



Министерство образования Республики Беларусь  
Филиал Учреждения образования «Брестский  
государственный технический университет»  
Политехнический колледж

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора по  
учебной работе Филиала БрГТУ  
Политехнический колледж  
С.В. Маркина  
"\_\_\_" 20\_\_ г.

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

## *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

для выполнения домашних контрольных работ  
для учащихся специальности

2-36 01 31 «Металлорежущие станки и инструменты (по направлениям)»  
(код и название специальности)

заочная  
(форма обучения)

Разработчики: Миласердов А.И., преподаватель Филиала БГТУ  
Политехнический колледж,  
Клухина Г.Н., преподаватель Филиала БГТУ  
Политехнический колледж.

Рецензенты: Тухто Н.И. преподаватель машиностроительных  
дисциплин Филиала БГТУ Политехнический колледж,  
Мирошниченко Д.И. преподаватель машиностроительных дисциплин  
Филиала БГТУ Политехнический колледж.

Методические указания разработаны на основе типовой учебной  
программы для учреждений, обеспечивающих получение среднего  
специального образования по специальности 2-36 01 31  
“Металлорежущие станки и инструменты”, утвержденной  
Министерством образования Республики Беларусь от 07.09.2007 года.

Методические указания обсуждены и рекомендованы к  
использованию на заседании цикловой комиссии машиностроительных  
дисциплин.

Пр. № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » 201\_\_ г.

Председатель цикловой комиссии машиностроительных дисциплин  
\_\_\_\_\_ Е.А. Василевская

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	4
Тематический план .....	5
Программа .....	6
Литература .....	15
Пояснительная записка .....	16
Требования к оформлению домашней контрольной работы....	17
Методические указания по решению задач .....	19
Вопросы и задачи к контрольной работе .....	26
Критерии оценки .....	38
Экзаменационные вопросы .....	40
Приложения.....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Основная форма изучения курса «Электрооборудование металлорежущих станков» - самостоятельная работа учащегося над рекомендованной учебной литературой.

Для полного и успешного усвоения предмета предусматриваются следующие виды занятий:

1. Самостоятельные (для выполнения контрольной работы).
2. Проработка материала по основным вопросам курса на обзорных занятиях и консультациях в течение учебного года и в период лабораторно-экзаменационной сессии.
3. Выполнение лабораторных работ.

При изучении дисциплины «Электрооборудования металлорежущих станков» учащийся выполняет одну контрольную работу. Вариант контрольной работы определяется по двум последним цифрам шифра учащегося по таблицам 2,3,4,5,6 приведенным в методических указаниях. По основной таблице 6 определяются номера вопросов, которые необходимо выполнить. Номер варианта по задачам №68, №69, №70 и №71 дополнительно определяются по таблицам 2,3,4,5 (пример выбора варианта приведен ниже на стр. 18).

Порядок оформления контрольной работы описан ниже в методических указаниях по выполнению контрольных заданий. Вопросы контрольной работы переписываются полностью. Ответ должен быть полным по существу и кратким по форме. На каждой странице необходимо оставлять поле 30 – 40 мм для замечаний преподавателя. Текстовую часть контрольной работы необходимо снабжать рисунками, схемами, ссылками на ГОСТ и т.п.

Закончив контрольную работу, учащийся должен привести перечень литературы, использованной при изучении материала. В конце контрольной работы должно быть оставлены 1 – 2 чистые страницы для записи рецензии.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ тем	Раздел, тема	Количество часов	
		Всего	В том числе на ЛР
	Введение	2	
	Раздел 1. Электрические машины переменного тока	12	
1.1	Асинхронные машины	2	
1.2	Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя	2	
1.3	Пуск и торможение асинхронного двигателя	2	
1.4	Расчет и выбор мощности электродвигателя	2	
1.5	Дуговые и линейные асинхронные двигатели	2	
1.6	Синхронные машины	2	
	Раздел 2. Электрические двигатели постоянного тока	10	
2.1	Понятие о двигателях постоянного тока, их типы и применение	2	
2.2	Характеристики двигателей постоянного тока	2	
2.3	Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока	2	
2.4	Пуск и торможение двигателя постоянного тока	2	
2.5	Высокомоментные двигатели	2	
	Раздел 3. Системы автоматического управления электродвигателем	34	10
3.1	Система «генератор-двигатель»	4	2
3.2	Электромагнитные исполнительные устройства	2	
3.3	Тиристорный привод	4	2
3.4	Электропривод с шаговым двигателем	2	
3.5	Электрические аппараты ручного управления	2	
3.6	Электрические аппараты дистанционного управления	2	
3.7	Электрические аппараты защиты	2	
3.8	Бесконтактные логические элементы	2	
3.9	Электромагнитные усилители	2	
3.10	Автоматическое управление в функции пути	4	2
3.11	Автоматическое управление в функции времени	4	2
3.12	Автоматическое управление в функции скорости	4	2
	Раздел 4. Программное управление в станкостроении	16	
4.1	Основные системы программного управления	2	
4.2	Электрооборудование автоматических станочных линий	2	
4.3	Основные режимы работы и схемы управления автоматических станочных линии	2	
4.4	Роботизация производства	2	
4.5	Электрооборудование промышленных роботов	2	
4.6	Гибкие производственные системы	2	
4.7	Обслуживание систем с программным управлением	2	
4.8	«Безлюдное» производство	2	
	Всего по дисциплине:	74	10

