,0	0,85	10,5	84,5	0,83	9,0	85,0	0,81
4AC160S4Y3	22,0	81,5	0,86	19,0	83,5	0,86	17,0	84,5	0,86	15,0	85,5	0,85	13,0	86,0	0,84
4AC160M4Y3	25,0	85,0	0,87	23,0	86,0	0,87	20,0	87,0	0,87	18,5	87,5	0,87	17,0	88,0	0,86
4AC180S4Y3	26,5	83,5	0,93	24,0	84,5	0,93	21,0	86,0	0,92	20,0	86,5	0,92	19,0	87,0	0,92
4AC180M4Y3	32,0	86,0	0,92	30,0	87,0	0,92	26,5	88,5	0,91	25,0	89,0	0,91	24,0	89,5	0,91
4AC200M4Y3	42,0	85,5	0,93	35,0	87,0	0,93	31,5	87,5	0,92	28,0	88,0	0,92	26,0	88,0	0,92
4AC200L4Y3	50,0	87,5	0,94	47,0	88,0	0,94	40,0	89,0	0,93	37,0	89,5	0,93	35,0	90,0	0,93
4AC225M4Y3	63,0	85,5	0,93	55,0	87,0	0,93	50,0	87,5	0,92	45,0	88,0	0,92	40,0	88,5	0,92
4AC250S4Y3	75,0	85,5	0,93	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,92	53,0	88,0	0,92	50,0	88,0	0,92
4AC250M4Y3	80,0	85,0	0,94	71,0	86,5	0,94	63,0	87,0	0,93	60,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,93
<b>Синхронная частота вращения 1000 об/мин.</b>															
4AC71A6Y3	0,45	60,5	0,71	0,40	62,5	0,70	0,40	62,5	0,70	0,40	62,5	0,70	0,40	62,5	0,70
4AC71B6Y3	0,80	57,5	0,70	0,65	65,0	0,70	0,63	65,0	0,70	0,65	65,0	0,70	0,50	63,5	0,62
4AC80A6Y3	1,0	59,5	0,76	0,90	61,0	0,72	0,80	61,0	0,68	0,70	61,0	0,74	0,50	60,0	0,54
4AC80B6Y3	1,5	63,0	0,80	1,3	65,5	0,75	1,2	66,5	0,73	1,1	67,5	0,71	0,80	69,0	0,61
4AC90L6Y3	2,2	68,0	0,78	1,8	70,0	0,74	1,7	71,0	0,72	1,3	71,5	0,65	1,1	72,0	0,60
4AC100L6Y3	3,6	73,0	0,79	2,9	74,5	0,78	2,6	75,0	0,76	2,2	76,0	0,72	1,8	76,5	0,67
4AC112MA6Y3	4,5	69,0	0,85	3,8	71,0	0,81	3,2	72,0	0,74	2,8	73,0	0,72	2,5	73,5	0,68
4AC112MB6Y3	5,6	69,5	0,86	5,0	72,5	0,83	4,2	75,0	0,79	3,8	76,5	0,78	3,2	77,5	0,73

