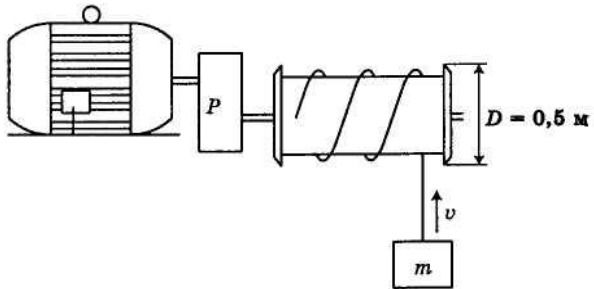


А. М. ДОНЧЕНКО, А. Г. СОШИНОВ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
АГРЕГАТОВ И УСТАНОВОК



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**КАМЫШИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. М. Донченко, А. Г. Сошинов

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
АГРЕГАТОВ И УСТАНОВОК**

*Учебное пособие*

**ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**



Волгоград  
2013

УДК 621.3:658.26(075.8)

Э 452

Рецензенты: коллектив кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А.; д. т. н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» СГТУ имени Ю. А. Гагарина С. Ф. Степанов.

Донченко, А. М. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АГРЕГАТОВ И УСТАНОВОК: Учеб. пособие по выполнению контрольных заданий для студентов-заочников / А. М. Донченко, А. Г. Сошинов. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – 72 с.

ISBN 978-5-9948-1242-6

Разработано в соответствии с обязательным минимумом содержания дисциплины «Электрический привод» на основании ФГОС ВПО направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника» и учебного плана бакалавриата для студентов заочной формы обучения. Даются необходимые теоретические положения по основным разделам дисциплины, приведены варианты контрольных заданий, изложены требования к их выполнению, а также методика и примеры их выполнения; даётся необходимый справочный материал. Окажет существенную помощь студентам-заочникам в выполнении контрольных заданий по дисциплине «Электрический привод». Позволит существенно углубить знания студентов по изучаемой дисциплине. Может быть полезно студентам очной формы обучения, изучающим электропривод.

Ил. 4. Табл. 24. Библиогр.: 10 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Волгоградского государственного технического университета

ISBN 978-5-9948-1242-6

© Волгоградский  
государственный  
технический  
университет, 2013

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение предмета дает студентам необходимые знания и навыки по устройству, выбору и управлению современными промышленными агрегатами и установками во всех сферах народного хозяйства. Данный предмет тесно связан с предметами общетехнического и специального циклов и требует знания основ автоматики и электроники, технической механики, черчения, электрических машин и других предметов.

Следует отметить, что наука об электрооборудовании промышленных агрегатов и установок продолжает быстро развиваться. В промышленном производстве широко внедряются новые технологии, все более совершенные образцы электрооборудования. Поэтому, изучая предмет, недостаточно ограничиться только проработкой технической литературы, следует использовать дополнительную литературу: заводские инструкции электрооборудования, каталоги Информэлектро и другие оперативные источники информации. С образцами новой техники желательно ознакомиться на практике, при этом важно установить их преимущества и эффективность.

Студенты, работающие на производстве, должны в полной мере использовать полученные знания в своей практической работе: способствовать внедрению достижений науки и техники в производство; выявлять и вносить конкретные предложения по модернизации и эффективному использованию электрооборудования и экономии электроэнергии; активно участвовать в рационализаторской работе.

Весь материал включён в одно учебное задание. Согласно учебному заданию выполняется контрольная работа. Учебным планом предусмотрено также выполнение лабораторных и практических работ. Практические работы студенты выполняют самостоятельно в межсессионный период.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 1. Основная литература

1. Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Москаленко. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
2. Москаленко, В. В. Электрический привод: учеб. пособие для СПО / В. В. Москаленко. – М.: Мастерство, 2011. – 368 с.
3. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода: учеб. пособие для вузов / Н. Ф. Ильинский. – 2-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 224 с.
4. Донченко, А. М. Автоматизированный электропривод. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А. М. Донченко. – Волгоград. ВолгГТУ: РПК "Политехник", 2007. – 136 с.
5. Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию / И. И. Алиев. – М.: Высшая школа, 2000. – 256 с.
6. Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учебник / В. П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ, 2004. – 407 с.
7. Электрическое и электромеханическое оборудование: Общепромышленные механизмы и бытовая техника: учеб. пособие для сред. проф. образования / Под ред. Е. М. Соколовой. – М.: Академия, 2006. – 224 с.

### 2. Дополнительная литература

8. Кацман, М. М. Электрические машины / М. М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с.
9. Келим, Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления: учеб. пособие СПО / Ю. М. Келим. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 384 с.

### 3. Методические указания

10. Выбор электрического привода и определение его динамических свойств: методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине "Электрический привод" / Сост. А. М. Донченко, С. В. Хавроничев. – Волгоград: ВолгГТУ, РПК "Политехник", 2007. – 18 с.

**УЧЕБНОЕ ЗАДАНИЕ**  
**РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**  
**1. Механические характеристики электроприводов**

**Практическое задание.** Расчет и построение механических характеристик двигателей постоянного и переменного токов.

**Литература:** [1, с. 23–25, 72–75, 148–157].

*Методические указания*

Учебный материал темы базируется на предмете «Электрические машины». Поэтому полезно восстановить в памяти принцип действия, устройство и основные характеристики электродвигателей постоянного и переменного токов. Затем надо усвоить новое понятие «электропривод». Полезно вычертить структурную схему электропривода, обозначив четыре его элемента и взаимные связи между ними.

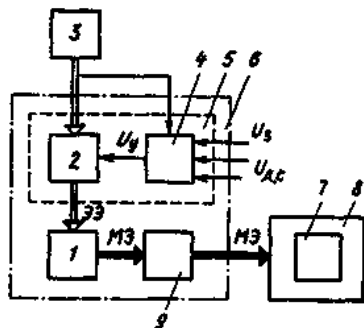


Рис. 1. Структурная схема электропривода

В общем случае электропривод состоит из четырех элементов: **преобразовательное устройство** – 2, **электродвигатель** – 1, **передаточное устройство** – 9, **управляющее устройство** – 4 (электрическая сеть – 3 и рабочие органы – 7 производственных машин – 8 не входят в состав электропривода). **Преобразовательное устройство** изменяет параметры электрической сети (ток, напряжение, частоту), чтобы они соответствовали условиям питания электродвигательного устройства. В практике используют полупроводниковые преобразователи частоты и тока, электромашинные преобразователи частоты и напряжения, магнитные усилители. В **электродвигательном устройстве** происходит преобразование электрической энергии в

механическую, которая через **передаточное устройство** направляется к рабочим органам производственной машины. Управление потоком энергии осуществляется **управляющим устройством**, выполненным из технических средств автоматики. Ознакомьтесь с классификацией электроприводов.

Выясните, какие электроприводы эксплуатируются на вашем промышленном предприятии и какие наиболее широко используются в технологическом процессе.

Необходимо знать историю развития электропривода, иметь в виду, что основы современного электропривода создали русские ученые Б. С. Якоби (1801–1874 гг.) и М. О. Доливо-Добровольский (1862–1919 гг.). Дальнейший вклад в развитие теории и практики электропривода внесли советские ученые С. А. Ринкевич, В. К. Попов, В. С. Кулебякин, М. Г. Чиликин, М. Г. Евреинов, Г. И. Назаров, П. Н. Листов и другие.

В настоящее время электропривод является энергетической базой индустриализации технологических процессов в промышленном производстве. Темпы его внедрения высоки. Электропривод потребляет более 60 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии.

Высокая производительность и эффективность **системы электродвигатель–производственная машина** во многом зависит от соответствия механических свойств электродвигателя свойствам машины. Чтобы установить это соответствие, надо знать механические характеристики электродвигателей и машин.

**Механическая характеристика производственной машины представляет собой зависимость ее момента статических сопротивлений от скорости вращения приводного вала:  $M_c = f(\omega)$ .**

На промышленные предприятия поставляются сотни производственных машин, имеющих различные механические характеристики. Эти характеристики объединяют по общим признакам в пять групп, см. [1, с. 23–24].

**Мощность, потребляемая производственной машиной**, равна произведению момента сопротивления на скорость:  $P_m = M_c \cdot \omega$ . Об этом надо помнить при ее эксплуатации. Например, центробежный насос имеет паспортную частоту вращения 2900 об/мин. Если его соединить муфтой с двигателем, имеющим номинальную частоту вращения 1450 об/мин, то момент сопротивления насоса уменьшится в 4 раза  $(2900/1450)^2$ , а потребляемая мощность – в 8 раз.

Производительность насоса будет в два раза меньше паспортной. Если насос, рассчитанный на частоту вращения 1450 об/мин, соединить с двигателем на 2900 об/мин, то потребляемая мощность возрастет в восемь раз и двигатель выйдет из строя. Иначе говоря, **механическая характеристика электродвигателя, его электромеханические свойства должны соответствовать механической характеристике приводной машины.** Чтобы установить это соответствие, надо знать механические характеристики не только машин, но и двигателей.

**Механические характеристики двигателей представляют зависимость угловой скорости вала от развиваемого электромагнитного момента в установившемся режиме работы, то есть  $\omega = f(M_e)$ .**

Рассматривая графики механических характеристик электродвигателей [1, с. 24], видим, что степень изменения скорости с изменением момента у различных двигателей различна и **характеризуется так называемой жесткостью.** Очень важное практическое значение имеет то, что **двигатели с мягкой характеристикой обладают лучшей по сравнению с двигателем с жесткой характеристикой перегрузочной способностью, то есть при перегрузках потребляют из сети меньший ток, следовательно, меньше нагреваются.**

Методики расчета и построения механических характеристик двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения и асинхронного двигателя рассмотрим на следующих примерах.

**Пример 1.** Рассчитать и построить естественные характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ), используя следующие его паспортные (номинальные) данные:

$$P_{\text{ном}} = 300 \text{ кВт}; U_{\text{ном}} = 440 \text{ В}; n_{\text{ном}} = 1250 \text{ об/мин}; I_{\text{ном}} = 750 \text{ А}.$$

*Решение:*

Для построения характеристик, представляющих собой прямые линии, достаточно рассчитать координаты двух точек: номинального режима и холостого хода.

1. Найдем номинальные скорость и момент двигателя:

$$\omega_{\text{ном}} = 2\pi n_{\text{ном}}/60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1250/60 = 131 \text{ рад/с};$$

$$M_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}/\omega_{\text{ном}} = 300\,000/131 = 2290 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Определим номинальный магнитный поток:

$$\Phi_{\text{ном}} = M_{\text{ном}}/I_{\text{ном}} = 2306/750 = 3,08 \text{ В} \cdot \text{с}.$$



3. Определим скорость идеального холостого хода:

$$\omega_0 = U_{\text{НОМ}}/k\Phi_{\text{НОМ}} = 440/3,08 = 144 \text{ рад/с.}$$

4. По координатам точек холостого хода ( $\omega = \omega_0$ ,  $I = M = 0$ ) и номинального режима ( $\omega = \omega_{\text{НОМ}}$ ,  $I = I_{\text{НОМ}}$ ,  $M = M_{\text{НОМ}}$ ) построим естественные электромеханическую  $\omega(I)$  и механическую  $\omega(M)$  характеристики.

**Пример 2.** Рассчитать и построить характеристики  $\omega(I)$  и  $\omega(M)$  при динамическом торможении и добавочном сопротивлении цепи якоря  $R_d = 0,01$  Ом. Номинальные данные ДПТНВ см. в примере 1.

**Пример 3.** Асинхронный двигатель (АД) типа МТН-312-6 имеет следующие данные:

$$\begin{aligned} P_{\text{НОМ}} &= 17,5 \text{ кВт, } n_{\text{НОМ}} = 945 \text{ об/мин; } U_{1\text{НОМ}} = 380 \text{ В; } f_1 = 50 \text{ Гц;} \\ I_{1\text{НОМ}} &= 43 \text{ А; } R_c = 0,34 \text{ Ом; } x_1 = 0,43 \text{ Ом; } R_p = 0,12 \text{ Ом;} \\ x_2 &= 0,25 \text{ Ом; } k = 2,66; \lambda_m = M_k/M_{\text{НОМ}} = 2,5. \end{aligned}$$

Рассчитать и построить естественные электромеханическую и механическую характеристики двигателя.

*Решение:*

1. Определим скорость идеального холостого хода:

$$\omega_0 = 2\pi f_1/p = 2 \cdot 3,14 \cdot 50/3 = 104,7 \text{ рад/с.}$$

2. Рассчитаем приведенные значения сопротивлений обмотки ротора и индуктивное сопротивление короткого замыкания:

$$\begin{aligned} x'_2 &= x_2 \cdot k^2 = 0,25 \cdot 7,08 = 1,8 \text{ Ом;} \\ R'_p &= R_p \cdot k^2 = 0,12 \cdot 7,08 = 0,89 \text{ Ом;} \\ x_k &= x_1 + x'_2 = 0,43 + 1,8 = 2,23 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

3. Определим характерные точки характеристики  $I_2(s)$ :

$$I_{K3} = I_{\text{нукс}} = U_{1\phi} / \sqrt{\left( R_c + R_2 \right)^2 + x_K^2} = 220 / \sqrt{(0,34 + 0,89)^2 + 2,23^2} = 87,1 \text{ А}$$

$$s_1 = - R_p/R_c = -0,89/0,34 = -2,6;$$

$$I_{\text{max}} = U_{1\phi} / x_k = 220/2,23 = 99,5 \text{ А;}$$

$$I_{\infty} = U_{1\phi} / \sqrt{R_1^2 + x_K^2} = 220 / \sqrt{0,34^2 + 2,23^2} = 98,4 \text{ А}$$

4. Для расчета электромеханической характеристики в формулу для вычисления  $I_2(s)$  подставим найденные значения параметров:

$$I_2' = U_{1\phi} / \sqrt{\left( R_c + R_2' / s \right)^2 + x_K^2} = 220 / \sqrt{(0,34 + 0,89/s)^2 + 2,23^2}$$

5. Для расчета механической характеристики определим сначала координаты точек номинального и критического моментов:

$$\begin{aligned}\omega_{\text{НОМ}} &= \pi \cdot n_{\text{НОМ}} / 30 = 3,14 \cdot 945 / 30 = 99 \text{ рад/с;} \\ s_{\text{НОМ}} &= (\omega_0 - \omega_{\text{НОМ}}) / \omega_0 = (104,8 - 99) / 104,8 = 0,07; \\ M_{\text{НОМ}} &= P_{\text{НОМ}} / \omega_{\text{НОМ}} = 17500 / 99 = 177 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{\text{К}} &= \lambda_{\text{М}} \cdot M_{\text{НОМ}} = 2,5 \cdot 177 = 442 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ s_k &= R_p' / \sqrt{R_c^2 + x_K^2} = 0,89 / \sqrt{0,34^2 + 2,23^2} = 0,4 \\ a &= R_c / R_2 = 0,34 / 0,89 = 0,34.\end{aligned}$$

6. Используя полученные значения, получим расчетную формулу:  
 $M = 2M_{\text{К}} (1 + as_k) / (s/s_k + s_k/s + 2as) = 1018 / (s/0,4 + 0,4/s + 0,3)$ .

7. Задаваясь скольжением  $s$ , рассчитаем значения тока и момента:

$s$	-3	-2,6	-0,5	0	0,07	0,4	1	1,5
$\omega$ , рад/с	419,2	337	157,2	104,8	99	62,9	0	-52,4
$I'_{2, A}$	99,4	99,5	83,4	0	16,6	64,7	87,1	91,8
$M$ , Н · м	-120	-160	-582	0	177	442	316	234

8. Используя полученные данные, строим естественные электро-механическую 1 и механическую 2 характеристики (рис. 2).