## ПРОГРАММА

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 1.3. Пуск и торможение асинхронного двигателя</b>		
Сформировать понятие о пусковых свойствах двигателя, видах пуска и способа электрического торможения асинхронного двигателя. Дать понятия о видах торможения, их достоинствах и недостатках, применение в схемах управления двигателем.	Пусковые свойства двигателей. Прямой пуск. Пуск асинхронных двигателей с фазным ротором. Пуск асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором при пониженном напряжении. Способы электрического торможения: противовключением, рекуперативное, динамическое и торможение при самовозбуждении двигателя. Достоинства и недостатки всех видов торможения, их применение в схемах управления двигателями.	Объясняет пусковые свойства двигателей. Описывает виды пуска и способы торможения двигателя. Определяет достоинства и недостатки всех видов торможения, объясняет их применение в схемах управления.
<b>Тема 1.4. Расчет и выбор мощности электродвигателя</b>		
Дать понятие о причинах потери мощности, нагреве и режимах работы электродвигателя. Научить рассчитывать мощность электродвигателя по перегрузке и по нагреву и выбирать его по каталогу.	Причины потери мощности в электродвигателе. Нагрев и режимы работы электродвигателя. Расчет мощности двигателя по перегрузке и нагреву и выбор его по каталогу.	Объясняет причины потери мощности и нагрева электродвигателя, режимы работы электродвигателя. Рассчитывает мощность двигателя по перегрузке и нагреву, выбирает его по каталогу.
<b>Тема 1.5. Дуговые и линейные асинхронные двигатели</b>		
Сформировать понятие о применении, устройстве и принципе действия дуговых и линейных двигателей; о скорости бегущего магнитного поля, достоинствах и недостатках дуговых и линейных двигателей.	Устройство и принцип работы дуговых и линейных двигателей. Скорость бегущего магнитного поля. Достоинства и недостатки дуговых и линейных двигателей. Область применения в станкостроении.	Объясняет применение устройства и принцип действия дуговых и линейных двигателей. Раскрывает понятие <<скорость бегущего магнитного поля>>. Описывает достоинства и недостатки дуговых и линейных двигателей.

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 1.6. Синхронные машины</b>		
Сформировать понятие о назначении, устройстве, принципе действия синхронных двигателей; о способах возбуждения, пуске и рабочих характеристиках синхронного двигателя, его достоинствах и недостатках.	Назначение и устройство синхронных машин. Принцип действия синхронных двигателей. Способы возбуждения синхронных двигателей. Пуск и рабочие характеристики синхронного двигателя. Достоинства и недостатки синхронных машин.	Объясняет назначение, устройство и принцип работы синхронных двигателей. Описывает способы возбуждения синхронного двигателя, его пуск и рабочие характеристики, достоинства и недостатки.
<b>Раздел 2. Электрические двигатели постоянного тока</b>		
<b>Тема 2.1. Понятие о двигателях постоянного тока, их типы и применение</b>		
Дать понятие о назначении, устройстве и принципе действия двигателя постоянного тока, способах возбуждения и типах двигателей постоянного тока. Ознакомить с причинами потери мощности в двигателе, КПД и областью применения.	Назначение, устройство и принцип действия двигателя постоянного тока. Способы возбуждения двигателя. Типы двигателей постоянного тока, применяемых в станкостроении. Потери мощности и КПД двигателя постоянного тока.	Объясняет назначение, устройство и принцип действия двигателя постоянного тока. Описывает способы возбуждения и типы двигателей постоянного тока. Называет виды потерь мощности, КПД и область применения двигателей постоянного тока.
<b>Тема 2.2. Характеристики двигателей постоянного тока</b>		
Сформировать понятие о характеристиках двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.	Виды характеристик двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения; моментная, скоростная, механическая и рабочие характеристики.	Описывает характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.
<b>Тема 2.3. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока</b>		
Сформировать понятие о способах регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока, об их достоинствах и недостатках.	Способы регулирования частоты вращения: изменением напряжения, изменением сопротивления якорной цепи и изменением магнитного потока. Достоинства и недостатки каждого способа, применение в схемах управления двигателем постоянного тока.	Описывает все способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока, их достоинства и недостатки.