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

4AC132S6Y3	8,5	75,0	0,85	7,5	77,5	0,84	6,3	79,0	0,80	6,0	80,0	0,79	4,5	81,0	0,72
4AC132M6Y3	11,0	75,5	0,86	10,0	77,5	0,84	8,5	80,0	0,80	7,5	80,5	0,78	6,3	81,0	0,74
4AC160S6Y3	16,0	77,5	0,87	14,0	80,0	0,86	12,0	82,5	0,85	11,0	83,5	0,84	10,0	84,0	0,83
4AC160M6Y3	21,0	79,0	0,87	19,0	81,5	0,86	16,0	84,0	0,85	15,0	84,5	0,84	13,0	85,5	0,83
4AC180M6Y3	22,0	81,5	0,90	20,0	83,0	0,90	19,0	84,5	0,90	17,0	85,0	0,89	16,0	85,5	0,89
4AC200M6Y3	28,0	80,0	0,92	25,0	82,0	0,92	22,0	83,5	0,92	20,0	84,5	0,92	18,0	85,5	0,91
4AC200L6Y3	40,0	85,5	0,92	33,5	83,5	0,92	28,0	85,5	0,91	25,0	86,0	0,92	23,0	86,5	0,91
4AC250S6Y3	56,6	85,0	0,90	45,0	88,0	0,90	40,0	89,0	0,90	36,0	89,5	0,90	33,5	90,0	0,89
4AC250M6Y3	60,0	85,0	0,90	53,0	88,0	0,89	45,0	86,5	0,88	40,0	89,0	0,86	36,0	89,5	0,84
<b>Синхронная частота вращения 750 об/мин.</b>															
4AC71B8Y3	0,35	49,0	0,68	0,30	50,0	0,61	0,30	50,0	0,61	0,30	50,0	0,61	0,20	49,0	0,51
4AC80A8Y3	0,55	50,0	0,70	0,50	52,0	0,65	0,45	53,5	0,61	0,45	53,5	0,61	0,35	52,0	0,54
4AC80B8Y3	0,70	57,0	0,68	0,60	58,0	0,63	0,60	58,0	0,63	0,50	58,5	0,58	0,40	58,0	0,54
4AC90LA8Y3	1,1	59,0	0,70	0,90	61,0	0,65	0,90	61,0	0,65	0,80	62,0	0,61	0,70	60,0	0,56
4AC90LB8Y3	1,4	63,5	0,64	1,2	65,0	0,64	1,2	65,0	0,64	1,0	66,0	0,59	0,80	65,0	0,52
4AC100L8Y3	1,9	65,5	0,68	1,6	69,0	0,63	1,6	69,0	0,63	1,5	68,0	0,59	1,2	67,0	0,52
4AC112MA8Y3	3,0	61,0	0,76	2,6	65,5	0,71	2,2	68,0	0,65	1,9	70,0	0,60	1,5	70,0	0,53
4AC112MB8Y3	4,2	66,0	0,77	3,6	70,5	0,73	3,2	72,0	0,70	2,5	74,5	0,62	1,9	74,5	0,54
4AC132S8Y3	6,0	71,0	0,77	5,0	74,5	0,72	4,5	76,0	0,70	3,6	77,5	0,65	2,6	77,5	0,54
4AC132M8Y3	8,5	72,0	0,78	7,1	75,0	0,74	6,0	77,0	0,70	5,0	78,0	0,64	3,6	78,0	0,54
4AC160S8Y3	11,0	77,0	0,82	10,0	79,5	0,81	9,0	81,5	0,80	8,0	83,0	0,79	7,0	84,0	0,77
4AC160M8Y3	16,0	77,0	0,80	14,0	81,0	0,80	12,5	82,5	0,79	11,0	83,5	0,77	10,0	84,0	0,75
4AC180M8Y3	19,0	79,0	0,83	17,0	81,5	0,83	15,0	83,5	0,83	14,0	84,0	0,82	13,0	84,5	0,81
4AC180M8Y3	19,0	79,0	0,83	17,0	81,5	0,83	15,0	83,5	0,83	14,0	84,0	0,82	13,0	84,5	0,81
4AC200M8Y3	26,5	77,0	0,85	24,0	79,5	0,85	20,0	83,5	0,85	19,0	83,5	0,84	16,0	84,0	0,84
4AC225M8Y3	33,5	80,0	0,86	30,0	81,0	0,86	26,5	83,0	0,85	24,0	83,5	0,83	22,0	84,0	0,83
4AC250S8Y3	45,0	82,0	0,86	45,0	83,5	0,86	36,0	85,0	0,85	30,0	86,5	0,84	26,5	87,0	0,83