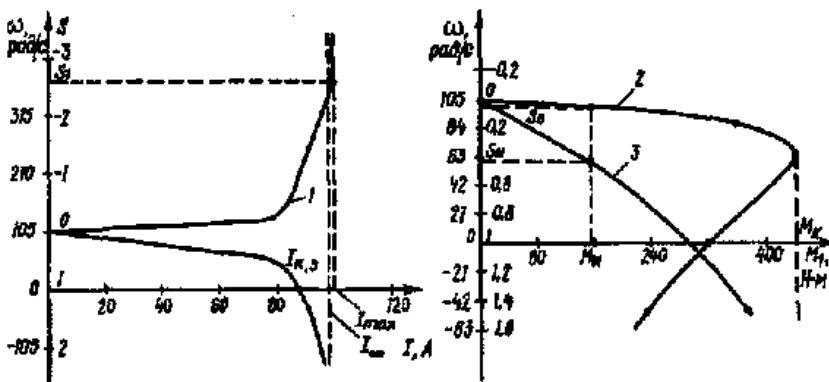


Рис. 2. Естественные характеристики

**Пример 4.** Паспортные данные АД с короткозамкнутым ротором типа 4А160S:  $P_{\text{ном}} = 15$  кВт;  $n_{\text{ном}} = 1465$  об/мин;  $I_{1\text{ном}} = 29,3$  А;  $\lambda_M = M_K/M_{\text{ном}} = 2,3$ ;  $\lambda_1 = I_{1Г}/I_{1\text{ном}} = 7$ ;  $f_{1\text{ном}} = 50$  Гц;  $U_{1\text{ном}} = 380$  В. Рассчитать естественную механическую характеристику АД.

*Решение:*

1. Определим номинальную угловую скорость:

$$\omega_{\text{ном}} = 2\pi n_{\text{ном}} / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1465/60 = 153 \text{ рад/с.}$$

2. Определим скорость идеального холостого хода, номинальные момент и скольжение:

$$\omega_0 = 2\pi f_1/p = 2 \cdot 3,14 \cdot 50/2 = 157 \text{ рад/с.}$$

$$M_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}/\omega_{\text{ном}} = 15\,000/153 = 98 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{\text{ном}} = (\omega_0 - \omega_{\text{ном}}) / \omega_0 = (157 - 153)/157 = 0,025.$$

Полученных данных достаточно для приближенного построения рабочего участка механической характеристики АД по двум точкам – номинальной ( $\omega_{\text{ном}}$ ,  $M_{\text{ном}}$ ) и холостого хода ( $\omega_0$ , 0). Для получения полной механической характеристики продолжим расчет.

3. Определим критический момент АД:

$$M_K = \lambda_M \cdot M_{\text{ном}} = 2,3 \cdot 98 = 225 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

и критическое скольжение АД (приняв знак «+»):

$$s_k = s_{\text{ном}} \left( \lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1} \right) = 0,0025 \left( 2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1} \right) = 0,11$$

4. Подставив найденные значения в формулу, получим:

$$M = 2M_K/(s/s_k + s_k/s) = 2 \cdot 225/(s/0,11 + 0,11/s).$$

Задаваясь рядом значений  $s$  от 1 до 0, определим соответствующие значения момента:

$s$	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,11	0
$\omega$ , рад/с	0	31,4	62,8	94,2	126	151	157
$M$ , Н·м,	48,9	60,7	79,8	115	190	225	0

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какую зависимость выражает механическая характеристика производственной машины и электродвигателя?
2. Как зависит вращающий момент асинхронного электродвигателя от напряжения?
3. Начертите и объясните особенности схемы включения трехфазного электродвигателя для работы в однофазной сети.

## 2. Переходные режимы в электроприводах

Литература: [1, с. 27–36].

### *Методические указания*

Изучение переходных процессов имеет большое значение. Правильный выбор мощности электродвигателей, выбор аппаратов и расчет схем управления основаны на знании переходных процессов электроприводов. Теория переходных процессов используется также в разработке мероприятий экономии энергии при пуске и торможении электроприводов.

При этом стремятся к сокращению длительности переходных процессов. Особенно большое значение приобретают эти процессы при проектировании электроприводов поточно-производственных линий.

Переход электропривода из одного установившегося состояния в другое происходит не мгновенно, а постепенно. Продолжительность переходного процесса зависит от характера протекания трех основных физических процессов: изменения частоты вращения, изменения тока в обмотках двигателя и изменения нагрева его активных частей.

Протекание этих процессов характеризуется инерционностью. На изменение частоты вращения оказывает влияние механическая инерция вращающихся частей электропривода; индуктивность замедляет изменение силы тока в обмотках двигателя; изменение нагрева активных частей двигателя характеризуется тепловой инерцией. Скорость протекания переходных процессов оценивается постоянной времени. По видам инерции вводится понятие об электромеханической, электромагнитной и тепловой постоянной времени.

Механическая инерционность ощутима всегда, а электромагнитная и тепловая могут быть несущественными и мало влиять на характер протекания переходного процесса.

Рассматривая механические переходные процессы, необходимо уяснить, что целью рассмотрения неустановившегося движения является получение зависимостей механических переменных (координат) ЭП-моментов, скорости и угла поворота вала двигателя от времени, а также уяснить методику определения продолжительности

разгона электропривода при переменном механическом моменте.

Изучая потери энергии в электроприводах, обратите внимание на то, что мощность потерь является важнейшим экономическим показателем. Снизить потери энергии при пуске и торможении можно практическим путем правильного выбора электродвигателей, обладающих малой инерцией ротора, а также применением регуляторов напряжения.

### ***Вопросы для самоконтроля:***

1. Напишите уравнение движения электропривода в случае электрического торможения при опускании груза. 2. Как определить время пуска электропривода под нагрузкой при постоянном динамическом моменте? 3. У какого из этих двигателей при одинаковой нагрузке наибольшее время для пуска? 4. Как можно использовать переходной процесс в обмотках короткозамкнутого асинхронного двигателя для электродинамического торможения без возбуждения двигателя постоянным током и без применения конденсаторов?

## **3. Расчет мощности электроприводов**

**Практические занятия.** 1. Расчет мощности и выбор электродвигателя при продолжительном режиме с переменной нагрузкой. 2. Расчет мощности и выбор электродвигателя при повторно-кратковременном режиме.

**Литература:** [1, с. 310–329; 2, с. 209–226; 10].

### ***Методические указания***

Для электропривода промышленных установок выбирают асинхронные короткозамкнутые двигатели, как наиболее простые по устройству и управлению, надежные в эксплуатации и имеющие высокие технико-экономические показатели.

*Электродвигатели выбирают в строгом соответствии с:*

а) режимом работы, мощностью и механической характеристикой производственной машины; б) напряжением и частотой питающей сети; в) климатическими условиями и параметрами окружающей среды. При этом учитывают экономические показатели.

В результате выбора электродвигателя устанавливают следующие параметры: режим работы, номинальные величины

(мощность, частота вращения, сила тока, напряжение и др.), конструктивное исполнение; экономические показатели (годовая наработка, цена электроэнергии и электрооборудования).

Методика выбора электродвигателя рассмотрена на типовых примерах [1, с. 314, 328–329; 2, с. 213–214, 225–226; 10].

Рассматривая решение типовых примеров, нужно уяснить, что основой для расчета мощности и выбора электродвигателя являются: нагрузочная диаграмма и диаграмма скорости (тахограмма) исполнительного органа рабочей машины.

Нагрузочная диаграмма исполнительного органа рабочей машины представляет собой график изменения приведенного к валу двигателя статического момента нагрузки во времени  $M_c(t)$ . Эта диаграмма рассчитывается на основании технологических данных, характеризующих работу машин и механизмов, и параметров механической передачи. Диаграмма скорости, или тахограмма, представляет собой зависимость скорости движения исполнительного органа от времени  $v_{ин}(t)$  или  $\omega_{ин}(t)$ . После выполнения операции приведения эти зависимости изображаются в виде графика изменения скорости вала двигателя во времени  $\omega(t)$ .

В практике большинство электроприводов работают в продолжительном режиме с малоизменяющейся нагрузкой. В этом случае мощность двигателя можно определить по справочникам, заводским инструкциям и другой технической документации. В справочнике по автоматизированному электроприводу (ред. В. А. Елисеев и А. В. Шинянский – М.: Энергоатомиздат, 1983) на стр. 556...566 приведены аналитические и эмпирические формулы мощности электродвигателей для привода более пятидесяти различных промышленных машин. Эти формулы можно использовать в своей практической деятельности.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Как определить мощность двигателя опытным путем? 2. Определить мощность и выбрать двигатель для производственного механизма. Нагрузочная диаграмма машины состоит из прямоугольных участков:  
а)  $P_1 = 3,5$  кВт;  $P_2 = 8$  кВт;  $P_3 = 4$  кВт;  $t_1 = 10$  с;  $t_2 = 20$  мин;  $t_3 = 50$  с;  $t_0 = 480$  с; б)  $P_1 = 12$  кВт;  $P_2 = 3$  кВт;  $P_3 = 2,5$  кВт;  $P_4 = 1$  кВт;  $t_1 = 20$  мин;  $t_2 = 30$  мин;  $t_3 = 40$  мин;  $t_4 = 20$  мин. 3. Проанализируйте состояние

парка электродвигателей на объекте своей работы: а) имеются ли двигатели старых серий?; б) соответствует ли исполнение двигателей рекомендациям РТМ?; в) соответствует ли мощность установленных двигателей мощностям и режимам работы машины?; г) какой эффект ориентировочно можно получить заменой двигателей старых серий двигателями серии АИР?

#### **4. Энергетика электроприводов**

**Практическое занятие.** Определение коэффициента мощности и коэффициента полезного действия (КПД) электродвигателя при различной нагрузке.

**Литература:** [1, с. 273–306].

##### *Методические указания*

Понятие «Энергетика электроприводов» включает в себя вопросы потребления и преобразования электроэнергии в электроприводах, которые характеризуются специальными показателями. К таким показателям относятся КПД, коэффициент загрузки и энергоёмкость. Сравнивая энергетические показатели различных электроприводов, можно установить их экономичность. При равных условиях эксплуатации наиболее экономичным будет электропривод с минимальными потерями и расходом электроэнергии на единицу продукции.

При сравнении показателей следует учитывать зависимость КПД двигателя от нагрузки и потерь. Асинхронные двигатели и двигатели постоянного тока имеют максимум КПД при нагрузках, несколько меньших номинальных. Кроме этого, значения КПД растут с увеличением габаритов двигателя. Например, двигатель АИР63В4У3 мощностью 0,37 кВт при номинальной нагрузке имеет КПД, равный 67 %, а двигатель АИР200М4У3 мощностью 37 кВт – 92,5 %. Это объясняется тем, что чем крупнее двигатель, тем труднее отводится выделяемая теплота. Поэтому при производстве двигателей снижают плотность электрического тока в его

обмотках, что вызывает уменьшение потерь и повышение КПД.

Важным энергетическим показателем является коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ). Чем выше  $\cos \varphi$ , тем меньше потребляемая реактивная мощность, тем меньше загружаются питающие электрические сети. В зависимости от значения  $\cos \varphi$  асинхронные двигатели на один киловатт активной мощности потребляют из электрической сети 0,5...0,75 кВар реактивной мощности.

Следует иметь в виду, что  $\cos \varphi$  не дает четкого представления о динамике изменения реактивной мощности. Например, при изменении  $\cos \varphi$  с 0,95 до 0,94 реактивная мощность изменяется на 3 %, а при изменении  $\cos \varphi$  с 0,99 до 0,98 приращение реактивной энергии составит уже 6 %.

Поэтому в нормативные документы вместо  $\cos \varphi$  введено соотношение  $K_{рм} = P_p/P = \operatorname{tg} \varphi$ , называемое коэффициентом реактивной мощности. Организации энергосбыта производят расчеты с двухставочными потребителями с учетом значений  $\operatorname{tg} \varphi$ .

Внимательно рассмотрите способы улучшения  $\cos \varphi$ , которые имеют большое народнохозяйственное значение. Если в промышленных технологиях страны повысить  $\cos \varphi$  только на 1 %, то это сэкономит около 10 млрд. кВт·ч электроэнергии в год.

В энерго-экономических расчетах используют также коэффициент загрузки электродвигателя по мощности:  $K_3 = P_{ср} \cdot \eta_{ном}/P_{ном}$ , где  $P_{ср}$  – среднее значение активной мощности, принятое по нагрузочной диаграмме (площадь диаграммы  $P = f(t)$ , деленная на ее длину);  $P_{ном}$ ,  $\eta_{ном}$  – номинальная мощность и КПД двигателя. Загрузка электродвигателя считается нормальной, если выполняется условие  $0,7 < K_3 < 1$ .

Удельную зависимость технологического процесса определяют так:  $a = P_{ср}/\Pi$  (кВт·ч/т; кВт·ч/м<sup>3</sup>), где  $\Pi$  – производительность (подача) машины, т/ч, м<sup>3</sup>/ч. Для агрегата, на котором установлено несколько двигателей  $a = W/\Pi_p$  (кВт·ч/т; кВт·ч/м<sup>3</sup>), где  $W$  – количество электроэнергии, затраченной на выполнение технологического процесса, кВт·ч;  $p_o$  – количество продукции, т, м<sup>3</sup>.



## 5. Аппаратура управления и защиты электродвигателей

### Лабораторные работы

1. Исследование нереверсивных и реверсивных электромагнитных пускателей.
2. Исследование защиты электродвигателя с устройством УВТЗ.
3. Исследование устройств защиты от неполнофазных режимов.

**Практическое занятие.** Выбор пусковой и защитной аппаратуры.

**Литература:** [1; 2].

### *Методические указания*

Данная тема имеет большое значение, так как в ней рассматриваются аппараты управления и защиты, своеобразные «кирпичики» современных автоматических устройств.

В результате изучения этой темы студенты должны знать устройство, принцип действия, технические данные и область применения современных аппаратов, а также усвоить методику их выбора.

Для студентов-производственников основной материал темы известен. Поэтому главное внимание следует обратить на изучение новой техники. С образцами новых аппаратов необходимо ознакомиться на производстве или в лаборатории учебного заведения. Кроме того, следует хорошо освоить методику выбора аппаратуры, запомнить теоретические рекомендации и применять их на практике.

При выборе пускателей пользуйтесь Приложением 5, в котором приведены технические данные пускателей серии ПМЛ. Пускатели комплектуются тепловым реле РТЛ (Приложение 6). Характерным для реле является трехполюсное исполнение с ускорением срабатывания при неполнофазном режиме. Масса реле в 2...4 раза меньше, чем у реле ТРН и ТРП, соответственно меньше и габаритные размеры, значительно ниже инерционность.

Пускатели выбирают категории АС-3. Они предназначены для прямого пуска двигателей с короткозамкнутым ротором и поэтому должны быть рассчитаны на шестикратный толчок пускового тока. Поэтому сила номинального тока пускателя должна быть равна или несколько больше шестой части силы пускового тока двигателя,  $I_{ном п} = I_{пуск}/6$ . Только в этом случае будет обеспечена нормальная коммутация.

**Пример 1.** Выбрать пускатель для двигателя АИР132М2У3:  
 $P_{\text{ном}} = 11 \text{ кВт}$ ;  $I_{\text{ном}} = 21,1 \text{ А}$ ;  $K_{\text{пуск}} = 7,5$ ;  $I_{\text{пуск}} = 158,25 \text{ А}$ .

**Решение.** Выбор пускателя осуществляем по двум условиям.

*Условие 1.* Сила номинального тока пускателя должна быть равна или несколько больше силы номинального тока двигателя

$$I_{\text{ном п}} \geq I_{\text{ном д}}; I_{\text{ном п}} \geq 21,1 \text{ А}.$$

По Приложению 5 выбираем предварительно пускатель второй величины, у которого  $I_{\text{ном п}} = 25 \text{ А}$ .