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 2.4. Пуск и торможение двигателя постоянного тока</b>		
Сформировать понятие о видах пуска и электрического торможения двигателя постоянного тока. Дать представление о регуляторах напряжения и применении торможения в схемах управления двигателями.	Виды пуска двигателя постоянного тока: реостатный и при пониженном напряжении. Регуляторы напряжения: автотрансформаторы с выпрямителями, тиристорные регуляторы и широтно-импульсные преобразователи. Виды торможения: рекуперативное, динамическое и торможение противовключением, их применение в схемах управления двигателем постоянного тока.	Описывает все виды пуска двигателей постоянного тока. Называет все виды регуляторов напряжения. Описывает все виды торможения двигателей постоянного тока, их применение в схемах управления.
<b>Тема 2.5. Высокомоментные двигатели</b>		
Сформировать понятие об устройстве, применении и принципе действия высокомоментных двигателей, об особенностях их магнитных систем и применении.	Устройство и принцип действия высокомоментных двигателей. Особенности их магнитной системы. Применение высокомоментных двигателей в тиристорных приводах.	Описывает назначение, устройство и принцип действия высокомоментных двигателей, особенности их магнитных систем и область применения.
<b>Обязательная контрольная работа № 1</b>		
<b>Раздел 3. Системы автоматического управления электродвигателем</b>		
<b>Тема 3.1. Система &lt;&lt;генератор-двигатель&gt;&gt;</b>		
Сформировать понятие о принципе работы системы <<генератор-двигатель>>, ее механических характеристиках, достоинствах и недостатках, применении в станкостроении.	Схема системы <<генератор-двигатель>>. Принцип работы системы. Механические характеристики. Применение системы в станкостроении. Достоинства и недостатки системы <<генератор-двигатель>>.	Излагает принцип работы и объясняет схему системы <<генератор-двигатель>>, описывает область ее применения, достоинства и недостатки, механические характеристики.
<b>Лабораторная работа № 1</b>		
Научить читать схему системы <<генератор-двигатель>>, исследовать работу схемы, строить механические характеристики.	Исследование схемы системы <<генератор-двигатель>>. Построение механических характеристик системы.	Читает схему системы <<генератор-двигатель>>, объясняет ее назначение, рассчитывает механические характеристики.
Цель изучения темы	Содержание темы	Результат

### **Тема 3.2. Электромагнитные исполнительные устройства**

Сформировать понятие о назначении, конструкции и принципе действия электромагнитных устройств, об их применении в станкостроении.	Электромагниты, электромагнитные муфты и электромагнитные закрепляющие устройства (плиты и столы). Назначение, конструкция и принцип действия электромагнитных устройств, их применение в станкостроении.	Описывает назначение, конструкцию и принцип действия электромагнитных устройств. Излагает сведения о их применении в станкостроении.
---	---	--

### **Тема 3.3. Тиристорный электропривод**

Сформировать представление об основных свойствах и типах тиристорных приводов. Дать понятие о схеме, конструкции и графике работы тиристора, о назначении основных элементов и принципе работы тиристорного привода.	Основные свойства тиристорного привода. Схема, конструкция и график работы тиристора. Схема тиристорного привода. Назначение основных элементов схемы. Принцип работы тиристорного привода. Типы тиристорных приводов, область их применения.	Называет основные свойства и разновидности тиристорных приводов. Описывает схему, конструкцию и график работы тиристора. Излагает принцип работы тиристорного привода.
---	---	---