## Приложение 6

### Пусковые свойства электродвигателей с повышенным скольжением

Типоразмер электродвигателя	Механическая характеристика					
	$m_n$	$m_m$	$m_k$	$s_{ном.}, \%$	$s_k, \%$	$I_{II}$
1	2	3	4	5	6	7
<b>Синхронная частота вращения 3000 об/мин</b>						
4AC71A2Y3	2,0	1,6	2,2	5,9	38,4	5,5
4AC71B2Y3	2,0	1,6	2,2	5,0	39,2	5,5
4AC80A2Y3	2,0	1,6	2,2	4,9	35,8	6,5
4AC80B2Y3	2,0	1,6	2,2	4,5	37,0	6,5
4AC90L2Y3	2,0	1,6	2,2	4,4	33,6	6,5
4AC100S2Y3	2,0	1,6	2,2	3,6	28,5	7,5
4AC100L2Y3	2,0	1,6	2,2	3,1	30,2	7,5
4AC100L2Y3	2,0	1,6	2,2	3,1	30,2	7,5
4AC112M2Y3	2,0	1,6	2,4	3,7	31,4	7,5
4AC132M2Y3	2,0	1,6	2,4	4,8	47,9	7,5
<b>Синхронная частота вращения 1500 об/мин</b>						
4AC71A4Y3	2,0	1,6	2,2	8,2	39,6	4,5
4AC71B4Y3	2,0	1,6	2,2	8,7	40,1	4,5
4AC80A4Y3	2,0	1,6	2,2	5,6	33,8	5,0
4AC80B4Y3	2,0	1,6	2,2	5,5	35,0	5,0
4AC90L4Y3	2,0	1,6	2,2	5,8	33,1	6,0
4AC100S4Y3	2,0	1,6	2,2	4,2	32,7	6,0
4AC100L4Y3	2,0	1,6	2,2	4,1	32,0	6,0
4AC112M4Y3	2,0	1,6	2,2	5,6	45,3	7,0
4AC132S4Y3	2,6	1,6	2,8	6,9	49,4	7,0
4AC132M4Y3	2,0	1,6	2,2	6,1	50,3	7,0
4AC160S4Y3	2,0	1,6	2,2	6,1	45,0	7,0
4AC160M4Y3	2,0	1,6	2,2	5,3	41,7	7,0
4AC180S4Y3	2,0	1,6	2,2	5,7	37,9	7,0
4AC180M4Y3	2,0	1,6	2,2	4,4	39,8	7,0
4AC200M4Y3	2,0	1,6	2,2	5,7	46,6	7,0
4AC200L4Y3	2,0	1,6	2,2	5,8	47,5	7,0
4AC225M4Y3	2,0	1,6	2,2	5,8	47,2	7,0
4AC250S4Y3	2,0	1,6	2,2	6,3	62,2	7,0
4AC250M4Y3	2,0	1,6	2,2	6,4	64,9	7,0
<b>Синхронная частота вращения 1000 об/мин</b>						
4AC71A6Y3	2,0	1,6	2,1	10,4	48,6	4,0
4AC71B6Y3	2,0	1,6	2,1	10,2	49,6	4,0
4AC80A6Y3	2,0	1,6	2,1	7,0	38,3	4,0
4AC80B6Y3	2,0	1,6	2,1	7,8	38,4	4,0
4AC90L6Y3	1,9	1,6	2,1	6,2	32,9	6,0
4AC100L6Y3	1,9	1,6	2,1	5,3	32,0	6,0

Продолжение приложения 6

4AC112MA6Y3	1,9	1,6	2,1	7,3	68,2	6,5
4AC112MB6Y3	1,9	1,6	2,1	8,5	66,3	6,5
4AC132S6Y3	1,9	1,5	2,1	6,4	47,0	6,5
4AC132M6Y3	1,9	1,5	2,1	5,8	48,0	6,5
4AC160S6Y3	1,9	1,5	2,1	7,7	59,2	6,5
4AC160M6Y3	1,9	1,5	2,1	7,8	54,6	6,5
4AC180M6Y3	1,9	1,5	2,1	7,6	44,4	6,5
4AC200M6Y3	1,9	1,5	2,1	7,3	43,9	6,5
4AC200L6Y3	1,9	1,5	2,1	6,2	45,0	6,5
4AC225M6Y3	1,9	1,5	2,1	6,9	53,1	6,5
4AC250S6Y3	1,9	1,5	2,1	5,4	46,2	6,5
4AC250M6Y3	1,9	1,5	2,1	3,8	47,6	6,5
<b>Синхронная частота вращения 750 об/мин</b>						
4AC71B8Y3	1,9	1,6	2,0	10,0	46,3	3,5
4AC80A8Y3	1,9	1,6	2,0	7,4	34,2	3,5
4AC80B8Y3	1,9	1,6	2,0	8,3	34,6	3,5
4AC90LA8Y3	1,8	1,6	2,0	6,7	32,0	3,5
4AC90LB8Y3	1,8	1,6	2,0	6,5	32,0	3,5
4AC100L8Y3	1,8	1,6	2,0	5,4	32,0	5,5
4AC112MA8Y3	1,8	1,6	2,0	9,5	62,3	6,0
4AC112MB8Y3	1,8	1,6	2,0	11,0	62,1	6,0
4AC132S8Y3	1,8	1,6	2,0	8,1	46,0	6,0
4AC132M8Y3	1,8	1,6	2,0	7,4	46,5	6,0
4AC160S8Y3	1,8	1,5	2,0	9,6	42,7	6,0
4AC160M8Y3	1,8	1,5	2,0	9,0	44,3	6,0
4AC180M8Y3	1,8	1,5	2,0	7,8	40,6	6,0
4AC200M8Y3	1,8	1,5	2,0	8,4	40,6	6,0
4AC225M8Y3	1,8	1,5	2,0	7,2	51,5	6,0
4AC250S8Y3	1,8	1,5	2,0	6,7	44,4	6,0

## ЭЛЕКТРОПРИВОД

Варианты заданий и методические указания к выполнению индивидуальной работы по курсам “Электротехника”, “Электротехника и электропривод” для студентов неэлектротехнических специальностей.

Подписано к печати 05.06.2003  
Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.  
Печать RISO. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,89.  
Тираж 135 экз. Заказ . Цена свободная.  
Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.