*Условие 2.* Сила номинального тока пускателя должна быть несколько больше шестой части пускового тока двигателя:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{пуск}}/6; I_{\text{ном п}} \geq 158,25/6 = 26,37 \text{ А}.$$

Как видно, пускатель второй величины по условиям коммутации не проходит. Поэтому выбираем более мощный пускатель третьей величины. Затем выбираем тип и исполнение пускателя. Выбираем тепловое реле РТЛ-102204 с пределами регулирования 18...25 А (Приложение 6).

При выборе предохранителей следует отдавать предпочтение предохранителям серии ППЗ1 с токоведущими частями из алюминия (табл. 1).

Таблица 1

Технические данные предохранителей серии ППЗ1

Тип предохранителя	Напряжение цепи, В	Сила тока патрона, А	Сила номинального тока плавких вставок, А
ППЗ1-29	660	63	4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
ППЗ1-33	660	160	50, 63, 80, 100, 125, 160
ППЗ1-35	660	250	125, 160, 200, 250

Предохранители серии ППЗ1 хорошо зарекомендовали себя на практике. Они сочетают в себе инерционность срабатывания при перезагрузках и быстрдействие при коротких замыканиях. Кроме этого, экономится медь, цинк, свинец, олово.

Для коммутации и защиты силовых цепей двигателей следует выбирать автоматические выключатели серии АЕ-20, АП50Б и ВА-51; для мощных двигателей – АЗ700 и ВА (Приложение 4).

Уставки для устройств защитного отключения (УЗО) в зависимо-

сти от силы тока нагрузки и места установки выбирают по табл. 2.

Таблица 2

Рекомендованные значения уставок УЗО для сетей 380-220 В  
с глухозаземленной нейтралью

Потребитель	Уставка при силе номинального тока нагрузки в зоне защиты, А								
	10 16	25	40	63	100	160	250	400	630
Одиночный	0,01	0,01	0,03	0,03	0,1	0,3	0,5	0,5	1,0
Групповой	0,01	0,03	0,03	0,1	0,3	0,5	0,5	1,0	1,0

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Каковы правила выбора коммутационных аппаратов силовых цепей?
2. Каковы правила выбора пускателей и тепловых реле?
3. Каковы правила выбора предохранителей и автоматов?
4. Как выбирать устройства защитного отключения?

**6. Автоматическое управление электроприводами**

**Лабораторная работа.** Монтаж, наладка и испытание схемы автоматического пуска и торможения электропривода с асинхронным электродвигателем.

**Литература:** [1; 2].

**Методические указания**

На производстве электрики выполняют работы по монтажу, наладке и эксплуатации различных электроприводов. Указанные работы требуют знания принципов управления и умения читать электрические схемы. Поэтому вначале надо ознакомиться с классификацией электрических схем. *Основное внимание следует уделить изучению правил выполнения и чтения принципиальных схем, так как они являются основными.*

На принципиальных схемах изображают все элементы устройства и все электрические связи между ними. Элементы изображают в виде условных графических обозначений согласно действующим Госстандартам. Обозначения общего применения изображают согласно ГОСТ 2.721-74, резисторов и конденсаторов – согласно ГОСТ 2.728-74, коммутационных устройств и контактных

соединений – согласно ГОСТ 2.755-87, предохранителей – согласно ГОСТ 2.727-68, полупроводниковых приборов – согласно ГОСТ 2.730-73, электрических машин – согласно ГОСТ 2.722-68, электроизмерительных приборов – согласно ГОСТ 2.729-68. В соответствии с ГОСТ 2.702-75 каждому элементу присваивают определенное обозначение, состоящее из комбинации букв латинского алфавита, арабских цифр. Указанные стандарты входят в *Единую систему конструкторской документации (ЕСКД)*.

Изучив основные правила выполнения электрических схем, приступают к рассмотрению принципов управления электродвигателями. Рациональная методика изучения этого материала заключается в следующем.

Вначале вычерчивают (от руки) изучаемую типовую схему, затем прорабатывают соответствующий текст учебного пособия, после чего отвечают на следующие вопросы: какой принцип управления положен в основу действия схемы, какие аппараты используются в схеме и как они выбираются, каково взаимодействие аппаратов в различных режимах работы схемы, как осуществляется защита элементов схемы, как ее можно улучшить?

#### **РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Основная цель работы над принципиальной схемой – наглядно и просто изобразить в условном виде аппараты и устройства, участвующие в схеме, показать взаимную электрическую связь между их отдельными элементами с учетом последовательности работы, составить спецификацию и дать краткое описание работы схемы, т. е. дать представление о принципе действия. При разработке схемы необходимо использовать типовые узлы пуска и торможения. Схема должна удовлетворять следующим общим условиям: двигатель реверсируется; скорость двигателя регулируется (используются пусковые сопротивления).

В целом схема состоит из ряда электрических цепей, расположенных слева направо и сверху вниз в порядке последовательно-

сти действия отдельных элементов во времени. Условные обозначения вычерчивают согласно действующих ГОСТ и Приложений 7 и 8 в которых собраны основные условные обозначения. Все элементы вычерчивают для отключенного состояния электросхемы. Элементы одного и того же аппарата снабжаются одинаковым буквенно-цифровым позиционным обозначением. Обязательной частью позиционного обозначения является буквенное обозначение вида элемента на первом месте и цифровое обозначение его номера на втором. Дополнительная часть позиционного обозначения – это буква, указывающая функцию элемента. Так, например, позиционное обозначение К4Н указывает, что это реле с порядковым номером 4 используется для сигнализации (буква Н).

Если необходимо обозначить контакт какого-либо элемента, следует после позиционного обозначения этого элемента поставить знак « : » и цифру, указывающую номер контакта. Так обозначение К4Н:3 указывает, что это третий контакт сигнального реле К4. Элементы можно обозначать одной буквой – обязательно первой буквой кода. Для уточнения вида элемента применяют многобуквенный код. Так, например, в трехбуквенном коде, НLR первая (обязательная) буква Н означает сигнальный элемент, вторая буква L уточняет, что это сигнальная лампа, а третья буква R уточняет, что лампа с красной линзой.

Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов приведены в Приложении 8.

Если в принципиальную схему введены устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, то каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы и присваивают ему однопозиционное обозначение и изображают его в виде прямоугольника. Все элементы, входящие в схему, должны быть однозначно определены на принципиальной схеме. Данные об элементах записывают в перечне, выполненном в форме табл. 3, имеющей следующий вид.

## Перечень элементов и устройств

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
АС1	Блок сигнализации АБВГ-021	1	
С1, С2	Конденсатор КМ-3А-Н-30-0,22	2	
Р7, R8	Резисторы МЛТ-0,25-470 Ом 10 %	3	

При вычерчивании схем управления катушки электрических аппаратов, как правило, располагают справа, а контакты, воздействующие на эти катушки – слева.

Спроектированная принципиальная схема станции управления (блока управления), как правило, включает в себя: аппараты ручного управления – рубильники, переключатели, пакетные выключатели, кнопки, кнопочные посты, ключи управления, командоаппараты, контроллеры; аппараты автоматического управления – реле, контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели. Выбор аппаратуры ручного управления осуществляется по предельной разрывной способности, т. е. исходя из условия, чтобы номинальный ток выбранного аппарата не был меньше длительного тока включаемой и выключаемой цепи, где этот аппарат установлен. Аппараты автоматического управления выбирают по потребляемой мощности катушки, по напряжению, на которое включен данный аппарат, по номинальному току силовых контактов (для контакторов) и по предельной разрывной способности контактов реле. Кроме того, необходимо выбирать коммутационную аппаратуру по количеству замыкающих и размыкающих контактов, которые необходимы для коммутации спроектированной электрической цепи.

**На рис. 3 изображена типовая схема пуска двигателя постоянного тока в две ступени в функции ЭДС и динамического торможения в функции времени.** В этой схеме в качестве датчика ЭДС используется якорь двигателя М, к которому подключены катушки контакторов ускорения КМ1 и КМ2. С помощью регулировочных резисторов  $R_{д2}$  и  $R_{д1}$  эти

контакты настраиваются на срабатывание при определенных скоростях двигателя. Для осуществления торможения в схеме предусмотрен резистор  $R_{д3}$ , подключение и отключение которого осуществляется контактором торможения  $KМ3$ . Для обеспечения необходимой при торможении выдержки времени используется электромагнитное реле времени  $KТ$ , замыкающий контакт которого включен в цепь катушки контактора торможения  $KМ2$ .

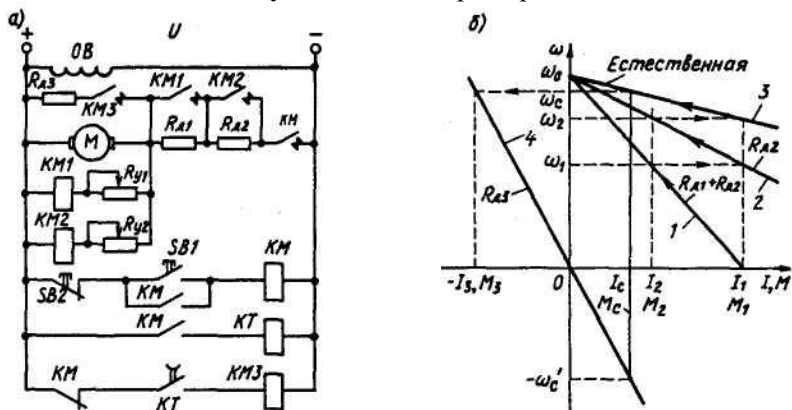


Рис. 3. Типовая схема пуска двигателя постоянного тока в две ступени

После подключения схемы к источнику питания происходит возбуждение ДПТ, при этом все управляющие аппараты схемы остаются в исходном положении. Пуск ДПТ осуществляется нажатием кнопки  $SB1$ , что приводит к срабатыванию линейного контактора  $KМ$ , подключению двигателя к источнику питания и началу его разбега с включенными резисторами в цепи якоря  $R_{д1} + R_{д2}$  по характеристике 1 (рис. 3,б). По мере увеличения скорости растет ЭДС двигателя и соответственно напряжение на катушках контакторов  $KМ1$  и  $KМ2$ . При скорости  $\omega_1$  срабатывает контактор  $KМ1$ , закорачивая своим контактом первую ступень пускового резистора  $R_{д1}$ , и двигатель начинает работать по характеристике 2. При скорости  $\omega_2$  срабатывает контактор  $KМ2$ , закорачивая вторую ступень пускового резистора  $R_{д2}$ . При этом двигатель выходит на работу по естественной характеристике 3 и заканчивает свой разбег в точке установившегося режима, определяемой пересечением естественной характеристики 3 двигателя и характеристики нагрузки  $\omega (M_c)$ .

Для перехода к режиму торможения необходимо нажать кнопку SB2. При этом произойдет следующее. Катушка контактора КМ потеряет питание, разомкнется замыкающий силовой контакт КМ в цепи якоря ДПТ и последний отключится от источника питания. Размыкающий же блок-контакт КМ в цепи катушки контактора торможения КМ3 замкнется, последний сработает и своим главным контактом подключит резистор  $R_{дз}$  к якорю М, переводя ДПТ в режим динамического торможения по характеристике 4 (рис. 3,б). Одновременно разомкнется замыкающий контакт контактора КМ в цепи реле времени КТ, оно потеряет питание и начнет отсчет выдержки времени. Через интервал времени, соответствующий снижению скорости ДПТ до нуля, реле времени отключится и своим контактом разорвет цепь питания контактора КМ3. При этом резистор  $R_{дз}$  отключается от якоря М двигателя, торможение заканчивается и схема возвращается в свое исходное положение.

Типовые схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором, которые рассчитываются в основном на среднюю и большую мощности, должны предусматривать ограничение токов при пуске, реверсе и торможении с помощью добавочных резисторов в цепи ротора. В некоторых случаях резисторы в цепь ротора включаются с целью увеличения пускового момента двигателя.

**Изображенная на рис. 4 схема пуска асинхронного двигателя в одну ступень в функции времени и торможения противовключением в функции ЭДС работает следующим образом.** После подачи напряжения происходит включение реле времени КТ, которое своим размыкающим контактом разрывает цепь питания контактора КМ3, предотвращая тем самым его включение и преждевременное закорачивание пусковых резисторов в цепи ротора.

При нажатии кнопки SB1 включается контактор КМ1, статор подсоединяется к сети, электромагнитный тормоз YB растормаживается и начинается разбег двигателя. Включение контактора КМ1 одновременно приводит к срабатыванию контактора КМ4, который своими контактами шунтирует ненужный при пуске резистор противовключения  $R_{д2}$ , а также разрывает цепь катушки реле времени КТ.



Последнее, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени, после чего замыкает свой контакт в цепи катушки контактора КМ3, который, срабатывая, шунтирует пусковой резистор  $R_{д1}$  в цепи ротора, и АД выходит на свою естественную характеристику.

Управление торможением в схеме обеспечивает реле торможения КV, контролирующее уровень ЭДС (скорости) ротора. С помощью резистора  $R_p$  оно регулируется таким образом, чтобы при пуске ( $0 < s < 1$ ) наводимая в роторе ЭДС была бы недостаточна для включения, а в режиме противовключения ( $1 < s < 2$ ) — достаточна.

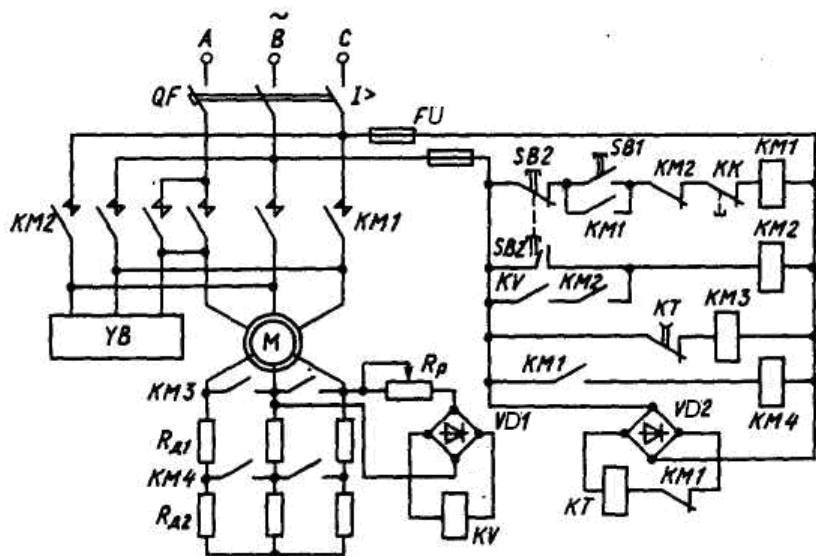


Рис. 4. Типовая схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором

Для осуществления торможения двигателя необходимо нажать двойную кнопку SB2, размыкающий контакт которой, разорвав цепь питания катушки контактора КМ1, отключит АД от сети, при этом разорвется цепь питания контактора КМ4 и замкнется цепь питания реле КТ, т. е. контакторы КМ3 и КМ4 отключаются, а в цепь ротора АД вводятся сопротивления  $R_{д1}$  и  $R_{д2}$ .

Нажатие кнопки SB2 одновременно приводит к замыканию цепи питания катушки контактора КМ2, который, включившись,

вновь подключает двигатель к сети, но уже с другим чередованием фаз сетевого напряжения на статоре, т. е. АД переходит в режим торможения противовключением. При этом реле KV срабатывает и после отпускания кнопки SB2 будет обеспечивать питание контактора KM2 через свой и его замыкающие контакты.

В конце торможения, когда скорость будет близка к нулю и ЭДС ротора уменьшится, реле KV отключится и своим размыкающим контактом разорвет цепь питания катушки контактора KM2. Последний, потеряв питание, отключит двигатель от сети, и схема придет в исходное положение. При этом тормоз YB, также потеряв питание, обеспечит фиксацию (торможение) вала АД.