### **Лабораторная работа № 2**

Научить читать схему тиристорного электропривода, исследовать ее работу, строить механические характеристики.	Исследование схемы тиристорного электропривода. Построение механических характеристик электропривода.	Читает схему тиристорного электропривода. Объясняет назначение ее элементов, строит механические характеристики.
---	---	--

### **Тема 3.4. Электропривод с шаговым двигателем**

Сформировать понятие о назначении, конструкции и принципах действия шагового двигателя, о способах пуска, торможения и регулирования угловой скорости. Ознакомить с областью применения шаговых двигателей.	Шаговые двигатели: назначение, конструкция и принцип действия. Способы пуска и торможения. Регулирование угловой скорости. Область применения.	Описывает назначение, конструкцию и принцип действия шагового двигателя, способы пуска, торможения и регулирования угловой скорости. Называет область применения шаговых двигателей.
--	--	--

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 3.5. Электрические аппараты ручного управления</b>		
Сформировать понятие об электрических аппаратах ручного управления; их применение, конструкции, принцип действия, обозначения в схемах.	Рубильники, тумблеры, пакетные переключатели, контроллеры, кнопки управления: их конструкция, принцип действия и условное обозначение в схемах управления станками. Типы аппаратов ручного управления и их применение в станкостроении.	Объясняет принцип действия аппаратов ручного управления, описывает их типы, конструкции и применение в станкостроении.
<b>Тема 3.6. Электрические аппараты дистанционного управления</b>		
Сформировать понятие о назначении и принципе действия аппаратов дистанционного управления, их типах и обозначениях в схемах.	Контакторы, магнитные пускатели и реле: назначение и принцип действия. Типы и обозначения в схемах управления станками. Применение контакторов и магнитных пускателей для пуска, остановки и реверсирования электродвигателей переменного и постоянного тока.	Объясняет назначение и принцип действия аппаратов дистанционного управления. Описывает их типы и обозначения в схемах.
<b>Тема 3.7. Электрические аппараты защиты</b>		
Сформировать понятие о назначении и принципе действия аппаратов защиты, их типах и обозначениях в схемах.	Плавкие предохранители, реле максимального тока, автоматические воздушные выключатели и тепловые реле: назначение, устройство и принцип действия, типы и условные обозначения аппаратов защиты в схемах.	Описывает назначение, устройство и принцип действия аппаратов защиты, их типы и обозначения в схемах.
<b>Тема 3.8. Бесконтактные логические элементы</b>		
Дать понятие о видах бесконтактных логических элементов, их назначении, принципе действия; о схемах элементов и их аналогов при релейно-контактном управлении; о достоинствах и недостатках систем бесконтактного управления.	Виды логических элементов: назначение и принцип действия. Схемы элементов и их аналоги при релейно-контактном управлении. Достоинства и недостатки систем бесконтактного управления.	Описывает виды логических элементов. Объясняет их назначение, принцип действия, схемы элементов; достоинства и недостатки систем бесконтактного управления.

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 3.9. Электромагнитные усилители</b>		
Сформировать понятие о видах, назначении и принципе действия электромагнитных усилителей, их основных технических параметрах, типах и применении в схемах управления ДПТ.	Виды электромагнитных усилителей. Назначение и принцип действия усилителей. Основные технические параметры и типы магнитных усилителей. Применение электромагнитных усилителей в схемах управления двигателями постоянного тока (ДПТ).	Описывает виды и типы электромагнитных усилителей, объясняет их назначение и принцип действия. Излагает основные технические параметры и сведения об их применении в схемах управления (ДПТ).
<b>Тема 3.10. Автоматическое управление в функции пути</b>		
Сформировать понятие о конструкции и принципе действия путевых выключателей. Ознакомить с их обозначениями в схемах. Сформировать понятие о типовых схемах управления с путевыми выключателями.	Путевые выключатели и переключатели, контактные и бесконтактные: конструкция, принцип действия, их обозначения в схемах. Типовые схемы управления электродвигателями станка с применением путевых выключателей.	Описывает конструкцию и принцип действия путевых выключателей. Различает их обозначение в схемах. Объясняет типовые схемы управления двигателем станка с применением путевых выключателей.
<b>Лабораторная работа № 3</b>		
Научить читать схему автоматического управления электроприводом в функции пути, определять последовательность работы аппаратов управления в схеме.	Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции пути.	Читает схему управления электроприводом в функции пути, объясняет назначение ее элементов. Комментирует последовательность работы аппаратов управления в схеме.
<b>Тема 3.11. Автоматическое управление в функции времени</b>		
Ознакомить с классификацией реле времени. Сформировать понятие о конструкции и принципе действия пневматических, моторных и электромагнитных реле времени, об их обозначении в схемах и применении.	Классификация реле времени. Конструкция и принцип действия пневматических, моторных и электромагнитных реле времени. Условные графические обозначения реле времени в схемах управления станками. Применение реле времени в схемах электродвигателей переменного тока.	Различает типы реле времени. Описывает конструкцию, принцип действия и область применения пневматических, моторных и электронных реле времени, определяет их обозначения в схемах управления станками.