### ***Задания для самостоятельной работы***

1. Вычертить в соответствии ГОСТ 2.702-75 схему управления насосной установкой [6;7].
2. Сравнить экономичность схем управления, выполненных в функции времени, силы тока, частоты вращения.

## РАЗДЕЛ II. ЭЛЕКТРОПРИВОД МАШИН, АГРЕГАТОВ И ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

### 1. Особенности работы электроприводов в условиях промышленного производства

**Практическое задание.** Проверка обеспечения запуска асинхронных короткозамкнутых электродвигателей от источников соизмеримой мощности и устойчивости работы включенных электродвигателей.

**Литература:** [4;5].

#### *Методические указания*

Изучая особенности работы электрооборудования в условиях промышленного производства, важно рассмотреть мероприятия, повышающие эксплуатационную надежность электрооборудования. Большое значение для работы электрооборудования имеет качество электроэнергии, которое характеризуется уровнем напряжения, частотой, формой кривой напряжения и степенью симметрии фазных напряжений. Рассмотрите влияние этих показателей на работу электрооборудования.

Важно знать, что работа электроприводов при пониженном напряжении убыточна. При изучении поточных линий следует сначала ознакомиться с основными понятиями и определениями: поток, ритм, поточная линия, связь, оборудование поточных линий. Необходимо уяснить значение широкого внедрения поточных линий в промышленное производство и эффективность, ознакомиться с принципами управления и с технологическими и электротехническими требованиями, предъявляемыми к электрическим схемам управления поточными линиями.

При изучении схем управления поточными линиями необходимо научиться устанавливать последовательность работы аппаратов управления. При этом удобно пользоваться специальной формой записи.

Условимся, что знак «+», стоящий перед позиционным обозначением аппарата, соответствует включенному его состоянию. Знак «-» показывает воздействие одного аппарата на другой, а знак « $\Delta t$ » – задержку в воздействии. Знак « $\rightarrow$ » выделяет группу аппаратов, задействованных в режиме работы.

**Задания для самостоятельной работы.** 1. Проведите обследование электрооборудования цеха, в котором вы работаете: а) каковы условия окружающей среды и как они влияют на надежность работы электрооборудования?; б) каковы показатели качества электроэнергии?; в) составить мероприятия надежности работы электропроводов. 2. Составить технологическую и электрическую схемы управления одной из поточных линий вашего хозяйства. Указать особенности схемы, ее достоинства и недостатки.

## 2. Электропривод насосных установок

**Лабораторная работа.** Исследование электропривода насосной установки.

**Практическое задание.** Выбор насосной установки для водоснабжения цеха.

**Литература:** [1; 5; 6].

### *Методические указания*

Наибольшее распространение в промышленном производстве получили установки с центробежными насосами, которые относятся к механизмам с продолжительным режимом работы и постоянной нагрузкой. Центробежные насосы пускаются обычно при закрытой напорной задвижке. При этом момент сопротивления на валу двигателя составляет 10...20 % номинального момента в начале пуска и 30...40 % – в конце.

При выборе электродвигателей для привода центробежных насосов следует согласовывать их частоты вращения. Например, центробежный насос имеет паспортную частоту вращения 2900 об/мин. Если этот насос соединить муфтой с двигателем, имеющим номинальную частоту вращения 1450 об/мин, то момент сопротивления насоса уменьшится в 4 раза, а потребляемая мощность – в 8 раз. Производительность насоса будет в два раза меньше паспортной. Если насос, рассчитанный на частоту вращения 1450 об/мин, соединить с двигателем, у которого  $n_{\text{ном}} = 2900$  об/мин, то потребляемая мощность возрастет в восемь раз и двигатель выйдет из строя.

В целях экономии электроэнергии полезно модернизировать парк насосов. Если центробежные насосы старых типов имели КПД, равный 0,4...0,7, то насосы новых конструкций – 0,6...0,8.

Важно также внедрять современные схемы автоматического управления электроприводами насосов. В процессе работы приходится выбирать насосные установки, исходными данными для выбора служат: расчетный напор, который должен создать насос, и среднесуточный расход воды в цеху, будем считать эти величины заданными. Зная среднесуточный расход воды, определяют максимальный часовой и секундный расходы.

Часовой расход:

$$Q_{\text{макс.ч}} = K_{\text{сут}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} / (T \cdot \eta_c) \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1},$$

где:  $K_{\text{сут}}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение суток (принимают равным 1,3);  $K_{\text{ч}}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение часа (для промышленных цехов  $K_{\text{ч}} = 2,5$ );  $T$  – время потребления воды (для типового графика водопотребления  $T = 14 \dots 16$  часов);  $\eta_c = 0,9$  – коэффициент, учитывающий потери воды в системе водоснабжения.

Секундный расход:

$$Q_{\text{макс.с}} = Q_{\text{макс.ч}} / 3600 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}.$$

По значениям часового расхода и расчетного напора выбирают насос, а по значениям секундного расхода и напора определяют мощность двигателя.

**Пример 1.** Выбрать автоматизированную башенную насосную установку для водоснабжения, если  $Q_{\text{ср.сут.}} = 35 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $H_p = 1800$  кПа. Определить максимальное число включений насоса, выбрать аппаратуру управления и защиты. Источник водоснабжения – артезианская скважина.

*Решение:*

1. Определяем максимальные часовой и секундный расходы воды:

$$Q_{\text{макс.ч}} = K_{\text{сут}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} / (T \cdot \eta_c) = 1,3 \cdot 2,5 \cdot 35 / (15 \cdot 0,9) \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1} = 8,4 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}.$$

$$Q_{\text{макс.с}} = Q_{\text{макс.ч}} / 3600 = 8,4 / 3600 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1} = 0,0023 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}.$$

2. Пользуясь табл. 4, выбираем погружной насос типа 1ЭЦВ6-10-185, у которого  $Q_H = 1 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $H_H = 1850$  кПа.

3. Определяем расчетную мощность и выбираем электродвигатель:  $P_p = Q_{\text{макс.ч}} \cdot H_p / (\eta_n \cdot \eta_{п})$ , где  $\eta_{п}$  – КПД передачи, при соединении муфтой  $\eta_n \approx 1$ ;  $\eta_n$  – КПД насоса, для центробежных насосов:

$$\eta_n = 06...08; P_p = 0,0023 \cdot 1850 / (1 \cdot 0,65) \text{ кВт} = 6,55 \text{ кВт}.$$

По табл. 5 выбираем электродвигатель типа 9ПЭДВ-8-140:

$$P_{\text{ном}} = 8 \text{ кВт}; I_{\text{ном}} = 18,0 \text{ А}; I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}} = 5,5.$$

Запас мощности составит:

$$\Delta P = (P_{\text{ном}} - P_p) / P_{\text{ном}} \cdot 100 \% = (8 - 6,55) / 8 \cdot 100 = 18,1 \%.$$

Из табл. 5 видим, что запас мощности для данного двигателя не должен быть менее 15 %. Это требование выполняется.

4. Определяем частоту включения насоса при типовом графике водопотребления:

$$Z = Q_{\text{ср. сут}} / V_p [1 - 0,054 Q_{\text{ср. сут}} / Q_n],$$

где:  $V_p$  – регулируемый объем водонапорной башни,

$$V_p = \pi D_b^2 \cdot h / 4, \text{ для башен типа БР – Дб} = 3 \text{ м}, h = 1 \text{ м и } V_p = 7,1 \text{ м}^3.$$

$$Z = 35 / 7,1 [1 - 0,054 (35 / 10)] = 4 \text{ вкл/сут или } Z = 0,17 \text{ вкл/ч},$$

что не превышает допустимого  $Z_{\text{доп}} = 6 \text{ вкл/ч}$ .

Таблица 4

Технические данные электронасосов

Насос			Электродвигатель				
Тип	$Q_n$	$H_n$ , кПа	Тип	$P_{\text{ном}}$ , кВт	$n_n$ , мин <sup>-1</sup>	$I_n$ , А	$I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}}$
1ЭЦВ6-4-130	4	1300	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,7
1ЭЦВ6-4-190	4	1900	9ПЭДВ-4,5-140	4,5	2850	10,7	6,1
3ЭЦВ6-6,3-60	6,3	600	ПЭДВ-2-140	2,0	2850	5,2	5,7
4ЭЦВ6-6,3-85	6,3	850	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,7
1ЭЦВ6-8-185	10	1850	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5
1ЭЦВ6-10-110	10	1100	6ПЭДВ-5,5-140	5,5	2850	12,6	6,1
3ЭЦВ6-10-140	10	1400	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5
3ЭЦВ6-16-140	16	1400	ПЭДВ-11-180	11	2850	24,2	5,5
2ЭЦВ8-25-150	25	1500	4ПЭДВ-16-180	16	2850	34,3	7,4
2ЭЦВ10-63-65	63	650	2ПЭДВ-22-219	22	2900	48,4	7,4
ЭЦВ10-120-60	120	600	ПЭДВ-32-219	32	2900	67,4	7,4
1ЭЦВ6-10-185	10	1850	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5

Рекомендуемые значения запаса мощности  
погружных электродвигателей

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	До 1,5	1,5...3,5	3,5...35	Более 35
Запас мощности, %	50	20	15	10

**Задания для самостоятельной работы.** Обследовать парк электронасосов в своем производстве: а) правильно ли выбраны электродвигатели для привода насосов?; б) какие насосы подлежат замене, как устаревшие?; в) какую экономию электроэнергии можно получить при замене насосов?; г) какие новые схемы автоматического управления насосами можно внедрить в производство?

### 3. Электропривод вентиляционных установок

**Лабораторная работа.** Исследование электропривода типовых систем вентиляции.

**Практическое задание.** Выбор электропривода вентиляционной установки для производственного помещения.

**Литература:** [6;7].

#### *Методические указания*

Вентиляционные установки широко применяются в промышленном производстве для создания нужного микроклимата в производственных помещениях. Поэтому необходимо ознакомиться с номенклатурой вентиляционного оборудования.

Для вентиляции помещений промышленность выпускает специализированное многовентиляторное оборудование «Климат». В оборудование входят: система с централизованным теплоснабжением («Климат-2», «Климат-3») и система с децентрализованной подачей тепла «Климат-М». «Климат-2» и «Климат-3» широко применяют на крупных производствах, имеющих свои котельные.

Важно уяснить преимущества многовентиляторных систем по сравнению с одновентиляторными, которые заключаются в возможности регулирования подачи воздуха в широких пределах. Это обеспечивает равномерное смешение приточного и внутреннего воздуха,

активную ассимиляцию вредно действующих газов и влаговыделений, создается равномерное температурное поле в помещении. Выпускаются также установки типа ПВУ-М (приточно-вытяжные установки). В этих установках совмещаются приток воздуха в помещении и вытяжка загрязненного воздуха за счет применения специального двухконтурного вентилятора. Применение многовентиляторных установок дает значительный экономический эффект.

Еще больший экономический эффект можно получить, если использовать вентиляционную установку с утилизацией теплоты 1Т-Ф-12, которая может работать как самостоятельное изделие, так и в составе оборудования «Климат».

Ознакомившись с номенклатурой вентиляционного оборудования, изучив принцип действия установок и особенности регулирования подачи вентиляторов, переходят к изучению методики выбора электропривода для приточных и вентиляционных установок. Управление современными вентиляционными установками осуществляют при помощи тиристорных регуляторов напряжения установленных: для установок ПВУ-М в шкафу Ш9202-4474УХЛЗ1; для установок «Климат 4М» в блоке А1 бесконтактного устройства «Климатика-1» (ТСУ-2-КЛУЗ). С технической характеристикой и принципом управления вентиляционных установок можно ознакомиться в табл. 7, 8, 10 и в [6;7].

Вентиляцию помещений рассчитывают по воздухообмену. Ориентировочно воздухообмен можно определить по формуле:

$L_v = M \cdot L_n$ , где  $M$  – суммарная масса людей, находящихся в помещении, кг;  $L_n$  – норма воздухообмена (табл. 6). Зная воздухообмен и подачу вентилятора (комплекта), определяют число вентиляторов (комплектов).

$N = L_v/q_v$ , где  $q_v$  – подача вентилятора (комплекта).

Таблица 6

Нормы вентиляционного обмена воздуха

Вентиляционный обмен воздуха ( $m^3 \cdot ч^{-1}$ ) на 1 кг массы человека		
Зимой	В переходные периоды	Летом не менее
0,15	0,45	0,60



**Таблица 7. Техническая характеристика комплектов  
вентиляционного оборудования**

Типоисполнение	Тип осевого вентилятора	Количество вентиляторов в комплекте	Подача воздуха при давлении 20 Па, тыс. м <sup>3</sup> /ч	Установленная мощность, кВт
Климат 45М	ВО-Ф-5,6А	16	95 ± 6	7,0
Климат 45М-01	ВО-Ф-5,6А	24	145 ± 10	10,0
Климат 45М-02	ВО-Ф-5,6А	6	36 ± 2,4	2,5
Климат 45М-03	ВО-Ф-5,6А	14	84 ± 5,0	6,0
Климат 45М-04	ВО-Ф-5,6А	18	105 ± 7,0	7,5
Климат 47М	ВО-Ф-7,1А	14	140 ± 15	10,0
Климат 47М-01	ВО-Ф-7,1А	24	240 ± 15	15,0
Климат 47М-02	ВО-Ф-7,1А	8	80 ± 5,0	5,0
Климат 47М-03	ВО-Ф-7,1А	10	100 ± 7	6,25
Климат 47М-04	ВО-Ф-7,1А	12	120 ± 8	7,5
Климат 48	ВО-Ф-8,5	24	432	26,4

**Таблица 8. Техническая характеристика осевых вентиляторов типа ВО-Ф**

Параметры	ВО-Ф-5,6А	ВО-Ф-7,1А	ВО-Ф-8,5
Диаметр рабочего колеса, мм	560	710	850
Объемная подача, м <sup>3</sup> /ч, при статическом давлении	6000 ± 500	10500 ± 1000	18750 ± 1250
Максимальный КПД вентилятора, %	67	67	–
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	940	930	930
Тип электродвигателя	4АПА80-06У2	4АПА80-А6У2	4АПА906У2
Мощность электродвигателя, кВт	0,37	0,55	1,1
Удельная энергоемкость, кВт·ч/тыс.·м <sup>3</sup>	0,048	0,055	0,062

**Пример 2.** Выбрать центробежные вентиляторы приточной системы производственного помещения, в котором находится 1300 человек, средняя масса человека 60 кг. Полное давление вентилятора 1250 Па.

*Решение:*

1. Воздухообмен в переходный период:

$$L_v = M \cdot L_n = 1300 \cdot 53 \cdot 0,45 = 31005 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}.$$

2. Из табл. 11 выбираем номер центробежного вентилятора В-Ц4-75, исходя из условия:  $L_{н.в} \geq L_v$ ,  $H_n \geq H_p$  и выписываем его техническую характеристику. К установке принимаем вентилятор В-Ц4-75-10:  $L_{н.в} = 31,58$  тыс.  $\text{м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ;  $H_n = 1689$  Па,  $n_m = 970$   $\text{мин}^{-1}$ . По аэродинамической характеристике вентилятора уточняем значение КПД при  $H_p = 1250$  Па,  $\eta = 0,85$ .

Определяем расчетную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = L_v \cdot H / (\eta_v \cdot \eta_n),$$

где  $\eta_n$  – КПД передачи, для прямой передачи  $\eta_n = 1$ .

При подсчете мощности подачу выражают в  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , а давление – в кПа.

$$P_p = 8,61 \cdot 1,25 / (0,85 \cdot 1) = 12,66 \text{ кВт}.$$

Из Приложения 1 выбираем двигатель АИР180М6У3:

$$P_n = 18,5 \text{ кВт}; n_n = 980 \text{ мин}^{-1}; I_{нд} = 37; k_i = 6,5.$$

Запас мощности составит:

$$\Delta P = (P_n - P_p) \cdot 100 / P_n, \%; \Delta P = (15 - 2,66) 100 / 15 = 15,6 \%.$$

Из табл. 9 видим, что запас мощности для данного двигателя должен быть не менее 10 %. Это требование выполняется.