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Лабораторная работа № 4</b>		
Научить читать схему автоматического управления электроприводом в функции времени, определять последовательность работы аппаратов управления в схеме.	Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции времени.	Читает схему управления электроприводом в функции времени, объясняет назначение ее элементов. Комментирует последовательность работы аппаратов управления в схеме.
<b>Тема 3.12. Автоматическое управление в функции скорости</b>		
Дать понятие о датчиках скорости, их конструкции, принципе действия и применении; о схеме торможения противовключением трехфазного асинхронного двигателя с применением реле контроля скорости.	Датчики угловой скорости: тахогенератор и реле контроля скорости, их конструкция, принцип действия, область применения и условные обозначения в схемах. Схема торможения противовключением трехфазного асинхронного двигателя с применением реле контроля скорости.	Описывает конструкцию, принцип действия и область применения датчиков скорости. Объясняет схему торможения двигателя с применением реле контроля скорости.
<b>Лабораторная работа № 5</b>		
Научить читать схемы автоматического управления электроприводом в функции скорости, определять последовательность работы аппаратов управления в схеме	Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции скорости	Читает схему электроприводом в функции скорости, объясняет назначение элементов схемы. Комментирует последовательность работы аппаратов управления в схеме
<b>Обязательная контрольная работа № 2</b>		

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Раздел 4. Программное управление в станкостроении</b>		
<b>Тема 4.1. Основные системы программного управления</b>		
Дать представление о видах программного управления. Сформировать понятие о характеристиках систем управления, видах программируемых устройств, об основных элементах и устройствах систем программного управления	Виды программного управления (ПУ): электрическое копирование, фотоэлектрическое, цикловое и числовое. Характеристика разомкнутых, замкнутых и аналоговых систем управления. Программируемые устройства в системах ПУ. Основные элементы систем программного управления станком. Микропроцессорные устройства в электроприводах с ПУ.	Высказывает общее суждение о видах программного управления. Описывает характеристики, виды программируемых устройств и основные элементы систем с ПУ.
<b>Тема 4.2. Электрооборудование автоматических станочных линий</b>		
Дать представление об основных типах АСЛ. Сформировать понятие о принципах построения схем управления АСЛ, об основных характеристиках и особенностях электрооборудования АСЛ.	Основные типы автоматических станочных линий (АСЛ). Структурная схема автоматической линии. Принципы построения схем управления АСЛ. Электрооборудование АСЛ, его назначение и устройство. Основные характеристики и особенности электрооборудования АСЛ.	Называет основные типы АСЛ. Описывает принципы построения схем управления АСЛ, основные характеристики и особенности электрооборудования АСЛ
<b>Тема 4.3. Основные режимы работы и схемы управления автоматической станочной линии</b>		
Ознакомиться с режимами работы АСЛ. Научить читать схемы управления АСЛ. Дать понятие о структурной схеме автоматической системы эксплуатации линии.	Режимы работы АСЛ: автоматический, полуавтоматический, наладочный. Схема переключения режимов работы автоматической линии. Контроль темпа работы линии, выполнения перемещений и состояния инструмента. Структурная схема автоматической системы эксплуатации линии.	Называет режимы работы линии. Читает схемы управления АСЛ. Объясняет структурную схему автоматической системы эксплуатации линии.