Таблица 9. Рекомендуемые значения запаса мощности центробежных вентиляторов

Номинальная мощность эл. двигателя, кВт	До 0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	2,0...3,0	3,0 и более
Запас мощности	50	30	20	15	10

Таким образом, приточную вентиляцию помещения обеспечит один вентилятор. Однако такое решение нерационально. Лучше выбрать многовентиляторную установку типа ПВУ. Установка ПВУ4М6 обеспечит подачу  $31005 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ . Установка имеет шесть вентиляторов, подача каждого вентилятора  $5500 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ , а суммарная мощность установленных электродвигателей составляет 6,6 кВт. Кроме этого, приточный воздух может подогреваться электронагревателями.

Таблица 10

## Техническая характеристика центробежных вентиляторов В-Ц4-45

Индексы вентиляторов	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /ч		Давление, Па		Максимальный КПД, %	Частота вращения рабочих колес	Установленные мощности эл. двигателя, кВт
	Номинальная	В рабочей зоне	Номинальное	В рабочей зоне			
В-Ц4-75-5	3,8	2,34–4,8	290	349–180	85	930	0,55
	5,8	3,57–7,5	676	813–415		1420	1,5
		2,45–3,78		495–452		930	0,75
	3,78	3,78–5,59	452	452–217	83	930	1,1
В-Ц4-75-5		3,74–5,2		1154–1075		1420	2,2
В-Ц4-75-6,3	7,57	4,68–9,64	460	553–285	85	930	1,5
	11,7	7,25–14,9	1100	1327–677		1440	5,5
В-Ц4-75-8	11,65	10,6–17,72	655	680–393	0,83	700	4,0
	16,15	10,47–14,0		1378–1340		970	7,5
		14,0–23,88	1258	1340–755		970	11,0
В-Ц4-75-10	23,78	14,7–30,26	714	859–438	0,85	730	7,5
	31,59	19,53–40,21	1261	1517–774		970	15
В-Ц4-75-12,5	46,44	28,71–59,1	1116	1342–685	0,85	730	18,5
В-03-300-6,3А	7,3	4,8–8,8	76	93–59,9	0,75	930	0,37
В-06-300-8А	14,0	10–16	93	127–64	0,77	930	0,75
	21,0	15–26	216	294–157		1430	3,0
В-06-300-10А	28,0	21–35	157	206–88	0,77	930	2,2

**Вопросы для самоконтроля**

1. Как определить мощность электродвигателя для вентилятора?  
 2. Расшифруйте обозначения «Климат-3-7-10», «Климат-2-7-8», «Климат-45М-18». 3. Приведите характеристику вентиляционных установок вашего хозяйства (тип и мощность электропривода, схемы автоматизации, преимущества и недостатки).

#### 4. Электропривод общепромышленных машин

**Практическое занятие.** Определение мощности и выбор типа электродвигателей, аппаратуры управления и защиты для привода общепромышленных машин.

**Литература:** [1, с. 310–347; 2, с. 209–218, 280; 5; 6; 7].

**Лабораторная работа.** Исследование электроприводов общепромышленных машин.

**Литература:** [4].

##### *Методические указания*

Для современного промышленного производства характерно широкое внедрение промышленной технологии, обеспечивающей сбалансированность производственной массы продукта (цемент, строительные смеси и растворы) рациональное использование и сокращение потерь. Эта задача решается путем приготовления производственной массы продукта в цехах.

Чтобы разобраться в этом многообразии, следует ознакомиться с технологией и машинами, оборудованием и схемами типовых цехов. Эти данные можно получить, проработав справочную литературу [5; 6; 7].

Изучая материал данной темы, полезно ознакомиться с оборудованием и работой цеха на своем производстве и рассмотреть следующие примеры.

**Пример 3.** Выбрать электродвигатель с частотой вращения  $1000 \text{ мин}^{-1}$  для привода роторного измельчителя производственной массы продукта и подачи при измельчении  $20 \text{ т} \cdot \text{ч}^{-1}$ . Удельная энергоёмкость  $1,24 \text{ кВт/т}$ . Привод ротора осуществляется через клиноременную передачу.

*Решение:*

1. Расчетная мощность электродвигателя

$$P_p = K_x \cdot A_n \cdot Q / \eta_n, \text{ кВт},$$

где:  $K_x = 1,15 \dots 1,2$  – коэффициент запаса мощности, учитывающий потери холостого хода,  $A_n$  – удельная энергоёмкость.

$$P_p = 1,15 \cdot 1,24 \cdot 20 / 0,98 = 29,1 \text{ кВт}.$$

2. Из Приложения 1 выбираем электродвигатель АИР200Л6У3:

$$P_n = 30 \text{ кВт}, n_n = 975 \text{ мин}^{-1}, \eta_n = 90.$$

3. Выбираем двигатель по конструктивному исполнению и определяем его экономические показатели, применяя методику, приведенную в примере 4. Закончить решение примера 3 студенты должны самостоятельно.

**Вопросы для самоконтроля.** 1. Каковы особенности электропривода измельчителей производственной массы продукта? 2. Каковы особенности электропривода дробилок производственной массы продукта? 3. Какие принципы автоматизации применяются в схемах управления поточными линиями приготовления производственной массы продукта?

## 5. Электропривод транспортных установок

**Лабораторная работа.** Исследование электропривода поточных линий раздачи производственной массы продукта.

**Практическое задание.** Определение мощности и выбор типа электродвигателей, аппаратуры управления, защиты и средств автоматизации поточных линии.

**Литература:** [1; 2; 4; 5].

### *Методические указания*

Мощность электродвигателя транспортера в установившемся режиме, равная сумме мощностей, затрачиваемых на подъем и горизонтальное перемещение груза, с учетом КПД передачи движения от электродвигателя к транспортеру составит:

$$P_m = Q(Lf + H)/360\eta_n \cdot \eta_r,$$

где:  $P_m$  – мощность, Вт;  $Q$  – массовая подача, кг/с;  $H$  – высота подъема материала, м; для горизонтальных транспортеров  $H = 0$ ;  $L$  – длина транспортера, для вертикальных транспортеров (норий)  $L = 0$ ;  $\eta_r$  – КПД транспортера с трансмиссией (0,4...0,6);  $f$  – общий коэффициент сопротивления перемещению для транспортеров: ленточных – 0,15...0,2; элеваторов и норий – 1,15...1,2; скребковых и винтовых – 1,85...2.

Номинальную мощность электродвигателя выбирают независимо от продолжительности работы по условию обеспечения пуска, пользуясь выражением:

$$M_{н(пуск)} = K_3 \cdot M_c / \mu_{мин} \cdot U^2.$$

Момент сопротивления при пуске  $M_c$  берут равным приведенному моменту сопротивления при полной нагрузке  $M_c = P_m / \omega_B$ , а коэффициент завышения момента для обеспечения надежного пуска

$K_3$ , для винтовых транспортеров зависит от угла наклона транспортера (табл. 11), для ленточных –  $K_3 = 1,4$ , для скребковых –  $1,8$ .

Таблица 11

Значение коэффициента  $K_3$  для винтовых транспортеров

Наклон, градус	До 20	25	30	35	40	45	90
$K_3$	1	1,05	1,13	1,2	1,32	1,4	2,5

**Пример 4.** Выбрать электродвигатель для продолжительного режима работы ленточного транспортера длиной 50 м, перемещающего 10 т/ч производственной массы на высоту 13 м. Проверить выбранный двигатель на возможность пуска под нагрузкой.

*Решение:*

1. Определяем мощность на приводном валу транспортера:

$$P_m = Q(Lf + H)/360\eta_n \cdot \eta_T = 10000 \cdot (50 \cdot 0,2 + 13)/360 \cdot 0,6 = 1010 \text{ Вт.}$$

2. Из Приложения 1 предварительно выбираем электродвигатель АИР80А4У3:  $P_n = 1,1 \text{ кВт}$ ;  $n_n = 1395 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\mu_{\text{мин}} = 1,6$ .

3. Проверим выбранный двигатель на возможность запуска под нагрузкой, предварительно определив угловую номинальную скорость:

$$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30 = 3,14 \cdot 1395 / 30 = 146 \text{ рад/с};$$

Номинальный момент электродвигателя:

$$M_n = P_n / \omega_n = 1100 / 146 = 7,53 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Приведенный статический момент:

$$M_c = P_m / \omega_n = 1010 / 1,46 = 6,91 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Номинальный момент двигателя по условиям пуска, при  $K_{3м} = 1,4$ ;  $U = 0,8$  равен:

$$M_{n(\text{пуск})} = M_c \cdot K_3 / \mu_{\text{мин}} \cdot U^2 = 6,91 \cdot 1,4 / 1,6 \cdot 0,8 = 9,45.$$

По условиям пуска выбираем электродвигатель АИР80В4У3:

$$P_n = 1,5 \text{ кВт}, n_n = 1395 \text{ мин}^{-1}, \mu_{\text{мин}} = 1,6; M_n = 10,27 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

4. Выбираем двигатель по конструктивному исполнению. Выбор производим согласно техническому руководству «Выбор двигателей в зависимости от условий окружающей среды». Выбираем двигатель для умеренного климата второй категории размещения и со степенью защиты IP54, т. к. двигатель установлен в помещении. Учитывая условия монтажа, выбираем двигатель с двумя подшипниковыми щитами, на лапах, с одним концом вала. Обозначение такой конструкции 1M1001.

Полное обозначение двигателя АИР80В4У3.

## 6. Электропривод металло- и деревообрабатывающих станков

**Лабораторная работа.** Исследование электропривода металлорежущего станка.

**Литература:** [1; 4; 5; 6; 7] (дополнительно: а) Зимин, Е. Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е. Н. Зимин, В. И. Преображенский, И. И. Чувашов. – М.: Энергоиздат. 1981; б) Гранитов, Г. И. Электрооборудование деревообрабатывающих станков / Г. И. Гранитов, Н. И. Сасипатров. – М.: Машиностроение, 1982.)

### *Методические указания*

На ремонтных предприятиях промышленного комплекса установлено около 1 млн. металлорежущих и деревообрабатывающих станков.

Металлорежущие станки подразделяются на 9 групп. 1 – токарные; 2 – сверлильные и расточные; 3 – шлифовальные; 6 – фрезерные; 7 – строгальные и долбежные; 8 – разрезные; 9 – разные. Каждый станок получает условное обозначение (шифр), состоящий из трех-четырех цифр и букв. Например, шифр 1326 означает: токарный станок третьего типа с наибольшим диаметром обрабатываемой детали 26 мм. Шифр 7242 означает: строгальный станок второго типа для обработки изделий размером 400 × 2000 мм.

Посетите мастерскую своего предприятия и ознакомьтесь с электроприводами станков и схемами их управления. Работа станков характеризуется эксплуатационными коэффициентами.

Коэффициент включения:

$$K_B = \Sigma t_p / (\Sigma t_p + \Sigma t_o),$$

где:  $\Sigma t_p$  – суммарное время работы станка в смену;

$\Sigma t_o$  – суммарное время перерывов в работе.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = P_{cp} / P_{ном},$$

где:  $P_{cp} = P_{ном} + P_{xx} / 2$ ;  $P_{cp}$  – средняя мощность привода;

$P_{xx}$  – мощность холостого хода.

Коэффициент использования станка  $K_{и}$ :

$$K_{и} = K_B \cdot K_3.$$

Полезно принять участие в работе комиссии по аттестации рабочих мест.

В качестве двигателей главного привода в современных станках используются преимущественно асинхронные короткозамкнутые и многоскоростные двигатели, а также регулируемые двигатели постоянного тока. На крупных предприятиях применяют станки с числовым программным управлением. Подробные данные об электроприводах металлорежущих станков приведены в вышеуказанной дополнительной литературе.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как определить мощность главного привода металлорежущих станков? 2. Какова методика выбора электропривода деревообрабатывающего станка? 3. Определите значение коэффициента включения токарного станка в вашей мастерской.

### **Контрольная работа**

Контрольная работа по учебному заданию состоит из двух вопросов и трех задач. Распределение контрольных вопросов и задач по вариантам приведено в табл. 12. При пользовании таблицами выбора вариантов обратите внимание, что запись 3–12 означает: задача 3-я, вариант этой задачи 12-й.

Таблица 12

Распределение задач и вопросов контрольной работы по вариантам

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1–1	1–30	1–15	1–14	1–6	1–21	1–10	1–4	1–18	120
	2–30	2–10	2–11	2–10	2–21	2–1	2–20	2–19	2–21	2–1
	3–11	3–1	3–8	3–16	3–26	3–24	3–7	3–15	3–17	3–10
	21, 81	11, 71	12, 72	13, 73	14, 74	15, 75	16, 76	17, 77	18, 78	10, 60
1	1–2	1–12	1–16	1–13	1–5	1–22	1–11	1–5	1–19	1–26
	2–1	2–29	2–12	2–9	2–22	2–3	2–19	2–20	2–22	2–2
	3–29	3–12	3–9	3–17	3–27	3–23	3–8	3–16	3–9	3–30
	31, 91	22, 82	31, 71	50, 100	29, 69	32, 72	10, 100	30, 70	9, 59	31, 81



Продолжение табл. 12

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1-3 2-9 3-1 21, 71	1-29 2-28 3-2 22, 72	1-3 2-13 3-13 23, 83	1-12 2-8 3-18 24, 74	1-4 2-23 3-26 25, 75	1-23 2-2 3-3 26, 76	1-12 2-18 3-6 23, 73	1-8 2-23 3-8 8, 58	1-19 2-18 3-18 27, 77	1-27 2-3 3-4 27, 78
3	1-4 2-8 3-2 11, 61	1-28 2-27 3-3 12, 62	1-17 2-14 3-10 13, 63	1-4 2-7 3-14 24, 84	1-3 2-24 3-25 19, 79	1-24 2-4 3-26 20, 80	1-17 2-17 3-7 7, 57	1-6 2-25 3-14 14, 64	1-20 2-17 3-19 15, 65	1-26 2-4 3-24 16, 66
4	1-5 2-6 3-21 32, 92	1-27 2-26 3-4 33, 73	1-18 2-15 3-11 34, 74	1-11 2-6 3-19 49, 99	1-5 2-25 3-15 25, 85	1-16 2-5 3-6 6, 56	1-13 2-16 3-5 39, 99	1-7 2-24 3-13 34, 84	1-21 2-26 3-20 33, 83	1-29 2-5 3-29 32, 82
5	1-6 2-7 3-6 21, 61	1-26 2-25 3-7 22, 62	1-19 2-16 3-12 23, 63	1-10 2-5 3-20 24, 64	1-15 2-27 3-5 5, 55	1-6 2-6 3-16 26, 86	1-14 2-15 3-4 25, 65	1-8 2-26 3-12 26, 66	1-22 2-15 3-21 27, 67	1-30 2-6 3-26 28, 68
6	1-7 2-5 3-8 17, 67	1-25 2-24 3-5 18, 68	1-20 2-17 3-13 19, 69	1-14 2-4 3-4 4, 54	1-2 2-26 2-24 20, 70	1-25 2-7 2-22 48, 98	1-7 2-14 3-17 27, 87	1-9 2-27 3-11 38, 98	1-23 2-14 3-22 36, 86	1-1 2-7 3-27 35, 85
7	1-8 2-23 3-9 33, 93	1-24 2-4 3-6 35, 75	1-13 2-18 3-3 3, 53	1-9 2-3 3-21 29, 79	1-1 3-28 3-23 37, 87	1-26 2-8 3-28 38, 88	1-15 2-13 3-3 37, 97	1-8 2-9 3-18 28, 88	1-24 2-12 3-23 36, 76	1-2 2-8 3-26 47, 97

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	1-9	1-23	1-21	1-8	1-30	1-27	1-16	1-15	1-9	1-3
	2-22	2-3	2-19	2-2	2-9	2-12	2-29	2-30	2-13	2-9
	3-11	3-2	3-14	3-23	3-22	3-29	3-2	3-10	3-19	3-25
	46, 96	2, 52	34, 94	35, 95	36, 96	40, 80	30, 80	39, 89	28, 89	40, 90
9	1-11	1-23	1-22	1-7	1-29	1-28	1-17	1-18	1-25	1-10
	2-2	2-21	2-20	2-30	2-1	2-10	2-11	2-28	2-10	2-11
	3-30	3-7	3-15	3-12	3-21	3-1	3-1	3-9	3-24	3-20
	1,31	38, 78	41, 91	39, 79	42, 92	43, 93	44, 94	45, 95	37, 77	30, 90

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные направления экономического и социального развития в Российской Федерации.
2. Дайте определение понятия «электропривод». Изобразите структурную схему электропривода и объясните взаимодействие элементов схемы.
3. Напишите уравнение движения электропривода для вращательного движения, проанализируйте его при работе электропривода в следующих режимах: пуск механизма, обладающего реактивным моментом сопротивления, электрическое торможение при подъеме груза; электрическое торможение при спуске тяжелого груза.
4. Приведите классификацию производственных механизмов в зависимости от характера изменения статического момента. Ответ иллюстрируйте примерами.
5. Приведите классификацию механических характеристик электродвигателей по жесткости. Изобразите механические характеристики двигателей постоянного и переменного токов и сравните их жесткость.
6. Изложите методику построения естественной механической характеристики асинхронного короткозамкнутого электродвигателя по данным каталога.
7. Анализируя механическую характеристику асинхронного короткозамкнутого двигателя, раскройте его электрические свойства.