Цель изучения темы	Содержание темы	Результат
<b>Тема 4.5. Электрооборудование промышленных роботов</b>		
Сформировать понятие об электрооборудовании ПР, о видах электроприводов, типах электродвигателей, аппаратах управления, логических элементах и микропроцессорах, применяемых в ПР.	Общие сведения об электрооборудовании промышленных роботов (ПР) и требования к нему. Виды электроприводов, типы электродвигателей, аппараты управления, логические элементы и микропроцессоры, применяемые в ПР.	Излагает общие сведения об электрооборудовании ПР и требованиях к нему. Описывает виды приводов, типы двигателей, аппараты управления, логические элементы и процессоры, применяемые в ПР.
<b>Тема 4.6. Гибкие производственные системы</b>		
Дать понятие о видах гибких производственных модулей и систем, о структурной схеме ГПС. Ознакомить с использованием и организацией управления ГПС.	Виды гибких производственных модулей и систем. Структурная схема гибкой производственной системы (ГПС). Организация управления ГПС и ее использование.	Описывает виды гибких производственных модулей и систем. Объясняет структурную схему ГПС. Высказывает общее суждение об использовании ГПС.
<b>Тема 4.7. Обслуживание систем с программным управлением</b>		
Дать понятие об особенностях работы с электронными приборами и наладки бесконтактных схем управления, о монтаже и обслуживании преобразовательной полупроводниковой техники.	Особенности работы с электронными приборами (печатными платами, интегральными схемами, полупроводниковыми приборами). Особенности наладки бесконтактных схем управления. Монтаж и обслуживание преобразовательной полупроводниковой техники.	Излагает особенности работы с электронными приборами и наладки бесконтактных схем управления, правила монтажа и обслуживания преобразовательной полупроводниковой техники.
<b>Тема 4.8. «Безлюдное» производство</b>		
Дать представление о «безлюдном» производстве и современных технологиях управления станками.	Современный уровень электрификации станков. «Безлюдное» производство как интеграция производственных систем. Перспективы его развития. Современные технологии управления станками.	Высказывает общее суждение о «безлюдном » производстве и современных технологиях управления станками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Грумбина А.Б.** Электрические машины и источники питания РЭА./ Грумбина А.Б. М.: Энергоиздат, 1990г.
2. **Харизоменов И.В.** Электрооборудование станков и автоматических линий./Харизоменов И.В. Харизоменов Г.И. М.: Машиностроение, 1987г.
3. **Кацман М.М.** Электрические машины./ Кацман М.М. М.: Высшая школа, 2000г.
4. **Кацман М.М.** Электрический привод./ Кацман М.М. М.: Академия, 2008г.
5. **Москаленко В.В.** Электрический привод./ Москаленко В.В. М.: «Мастерство», 2000г.
6. **Соломенцев Ю.М.** Управление гибкими производственными системами./ Соломенцев Ю.М. М.: Машиностроение, 1987г.
7. **Сосонкин В.Л.** Программное управление технологическим оборудованием./ Сосонкин В.Л. М.: Машиностроение, 1991г.
8. **Тимофеев А.В.** Адаптивные робототехнические комплексы./ Тимофеев А.В. Л.: Машиностроение, 1989г.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

9. **Чиликин М.Г** «Общий курс электропривода»./ Чиликин М.Г. Сандлер А.С. Энергоатомиздат.: 1981г.
10. **Михайлов О.П.** «Автоматизированный привод станков и промышленных роботов»./ Михайлов О.П. М.: Машиностроение, 1990г.
11. **Тихомиров Э.Л.** «Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ»./ Тихомиров Э.Л. М.: Машиностроение, 1990г.
12. **Белоусов А.Н.** Основы автоматизации и машиностроения./ Белоусов А.Н. М.: Высшая школа, 1982г.
13. **Комаров А.Ф.** Наладка и эксплуатация электрооборудования металлорежущих станков./ Комаров А.Ф. М.: Машиностроение, 1984г.
14. **Кацман М.М.** Справочник по электрическим машинам./ Кацман М.М. М.: Академия, 2005г.
15. ГОСТ 2.702-75. Правила выполнения электрических схем.
16. ГОСТ 2.703-68. Правила выполнения кинематических схем.
17. ГОСТ 2.731-74. Классификация приводов.
18. ГОСТ 2.729-69. Условное изображение в графических схемах.
19. ГОСТ 25685-83. Работы промышленные. Классификация.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программой дисциплины «Электрооборудование металлорежущих станков» предусматривается изучение учащимися всех типов электрических машин, применяемых в составе электроприводов станков, назначение, конструкцию, принципы работы устройств управления и защиты электрооборудования станков, основные принципы управления электроприводов, построение электроприводов автоматических линий и промышленных роботов. Изучение дисциплины основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин “Металлорежущие станки”, “Технологическое оборудование”, “Техническое обслуживание и наладка станков с ПУ и РТК”, “Гибкое автоматизированное производство”.