8. Укажите достоинства и недостатки различных способов электрического торможения асинхронных двигателей. Ответ иллюстрируйте соответствующими схемами включения.
9. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя с фазным ротором введением резисторов в цепь ротора. Ответ иллюстрируйте схемой включения резисторов и графиком механических характеристик.
10. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением напряжения на зажимах статора. Ответ иллюстрируйте графиком механических характеристик.
11. Объясните сущность ступенчатого регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением числа пар полюсов. Приведите примеры использования многоскоростных двигателей.
12. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением частоты питающего тока.
13. Изложите методику графического расчета сопротивлений пускового реостата асинхронного двигателя с фазным ротором. Что общего в этой методике с методикой расчета сопротивлений двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением?
14. Изложите методику аналитического расчета сопротивлений пускового реостата асинхронного двигателя с фазным ротором. Ответ иллюстрируйте схемой включения пускового реостата.
15. Изложите методику определения времени пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте.
16. Изложите методику определения времени пуска электропривода при переменном динамическом моменте.
17. Изложите методику определения момента, развиваемого электродвигателем, при ударной нагрузке. Ответ иллюстрируйте графиком изменения момента во времени.
18. Объясните, как определяются потери энергии при пуске асинхронных двигателей. Укажите пути снижения этих потерь.
19. Охарактеризуйте материалы, применяемые для изоляции обмоток электродвигателей. Укажите факторы, влияющие на срок службы изоляции, а также мероприятия по повышению надежности изоляции.
20. Вычертите и объясните графики мощности, температуры нагрева и потерь двигателя при продолжительном режиме работы.
21. Вычертите и объясните графики температуры нагрева, мощ-

- ности и потерь двигателя при кратковременном режиме работы.
22. Вычертите и объясните графики температуры нагрева, мощности и потерь двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.
  23. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в продолжительном режиме с переменной нагрузкой. Приведите пример расчета.
  24. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в продолжительном режиме с постоянной нагрузкой. Приведите пример расчета.
  25. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в повторно-кратковременном режиме. Приведите пример расчета.
  26. Объясните, как по данным каталога можно определить критическое скольжение и построить естественную механическую характеристику асинхронного двигателя.
  27. Опишите устройство, назначение и выбор электромагнитных контакторов.
  28. Опишите устройство, назначение и выбор рубильников и переключателей.
  29. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений универсальных переключателей серии УП5300. Объясните назначение диаграммы замыкания контактов переключателя. Приведите примеры.
  30. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений путевых выключателей. Укажите область применения и приведите пример их использования.
  31. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений пакетных выключателей. Укажите область применения и обозначение в принципиальных и монтажных схемах устройств.
  32. Опишите устройство, назначение и выбор кнопок управления серии КЕ и кнопочных устройств управления серии ПКЕ. Укажите графическое и позиционное обозначение в схемах.
  33. Объясните назначение промежуточных реле. Приведите пример применения промежуточных реле в схеме управления сельскохозяйственной установки.
  34. Объясните назначение реле времени в программных устройствах. Сравните основные технические данные реле времени типов ЭВ, РВП, РВ4, Е-52, укажите их преимущества и недостатки.
  35. Опишите устройство электромагнитных пускателей серии

ПМЕ-000М, поясните структуру обозначений и методику их выбора. Приведите пример.

36. Опишите устройство электромагнитных пускателей серии ПМА, поясните структуру обозначений и методику их выбора. Сравните пускатели ПМА с пускателями ПАЕ и укажите их преимущества и недостатки.

37. Опишите устройство тепловых реле серий РТЛ и объясните методику их выбора. Приведите пример.

38. Опишите устройство и работу тиристорного пускателя типа ПТ и укажите его преимущества по сравнению с электромагнитными пускателями.

39. Опишите устройство и поясните методику выбора предохранителей для защиты ответвлений к короткозамкнутым асинхронным двигателям.

40. Поясните методику выбора магистральных (групповых) предохранителей. Как проверяется селективность срабатывания предохранителей?

41. Кратко опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических воздушных выключателей (автоматов) серии АП50Б. Объясните, почему не рекомендуется устанавливать автоматы, имеющие только электромагнитные расцепители, на ответвлениях к двигателям.

42. Опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических воздушных выключателей серии АЕ20. Каковы преимущества новой единой серии автоматов?

43. Кратко опишите конструкцию распределительных устройств серии РУСА и укажите, какими преимуществами они обладают по сравнению с распределительными устройствами типа ПР, СПУ и другими.

44. Опишите конструкцию, изобразите принципиальную электрическую схему и объясните принцип действия устройства встроенной температурной защиты электродвигателей типа УВТЗ-1М.

45. Объясните принцип действия универсального фазочувствительного устройства защиты электродвигателей типа ФУЗ-У.

46. Опишите устройство, назначение и область применения пускателей серий ПНВ и ПНВС. Поясните структуру обозначений и методику их выбора.

47. Опишите устройство, систему обозначений и изобразите принципиальную электрическую схему бесконтактного путевого вы-

ключателя серии БВК-24. Объясните принцип действия. Приведите пример применения.

48. Опишите назначение, устройство и систему обозначений бесконтактных путевых выключателей серий БВК 260 и БВК 300. Изобразите схему подключения.

49. Кратко опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических выключателей серии ВА51.

50. Опишите назначение, технические данные и структуру обозначений промежуточных реле РПЛ, приставок ПКЛ, ПВЛ и ППЛ.

51. Опишите устройство, систему обозначений тепловых токовых реле серии РТТ89-19 и объясните методику их выбора. Приведите пример. Укажите их преимущества по сравнению с реле ТРН-10А, РТЛ-100, РТТ-1.

52. Опишите устройство, систему обозначений и методику выбора тепловых реле серии РТТ. Приведите пример.

53. Объясните назначение и принцип действия реле утечки дифференциального типа РУД-05УЗ. Изобразите и опишите его схему включения.

54. Приведите классификацию электрических схем и объясните назначение основных типов схем. Ответ иллюстрируйте примерами.

55. Объясните, какие величины изменяются при пуске или торможении двигателя. На основании этого пояснения укажите методы автоматического управления двигателями переменного тока.

56. Опишите сущность принципа управления электродвигателем в функции времени. Ответ иллюстрируйте схемами.

57. Каковы достоинства и недостатки методов управления электроприводами в функции скорости, тока и времени?

58. Приведите классификацию аппаратуры управления электродвигателями по климатическому исполнению и степени защиты от воздействия окружающей среды.

59. Опишите устройство и назначение реле с магнитоуправляемыми контактами. Изобразите схему реле.

60. Опишите устройство электромагнитных пускателей серии ПМЛ, поясните структуру обозначений. Сравните пускатели ПМЛ с пускателями ПМЕ и ПАЕ и укажите их преимущества.

61. Опишите управление электродинамическим торможением двигателей постоянного тока. Приведите типовые схемы и объясните их действие.

62. Опишите торможение управления противовключением двигателей постоянного тока.
63. Опишите управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью неререверсивного пускателя.
64. Опишите управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного пускателя.
65. Изобразите схему управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с торможением противовключением и опишите ее действие.
66. Изобразите схему управления асинхронным двигателем с фазным ротором с помощью силового контроллера и опишите ее действие.
67. Изобразите типовые узлы блокировочных связей в схемах управления электроприводами и опишите их действие и область применения.
68. Опишите особенности работы электроприводов в условиях промышленного производства и укажите мероприятия повышения надежности электрооборудования.
69. Изложите методику проверки возможности пуска асинхронных короткозамкнутых электродвигателей при пониженном напряжении. Приведите пример.
70. Изложите методику проверки устойчивой работы асинхронных короткозамкнутых двигателей при запуске мощного двигателя.
71. Охарактеризуйте электропривод транспортирующих машин и укажите, как определяется мощность электродвигателя для ленточного и скребкового транспортеров, шнека и нории.
72. Охарактеризуйте электропривод подъемных механизмов. Изобразите схему управления электроталью и опишите ее работу при подъеме груза.
73. Охарактеризуйте электропривод вентиляционных установок и укажите, как определить мощность электродвигателя для привода вентилятора.
74. Охарактеризуйте электропривод центробежных насосов системы водоснабжения и укажите, как определяется мощность приводного электродвигателя.
75. Охарактеризуйте электропривод металлорежущих станков. Изобразите схему управления токарно-винторезным станком 1К62 и объясните, как обеспечивается ограничение продолжительности холостого хода.
76. Опишите и объясните основные технологические и электро-

технические требования, предъявляемые к электроприводам поточных производственных линий.

77. Охарактеризуйте электропривод ручных инструментов, применяемых при ремонтных и монтажных работах. Укажите основные правила техники безопасности при работе с электроинструментом.

78. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений пакетно-кулачковых переключателей ПКУЗ.

79. Охарактеризуйте электропривод деревообрабатывающих установок.

80. Объясните назначение промежуточных реле. Сравните основные технические данные реле серии РПГ, укажите их преимущества и недостатки. Приведите пример применения герконных промежуточных реле в схеме управления сельскохозяйственной установкой.

81. Опишите устройство тепловых реле серий РТТ, РТЛ и объясните методику их выбора. Приведите пример.

82. Опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических воздушных выключателей серии АЗ700Ф. Каковы преимущества новой единой серии автоматов?

83. Охарактеризуйте привод сушильных комплексов. Перечислите особенности эксплуатации электродвигателей на комплексе.

84. Изобразите принципиальную схему управления самоходным раздатчиком заготовок и объясните действие схемы при движении раздатчика «Назад».

85. Изобразите принципиальную схему управления обкаточным стендом КИ 1363 и объясните, как регулируется частота вращения электродвигателя главного привода.

86. Объясните, что такое коэффициент мощности электродвигателя и его влияние на экономичность электроустановки. Способы повышения  $\cos \varphi$ .

87. Какие основные мероприятия при эксплуатации электроприводов способствуют экономии электрической энергии?

88. Объясните назначение, принцип действия защитно-отключающего устройства ЗОУП-25. Изобразите и опишите схему отключения.

89. Назовите возможные способы регулирования частоты и недостатки, особо отметив способ регулирования в комплексах серий «Климат-4М».

90. Опишите особенности электропривода вентиляторов серии ВО-Ф. Начертите графики механических характеристик двигателей при изменении напряжения и дайте их анализ.



## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Для двигателей, указанных в табл. 13, определите: пусковой ток; номинальный, пусковой, минимальный и максимальный (критический) моменты; номинальное скольжение асинхронного двигателя; постройте естественные механические характеристики в координатах  $(M, n)$  и  $(M, S)$  при номинальном напряжении сети 380 В и при снижении напряжения на 10 % от номинального.

Технические данные двигателей приведены в Приложении 1.

Таблица 13

Исходные данные для решения задачи 1

Последняя цифра шифра	Тип двигателя	Последняя цифра шифра	Тип двигателя
00	АИР63А2У3	23	АИР250S4У3
01	АИР63В2У3	24	АИР80В8У3
02	АИР71А2У3	25	АИР90LА8У3
03	АИР71В2У3	26	АИР90LВ8У3
04	АИР112М2У3	27	АИР100L8У3
05	АИР200М2У3	28	АИР132М2У3
06	АИР100АУ3	29	АИР160S2У3
07	АИР112М4У3	30	АИР160М2У3
08	АИР132АУ3	31	АИР180S2У3
09	АИР132М4У3	32	АИР180М2У3
10	АИР160S4У3	33	АИР225М2У3
11	АИР160М4У3	34	АИР63А4У3
12	АИР180S4У3	35	АИР63В4У3
13	АИР180М4У3	36	АИР71А4У3
14	АИР80А2У3	37	АИР71В4У3
15	АИР80В2У3	38	АИР80А4У3
16	АИР90L2У3	39	АИР80В4У3
17	АИР100S2У3	40	АИР90L4У3
18	АИР100L2У3	41	АИР100S4У3
19	АИР200L2У3	42	АИР112МА8У3
20	АИР200М4У3	43	АИР112МВ8У3
21	АИР200L4У3	44	АИР132SВУ3
22	АИР225М4У3	45	АИР132М8У3

Окончание табл. 13

Последняя цифра шифра	Тип двигателя	Последняя цифра шифра	Тип двигателя
46	АИР160S8У3	73	АИР80В6БСУ2
47	АИР160М8У3	74	АИР90L6БСУ2
48	АИР180М8У3	75	АИР100L6БСУ2
49	АИР200М8У3	76	АИР71В8БСУ2
50	АИР200L8У3	77	АИР80А8БСУ2
51	АИР225М8У3	78	АИР80В8БСУ2
52	АИР250S8У3	79	АИР90LA8БСУ2
53	АИР250М8У3	80	АИР90LB8БСУ2
54	АИР280М8У3	81	АИР100L8БСУ2
55	АИР280S8У3	82	АИРП8006У2
56	АИР71А2БСУ2	83	АИРП80А6У2
57	АИР71В2БСУ2	84	4АПА80-06У2
58	АИР80А6БСУ2	85	4АПА80А6У2
59	АИР80В2БСУ2	86	4АПА90А6У2
60	АИР90L2БСУ2	87	АИР80В6У3
61	АИР100S2БСУ2	88	АИР90L6У3
62	АИР100L2БСУ2	89	АИР100L6У3
63	АИР71Ф4БСУ2	90	АИР112МА6У3
64	АИР71В4БСУ2	91	АИР112МВ6У3
65	АИР80А4БСУ2	92	АИР132S6У3
66	АИР80В4БСУ2	93	АИР132М6У3
67	АИР90L4БСУ2	94	АИР160S6У3
68	АИР100S4БСУ2	95	АИР160М6У3
69	АИР100L4БСУ2	96	АИР180S6У3
70	АИР71А6БСУ2	97	АИР200М6У3
71	АИР71В6БСУ2	98	АИР200S6Е3
72	АИР80А6БСУ2	99	АИР225М6У3

**Задача 2.** Для электродвигателей, указанных в табл. 14 согласно указанного задания (табл. 15) и варианта (табл. 16), разработайте принципиальную схему автоматического управления и защиты электропривода; выберите аппараты управления и защиты. При решении задачи пользоваться методикой, указанной в [1; 2; 4; 5; 6].

### Исходные данные для решения задачи 2

Таблица 14. Технические данные двигателей серии 4 А с фазным ротором (4АК, 4АНК)

Последние цифры шифра/ Типоразмер двигателя	$P_n$ , кВт	КПД, %	$\cos \varphi$	$S_n$ , %	$M_{max}/M_{ном}$	Ток ротора, А	Напряжение ротора, В	
1	2	3	4	5	6	7	8	
00	4АК160S4УЗ	11	86,5	0,86	5	3	22	305
01	4АК160М4УЗ	14	88,5	0,87	4	3,5	29	310
02	4АК180М4УЗ	18	89	0,88	3,5	4	38	245
03	4АК200М4УЗ	22	90	0,87	2,5	4	45	340
04	4АК20014УЗ	30	90,5	0,87	2,5	4	55	350
05	4АК225М4УЗ	37	90	0,87	3,5	3	160	160
06	4АК250SA4УЗ	45	91	0,88	3	3	170	230
07	4АК250SB4УЗ	55	90,5	0,9	3	3	170	200
08	4АК250М4УЗ	71	91,5	0,86	2,5	3	170	250
09	4АК160S6УЗ	7,5	82,5	0,77	5	3,5	18	300
10	4АК160М6УЗ	10	84,5	0,76	4,5	3,8	20	310
11	4АК180М6УЗ	13	85,5	0,8	4,5	4	25	325
12	4АК200М6УЗ	18,5	88	0,81	3,5	3,5	35	360
13	4ЛК2006УЗ	22	88	0,8	3,5	3,5	45	330
14	4АК225М6УЗ	30	89	0,85	3,5	2,5	150	140
15	4АК250S6УЗ	37	89	0,84	3,5	2,5	165	150
16	4АК250М6УЗ	45	40,5	0,87	3,5	2,5	160	180
17	4АК160S8УЗ	5,5	80	0,7	6,5	2,5	14	300
18	4АК160М3УЗ	7,5	82	0,7	6	3	16	290
19	4АК180М8УЗ	11	85,5	0,72	4	3,5	25	270
20	4АК200М8УЗ	15	86	0,7	3,5	3	28	360
21	4АК20018УЗ	18,5	86	0,73	3,5	3	40	300

Окончание табл. 14

Последние цифры шифра/ Типоразмер двигателя	Рн, кВт	КПД, %	cos φ	Sn, %	Ммах/ Мном	Ток ротора, А	Напряжение ротора, В	
1	2	3	4	5	6	7	8	
22	4AK225M8Y3	22	87	0,82	4,5	2,2	140	102
23	4AK250S8Y3	30	88,5	0,81	4,5	2,2	155	125
24	4AK250M8Y3	37	89	0,8	3,5	2,2	155	148
25	4AHK160S4Y3	14	86,5	0,85	5	3	27	330
26	4AHK160M4Y3	17	88	0,87	5	3,5	34	315
27	4AHK180S4Y3	22	87	0,86	5,5	3,2	43	300
28	4AHK180M4Y3	30	88	0,81	4,5	3,3	63	290
29	4AHK200M4Y3	37	90	0,88	3	3	62	360
30	4AHK2004Y3	45	90	0,88	3,5	3	75	375
31	4AHK225M4Y3	55	89,5	0,87	4	2,5	200	170
32	4AHK250SA4Y3	75	90	0,88	4,5	2,3	250	180
33	4AHK250SB4Y3	90	91,5	0,87	4	2,5	260	220
34	4AHK250M4Y3	110	92	0,9	3,5	2,5	260	250
35	4AHK280S4Y3	132	92	0,88	2,9	2	330	251
36	4AHK280M4Y3	160	92,5	0,88	2,6	2	330	300
37	4AHK315S4Y3	200	93	0,89	2,5	2	396	312
38	4AMK315M4Y3	250	93	0,9	2,5	2	425	360
39	4AHK355S4Y3	315	93,5	0,9	2,2	2	460	420
40	4AHK355M4Y3	400	94	0,9	2	2	485	505
41	4AHK180S6Y3	13	83,5	0,81	7	3	42	205

Таблица 15

Задание на разработку принципиальной схемы  
автоматического управления и защиты электропривода

Условия составления схемы	Присвоенный шифр
Пуск двигателя в функции:	
– времени	2
– тока	3
Торможение двигателя:	
– противовключением	4
– динамическое	5
Питание схемы управления:	
– постоянным током	6
– переменным током	7
Схема управления автоматически:	
– магнитным контроллером	8
– магнитной станцией	9
Способ изображения монтажной схемы:	
– графический	0
– адресный	1
Защита двигателя, схемы управления:	Выполняется для всех
– от коротких замыканий	вариантов
– от перегрузки	

Таблица вариантов выполнения задания

Последние цифры шифра		Присвоенный шифр условий составления схемы				
00	25	0	2	4	6	8
01	26	1	3	5	7	9
02	27	2	4	6	9	1
03	28	4	6	8	1	3
04	29	6	8	1	3	5
05	30	8	1	3	5	7
06	31	3	5	7	9	0
07	32	5	7	9	0	2
08	33	7	8	0	2	4
09	34	8	0	2	4	6
10	35	0	4	8	3	7
11	36	2	6	1	5	9
12	37	4	8	3	7	0
13	38	6	1	5	9	2
14	39	8	3	7	0	4
15	40	0	6	3	8	4
16	41	2	8	5	0	6
17	42	4	1	7	2	8
18	43	6	3	9	4	1
19	44	0	8	7	4	2
20	45	2	1	9	6	5
21	46	4	3	0	8	7
22	47	0	3	5	7	9
23	48	1	8	6	5	3
24	49	3	8	7	0	4

**Задача 3.** Выберите электрический привод и определите его динамические свойства. Варианты задания и исходные данные приведены в табл. 17.

### Исходные данные к задаче 3

1. Выбрать тип электропривода.
  2. Предварительно выбрать двигатель.
  3. Проверить двигатель в пусковом режиме, по перегрузке, по нагреву.
  4. Определить динамические свойства электрического привода.
- При решении задачи пользоваться методикой указанной в [1; 2; 9].

Таблица 17

Последняя цифра шифра	Время $t$ , мин			Скорость механизма $\omega$ , рад/с	Момент сопротивления $M_c$ , Н·м			Суммарный момент инерции $J$ , кг·м <sup>2</sup>	Время пуска $t_n$ , сек	Время останова, свободный выбег $t_{ост}$ , сек	Время торможения $R_T$ , с
	$t_1$	$t_2$	$t_3$		$M_{c1}$	$M_{c2}$	$M_{c3}$				
00	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01	3	5	2	100	100	50	50	2,5	5	15	8
02	2	4	5	100	150	100	50	1,0	3	10	5
03	1	6	1	300	200	100	100	2,0	5	15	8
04	5	5	5	100	100	200	50	2,0	5	15	8
05	11	20	10	150	100	100	100	4,0	8	20	10
06	5	15	10	150	200	50	50	1,5	3	10	5
07	3	13	2	150	50	150	50	1,5	3	10	5
08	2	4	2	100	100	250	100	3,0	5	15	8
09	7	8	6	150	80	150	80	2,5	5	15	8
10	2	1	5	300	100	200	80	6,0	10	20	10
11	3	3	4	300	80	150	100	3,5	8	10	5
12	4	10	3	100	100	200	100	2,0	5	8	4
13	3	2	1	150	50	100	50	1,5	3	5	3
14	14	3	10	100	150	200	100	7,0	10	20	10
15	7	2	2	150	80	100	50	4,2	6	15	8
16	2	7	5	300	200	150	100	3,0	5	10	5
17	1	3	5	300	300	200	150	2,5	4	8	4
18	3	2	2	100	300	250	3,5	5	5	10	5
19	7	3	2	100	50	200	100	2,0	4	8	4
20	2	3	3	150	100	250	50	1,5	3	5	3
21	5	2	3	100	200	350	200	2,5	3	8	4
22	7	10	4	300	100	200	150	1,0	3	5	2,5
23	5	7	3	150	50	250	100	2,0	3	10	5
24	6	3	2	100	100	300	150	4,0	5	15	8
25	7	5	3	300	50	300	100	3,0	4	10	5
26	8	5	2	150	300	300	300	3,5	5	15	8

## Методические указания по выполнению контрольной работы

Контрольные вопросы и задачи составлены применительно к учебному материалу основного пособия [1].

Контрольные вопросы носят обобщающий характер. Так, например, отвечая на вопрос 11 контрольной работы 1, необходимо дать краткое теоретическое обоснование зависимости частоты вращения электродвигателя от изменения напряжения питающей сети и иллюстрировать эту зависимость графиком механических характеристик. Затем следует указать технические средства, применяемые для регулирования напряжения и установки, используемые в производстве.

Поощряется использование производственного опыта студентов. Например, если студент хорошо знаком с автоматизацией погружных электронасосов водоснабжения, то можно привести схему, используемую в данном хозяйстве. При этом надо обязательно указать достоинства, недостатки и эффективность предлагаемой схемы. Такой ответ будет очень ценным.

При пользовании таблицами выбора вариантов обратите внимание, что «последняя цифра шифра» – последние цифры зачётной книжки; запись 3–12 означает: задача 3, вариант этой задачи 12.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение 1

Таблица 18

Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт (по данным Информэлектро)

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИР56В2У3	0,25	2730	0,70	69	0,79	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63А2У3	0,37	2730	0,91	72	0,86	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63В2У3	0,55	2730	1,31	75	0,85	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР71А2У3	0,75	2820	1,75	78,5	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР71В2У3	1,1	2800	2,55	79	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР80А2У3	1,5	2850	3,31	81	0,85	7,0	2,1	2,2	1,6
АИР80В2У3	2,2	2850	4,63	83	0,87	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР90L2У3	3,0	2850	6,13	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100S2У3	4,0	2850	7,94	87	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР100L2У3	5,5	2850	10,7	88	0,89	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР112M2У3	7,5	2900	14,8	87,5	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР132M2У3	11	2910	21,0	88	0,90	7,5	1,6	2,2	1,2
АИР160S2У3	15	2910	28,5	90	0,89	7,0	1,8	2,7	1,7
АИР160M2У3	18,5	2910	34,5	90,5	0,90	7,0	2,0	2,7	1,8
АИР180S2У3	22	2920	41,5	90,5	0,89	7,0	2,0	2,7	1,9
АИР180M2У3	30	2920	55,5	91,5	0,90	7,5	2,2	3,0	1,9
АИР200M2У3	37	2940	70,6	91,5	0,87	7,0	1,6	2,8	1,5
АИР200L2У3	45	2940	86,5	92	0,88	7,5	1,8	2,8	1,5
АИР225M2У3	55	2940	99,3	92,5	0,91	7,5	1,8	2,6	1,5
АИР250S2У3	75	2940	136	93	0,90	7,5	1,8	3,0	1,6
АИР63А4У3	0,25	1320	0,83	68	0,67	5,0	2,1	2,2	1,8

Продолжение табл. 18

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
АИР63В4У3	0,37	1360	1,18	68	0,70	5,0	2,1	2,2	1,8
АИР71А4У3	0,55	1360	1,69	70,5	0,70	5,0	2,3	2,2	1,8
АИР71В4У3	0,75	1360	2,14	73	0,73	5,0	2,2	2,2	1,6
АИР80А4У3	1,1	1395	2,75	75	0,81	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР80В4У3	1,5	1395	3,52	78	0,83	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР90Л4У3	2,2	1400	5,0	81	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6
АИР100S4У3	3,0	1410	6,7	82	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100Л4У3	4,0	1410	8,5	85	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР112М4У3	5,5	1430	11,4	85,5	0,86	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S4У3	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	7,5	1,9	2,2	1,6
АИР132М4У3	11	1450	22,0	87,5	0,87	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР160S4У3	15	1455	28,5	90	0,87	7,0	2,0	2,9	1,8
АИР160М4У3	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	1,8
АИР180S4У3	22	1460	42,5	90,5	0,89	7,0	1,7	2,4	1,5
АИР180М4У3	30	1470	56,9	92	0,87	7,0	1,7	2,7	1,5
АИР200М4У3	37	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР200Л4У3	45	1470	83,0	92,2	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР225М4У3	55	1470	101	93	0,89	7,0	1,7	2,6	1,6
АИР250S4У3	75	1480	138	94	0,89	7,5	1,7	2,5	1,4
АИР63В6У3	0,25	860	1,04	59	0,62	4,0	2,0	2,2	1,6
АИР71А6У3	0,37	915	1,31	65	0,65	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР71В6У3	0,55	915	1,74	68,5	0,70	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80А6У3	0,75	920	2,26	70	0,72	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80В6У3	1,1	920	3,05	74	0,74	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР90Л6У3	7,5	925	4,2	76	0,72	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР100Л6У3	2,2	945	5,6	81	0,74	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112МА6У3	3,0	950	7,1	81	0,76	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112МВ6У3	4,0	950	9,2	82	0,81	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S6У3	6,5	960	12,3	85	0,80	7,0	2,0	2,2	1,6

Окончание табл. 18

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
АИР160S6У3	11	970	22,9	88	0,83	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР160М6У3	15	970	30,1	88	0,85	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР180М6У3	18,5	980	37	89,5	0,85	6,5	1,8	2,4	1,6
АИР200М6У3	22	980	14,7	90	0,83	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР200L6У3	30	975	59,6	90	0,85	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР225М6У3	37	980	72,7	91	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250S6У3	45	980	87	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250М6У3	55	980	105	92,5	0,86	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР280S6У3	75	980	137	92,5	0,90	6,5	1,3	2,2	1,0
АИР80А8У3	0,25	690	1,04	56	0,65	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80В8У3	0,37	700	1,54	60	0,61	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LА8У3	0,55	700	2,07	64	0,63	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LВ8У3	0,75	700	2,47	70	0,66	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР100LВУ3	1,1	700	3,32	72	0,70	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР112МА8У3	1,5	705	4,1	76	0,73	5,5	1,6	1,7	1,2
АИР112МВ8У3	2,2	710	6,2	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132S8У3	3,0	710	7,8	79	0,74	6,0	1,8	2,2	
АИР132М8У3	4,0	715	10,5	83	0,70	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160S8У3	5,5	710	13,6	83	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160М8У3	7,5	725	17,5	87	0,75	5,5	1,6	2,4	1,4
АИР180М8У3	11	725	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	1,4
АИР200М8У3	15	730	31,2	89	0,82	5,5	1,6	2,2	1,5
АИР200L8У3	18,5	730	39,0	89	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР225М8У3	22	730	45,8	90	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР250S8У3	30	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	1,3
АИР250М8У3	37	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	1,4
АИР200S8У3	45	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	
АИР280М8У3	55	725	106	92	0,86	6,0	1,3	2,2	1,0
АИР315S8У3	75	725	141	93	0,87	6,0	1,4	2,2	1,0

## Приложение 2

Таблица 19. Техническая характеристика двигателей серии АИР промышленного исполнения с температурной защитой

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Сила тока статора, А	КПД %	Кэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИР71А2БСУ2	0,75	2820	1,75	78,5	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР71В26СУ2	1,1	2805	2,55	79,0	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР80А2БСУ2	1,5	2850	3,31	81,0	0,85	7,0	2,1	2,2	1,6
АИР80В2БСУ2	2,2	2850	4,63	83,0	0,87	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР90Л2БСУ2	3,0	2850	6,17	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100S2БСУ2	4,0	2850	7,13	97,0	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР100L2БСУ2	5,5	2850	10,68	88,0	0,89	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР1А4БСУ2	0,55	1357	1,61	71,0	0,73	5,0	2,3	2,4	1,6
АИР71В4БСУ2	0,75	1350	1,9	75,0	0,80	5,0	2,5	2,6	1,6
АИР80А4БСУ2	1,1	1395	2,75	75,0	0,81	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР804БСУ2	1,5	1395	3,52	78,0	0,83	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР90Л4БСУ2	2,2	1395	4,98	81,0	0,83	6,5	2,0	2,2	1,6
АИР100S4БСУ2	3,0	1410	6,71	82,0	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L4БСУ2	4,0	1410	8,32	85,0	0,86	6,0	2,1	2,3	1,6
АИР71А6БСУ2	0,37	915	1,32	65,0	0,66	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР71В6БСУ2	0,55	915	1,74	68,5	0,70	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80А6БСУ2	0,75	920	2,26	70,0	0,72	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80Б6БСУ2	1,1	920	3,06	74,0	0,74	4,6	2,0	2,2	1,6
АИР90Л6БСУ2	1,5	925	4,17	76,0	0,72	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L6БСУ2	2,2	945	5,58	81,0	0,74	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР71Б8БСУ2	0,25	690	1,04	56,0	0,65	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80А8БСУ2	0,37	701	1,54	60,0	0,61	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80В8БСУ2	0,55	701	2,07	64,0	0,63	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LА8БСУ2	0,75	709	2,08	75,0	0,73	4,0	1,4	2,0	1,3
АИР90LВ8БСУ2	1,2	709	3,29	77,0	0,72	4,0	1,4	2,0	1,4
АИР100L8БСУ2	1,5	694	4,22	74,0	0,73	3,6	1,9	2,1	1,4

### Приложение 3

Таблица 20

Техническая характеристика двигателей серии АИРП и 4АПА  
для привода вентиляторов серии ВО ( $U_H = 380 \text{ В}$ )

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИРП80–06У2	0,25	900	1,0	66	0,76	4	1,4	1,6	–
АИРП80А6У2	0,37	900	1,5	67,5	0,78	4	1,4	1,6	–
4АПА80–06У2	0,7	940	1,33	65	0,65	4	2	2,2	1,6
4АПА80А6У2	0,55	930	2,1	66	0,62	4	2		1,6
4АПА90А6У3	1,1	930	3,0	71	0,74	5,5	2	2,2	1,6

## Приложение 4

Таблица 21

Технические данные трехполюсных автоматов  
с комбинированными расцепителями

Типоисполнение	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители	Пределы регулирования	Кратность силы тока срабатывания
		Сила номинального тока $I_{НОМ, P}$ , А		
АЕ2016Р	10 А, 500 В	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10	(0,9...1,15) $I_{НОМ, P}$	12 $I_{НОМ, P}$
АЕ2036Р	25 А, 500 В	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		
АЕ2046Р	63 А, 500 В	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63		
АЕ2056Р	100 А, 500 В	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100		
АП50Б	63 А, 500 В	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63;	(0,6...1,0) $I_{НОМ, P}$	12 $I_{НОМ, P}$
А3714Б	160 А, 660 В	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	(0,64...1,0) $I_{НОМ, P}$	
ВА51Г25	25 А, 660 В	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	(0,8...1,0) $I_{НОМ, P}$	10 $I_{НОМ, P}$
ВА51Г31	100 А, 660 В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		14 $I_{НОМ, P}$
ВА51Г33	160 А, 660 В	80; 100; 125; 160		
ВА51-35	250 А, 660 В	160; 200; 250		10 $I_{НОМ, P}$
ВА51-37	400 А; 660 В	250; 320; 400		
ВА51-39	630 А, 660 В	400; 500; 630		

## Приложение 5

Таблица 22. Технические данные пускателей серии ПМЛ

Величина пускателя	Номинальная сила тока, А	Число и исполнение контактов вспомогательной цепи	Тип и исполнение						
			Нереверсивное			Реверсивное			
			Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Звезда-треугольник
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	1з. 1р.	ПМЛ–121002 –	ПМЛ–122002 –	ПМЛ–123002 –	– ПМЛ–161102	– ПМЛ–162102	– ПМЛ–163102	ПМЛ–172002 –
2	25	1з. 1р.	ПМЛ–221002 –	ПМЛ–222002 –	ПМЛ–223002 –	– ПМЛ–261102	– ПМЛ–262102	– ПМЛ–263102	ПМЛ–272002 –
3	40	1з.+1р.	ПМЛ–321002	ПМЛ–322002	ПМЛ–323002	ПМЛ–361002	ПМЛ–362002	ПМЛ–363002	–
4	63	1з.+1р.	ПМЛ–421002	ПМЛ–422002	ПМЛ–423002	ПМЛ–461002	ПМЛ–462002	ПМЛ–463002	ПМЛ–472002
5	80	1з.+1р. 2з.+2р.	ПМЛ–521002 ПМЛ–521102	– –	– –	ПМЛ–561102 ПМЛ–561102	– –	– –	ПМЛ–472002 ПМЛ–571002
6	125	1з.+1р. 2з.+2р.	ПМЛ–621002 ПМЛ–621002	– –	– –	ПМЛ–661002 ПМЛ–661102	– –	– –	ПМЛ–671002 –
7	200	2з.+2р.	ПМЛ–721102	–	–	ПМЛ–761102	–	–	–

**Примечания. 1.** Все пускатели имеют степень защиты 1 Р54. **2.** Пускатели первой–четвертой величины допускают установку одной дополнительной контактной приставки для вспомогательных цепей в исполнениях 4 р.: 1 з. + 1 р.; 2 з. + 2 р.; 2 з.; 4 з.

**3.** Номинальная сила тока указана для пускателей открытого исполнения.



## Приложение 6

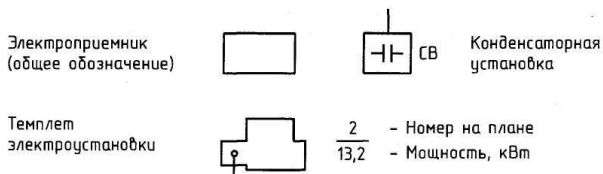
Таблица 23. Технические данные тепловых реле серии РТЛ,  
встраиваемых в пускатели ПМЛ (согласно ТУ 16-253, 549-78)

Величина пускателя	Тип реле	Номинальная сила тока	Среднее значение силы тока теплового элемента реле, А	Пределы регулирования силы тока несрабатывания, А
1	РТЛ-100104	25	0,14	0,1-0,17
	РТЛ-100204		0,21	0,16-0,26
	РТЛ-100304		0,32	0,24-0,4
	РТЛ-100404		0,52	0,38-0,65
	РТЛ-100504		0,8	0,61-1,0
	РТЛ-100604		1,3	0,95-1,6
	РТЛ-100704		2,0	1,5-2,6
	РТЛ-100804		3,2	2,4-4,0
	РТЛ-101004		5,0	3,8-6,0
	РТЛ-101204		6,8	5,5-8,0
	РТЛ-101404		8,5	7,0-10
2	РТЛ-101004		8,5	7,0-10
	РТЛ-101604		12	9,5-14
	РТЛ-102104		16	13-19
	РТЛ-202204		21,5	18-25
3	РТЛ-102204	80	21,5	18-25
	РТЛ-205304		27,0	23-32
	РТЛ-205504		35,0	30-40
4	РТЛ-205504		35	30-40
	РТЛ-205704		44	38-50
	РТЛ-205904		52	47-57
	РТЛ-206104		60	54-66
5	РТЛ-206104		60	54-66
	РТЛ-206304		71,5	63-80
6	РТЛ-206304		71,5	63-80
	РТЛ-312504		200	99
	РТЛ-312504			110
7	РТЛ-312504		110	95-125
	РТЛ-316004		140	120-160
	РТЛ-320004		175	150-200

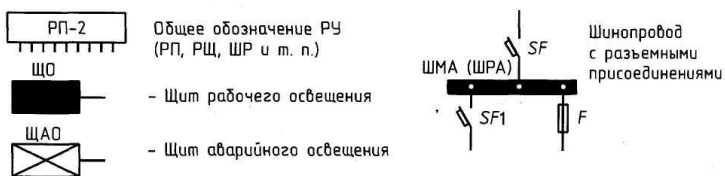
## Приложение 7

### Условные обозначения элементов электрических схем

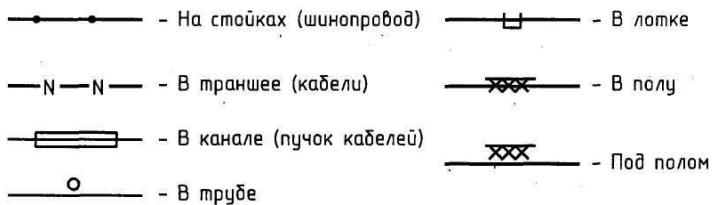
#### Потребители



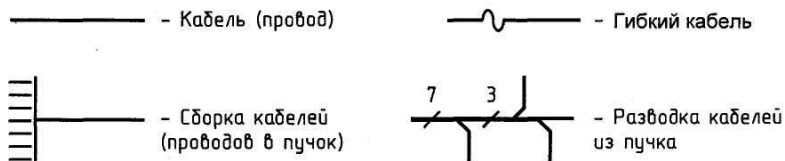
#### Распределительные устройства



#### Прокладка



#### Разводка



Примечание. Прокладку на чертеже показывать в начале отходящих от РП линий.

## Приложение 8

Таблица 24

Первая буква кода	Группа элементов и устройств	2– и 3–буквенный код	Виды элементов и устройств
А	Устройство	АК	Блок реле
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические и наоборот	ВК ВL	Тепловой датчик Фотоэлемент
С	Конденсаторы		
D	Интегральные схемы микросборки	DD	Интегральная схема цифровая
Е	Элементы разные	ЕК EL	Нагревательный элемент Лампа осветительная
F	Разрядники, предохранители, устройства защиты	FA FU FV	Дискретные элементы защиты по току мгновенного срабатывания Предохранители плавкие Разрядники
G	Генераторы; источники питания	GB	Батареи аккумуляторные
Н	Устройства сигнальные	HL	Приборы световой сигнализации
К	Реле, контакторы, пускатели	КА КН КК КМ КТ КV КСС КСТ KL	Реле токовые Реле указательные Реле электротепловые Контакторы, магнитные пускатели Реле времени Реле напряжения Реле команды включения Реле команды отключения Реле промежуточное
L	Катушка индуктивности, дроссели	LL	Дроссель люминесцентного освещения
Р	Приборы измерительные	РА PR PV PI PK	Амперметры Омметры Вольтметры Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии

Окончание табл. 24

Первая буква кода	Группа элементов и устройств	2- и 3- буквен- ный код	Виды элементов и устройств
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	QF QS	Выключатели автоматические Разъединители
R	Резисторы	RK RU	Терморезисторы Варисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	SA SF SB SL  SP  SQ  SR  SK	Выключатели или переключатели Выключатели автоматические Выключатели кнопочные Выключатели срабатывающие от уровня Выключатели срабатывающие от давления Выключатели срабатывающие от положения Выключатели срабатывающие от частоты вращения Выключатели срабатывающие от температуры
T	Трансформаторы	TA TV	Трансформаторы тока Трансформаторы напряжения
V	Приборы полупроводниковые и электровакуумные	VD VS VL	Диоды Транзисторы Приборы электровакуумные
X	Соединения контактные	XA  XP XS XT XN	Токосъемники, контакты скользящие Штыри Гнезда Соединения разборные Соединения неразборные
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	YA	Электромагнит

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Рекомендуемая литература.....	5
Учебное задание.....	6
РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	6
1. Механические характеристики электроприводов.....	6
<i>Практическое задание.</i> Расчет и построение механических характеристик двигателей постоянного и переменного токов.....	6
Методические указания.....	6
Вопросы для самоконтроля.....	11
2. Переходные режимы в электроприводах.....	12
Методические указания.....	12
Вопросы для самоконтроля.....	13
3. Расчет мощности электроприводов.....	13
<i>Практические занятия.</i> 1. Расчет мощности и выбор электродвигателя при продолжительном режиме с переменной нагрузкой. 2. Расчет мощности и выбор электродвигателя при повторно-кратковременном режиме.....	13
Методические указания.....	13
Вопросы для самоконтроля.....	14
4. Энергетика электроприводов.....	15
<i>Практическое занятие.</i> Определение коэффициента мощности и КПД электродвигателя при различной нагрузке.....	15
Методические указания.....	15
5. Аппаратура управления и защиты электродвигателей.....	17
<i>Лабораторные работы.</i> 1. Исследование нереверсивных и реверсивных электромагнитных пускателей. 2. Исследование защиты электродвигателя с устройством УВТЗ. 3. Исследование устройств защиты от неполнофазных режимов.....	17
<i>Практическое занятие.</i> Выбор пусковой и защитной аппаратуры.....	17
Методические указания.....	17

Вопросы для самоконтроля.....	19
6. Автоматическое управление электроприводами.....	19
<i>Лабораторная работа.</i> Монтаж, наладка и испытание схемы автоматического пуска и торможения электропривода с асинхронным электродвигателем.....	19
Методические указания.....	19
Разработка принципиальной схемы автоматического управления и защиты электропривода технологических машин.....	20
Задания для самостоятельной работы.....	26
РАЗДЕЛ II. Электропривод машин, агрегатов и поточных линий.....	27
1. Особенности работы электроприводов в условиях промышленного производства.....	27
<i>Практическое задание.</i> Проверка обеспечения запуска асинхронных короткозамкнутых электродвигателей от источников соизмеримой мощности и устойчивости работы включенных электродвигателей. ....	27
Методические указания.....	27
Задания для самостоятельной работы.....	28
2. Электропривод насосных установок.....	28
<i>Лабораторная работа.</i> Исследование электропривода насосной установки.....	28
<i>Практическое задание.</i> Выбор насосной установки для водоснабжения цеха.....	28
Методические указания.....	28
Задания для самостоятельной работы.....	31
3. Электропривод вентиляционных установок.....	31
<i>Лабораторная работа.</i> Исследование электропривода типовых систем вентиляции.....	31
<i>Практическое задание.</i> Выбор электропривода вентиляционной установки для производственного помещения.....	31
Методические указания.....	31
Вопросы для самоконтроля.....	35

4. Электропривод общепромышленных машин.....	36
<i>Практическое занятие.</i> Определение мощности и выбор типа электродвигателей, аппаратуры управления и защиты для привода общепромышленных машин.....	36
<i>Лабораторная работа.</i> Исследование электроприводов общепромышленных машин.....	36
Методические указания.....	36
Вопросы для самоконтроля.....	37
5. Электропривод транспортных установок.....	37
<i>Лабораторная работа.</i> Исследование электропривода поточных линий раздачи производственной массы продукта.....	37
<i>Практическое задание.</i> Определение мощности и выбор типа электродвигателей, аппаратуры управления, защиты и средств автоматизации поточных линии.....	37
Методические указания.....	37
6. Электропривод металло- и деревообрабатывающих станков.....	39
<i>Лабораторная работа.</i> Исследование электропривода металлорежущего станка.....	39
Методические указания.....	39
<b>Контрольная работа</b> .....	40
<b>Контрольные вопросы</b> .....	42
<b>Контрольные задачи</b> .....	49
Методические указания по выполнению контрольной работы...	56
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	57
Приложение 1.....	58
Приложение 2.....	61
Приложение 3.....	62
Приложение 4.....	63
Приложение 5.....	64
Приложение 6.....	65
Приложение 7.....	66
Приложение 8 .....	67

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**



Учебное издание

А. М. Донченко, А. Г. Сошинов

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
АГРЕГАТОВ И УСТАНОВОК

*Учебное пособие*

Редактор Попова Л. В.

Компьютерная верстка: Попова Л. В.

Темплан 2013 г., поз. № 6К.

Подписано в печать 07. 01. 2013 г.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага листовая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,32.

Тираж 100 экз. Заказ №

Волгоградский государственный технический университет  
400131, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в КТИ

403874, г. Камышин, ул. Ленина, 5.