В результате изучения дисциплины учащиеся

**должны знать :**

устройство, принципы работы, применяемость, достоинства и недостатки электрических машин, используемых в электроприводах станков, автоматических линий и промышленных роботах;

типовыe схемы построения электроприводов, принципы управления и защиты реализуемые в электрооборудовании станков,

принципы построения и структуру автоматических линий и промышленных роботов;

**должны уметь:**

читать электрические схемы типовых металлообрабатывающих станков.

Рассчитать применяемость электрической машины для данного вида обработки.

При изложении учебного материала необходимо ознакомиться со справочной литературой, ГОСТами, стандартами предприятий, строго соблюдать единство терминологии и обозначений технических величин согласно ГОСТ 17752-81, Международной системе единиц (СИ), Единой системе технологической документации (ЕСТД) и Единой системе конструкторской документации (ЕСКД).

## **ТРЕБОВАНИЯ**

### **к оформлению домашней контрольной работы**

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачётной книжки) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 1234, выполняет вариант 34 (см. таблицу вариантов контрольной работы).

При оформлении работ следует придерживаться следующих требований:

1. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4 с пронумерованными страницами одним из следующих способов:

- машинописным; текст печатается на одной стороне листа через 1 (один) интервал, шрифт 14,
- рукописным чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм; следует писать чётко, чёрной пастой, тушью или чернилами;

машинным, с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Текст печатается через один интервал, размер шрифта 14.

2. Контрольная работа включает:

- титульный лист;
- содержание;
- основную часть;
- список использованных источников.

3. Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с приложением Д Стандарта предприятия СТП БГПК 001–2011.

4. Текстовая часть домашней контрольной работы также оформляется в соответствии со Стандартом предприятия СТП БГПК 001–2011.

5. Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Условие каждого задания должно быть приведено полностью.

6. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

7. После выполнения последнего задания должен быть приведен список использованных источников.

8. Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом, либо в папку-скоросшиватель, либо листы работы могут быть скреплены с помощью степлера или ниток .

9. Работа должна быть выполнена и предоставлена на рецензию своевременно, в соответствии с учебным графиком. После получения зачтенной работы необходимо внести дополнения и исправления по замечаниям рецензии.

Если работа не зачтена, учащийся дорабатывает ее в соответствии с рекомендациями преподавателя. Доработка

производится в той же контрольной работе после рецензии преподавателя.

10. При затруднении в выполнении какого – либо задания учащийся может обратиться к преподавателю за консультацией.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

## ЗАДАЧА №68

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал (4) Глава 5 и настоящие методические указания по решению задачи.

Дано: Характеристики режима работы согласно варианта Таблица 2.

Определить:

Расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма работающего в продолжительном режиме S1.

### Краткие теоретические сведения.

Расчету требуемой мощности двигателя должен предшествовать выбор типа двигателя: асинхронный, синхронный, постоянного тока. При этом руководствуются характером работы привода, требуемыми механическими характеристиками, номинальной частотой вращения и требуемым диапазоном ее регулирования. Необходимо определить форму исполнения двигателя по степени защиты, способу монтажа, климатическое исполнение и условия эксплуатации.

Большое значение при выборе двигателя имеют экономические показатели: стоимость двигателя, КПД, коэффициент мощности, масса, габариты, расходы по обслуживанию и на ремонт.

При выборе двигателя с заданными условиями работы для режима работы S1 большое значение имеют начальный пусковой момент и максимальный момент.

Двигатели переменного тока имеют физический предел начального пускового и максимального моментов. Для заданного значения напряжения эти двигатели не могут создавать моментов, превышающих значений, указанных в каталоге (кроме двигателей с фазным ротором).

Выбрать двигатель точно по расчетной величине мощности практически невозможно, т.к. номинальные значения мощностей двигателей, а так же напряжения питания их стандартизированы. Для двигателей мощностью до 1000 кВт и напряжением до 1000 В установлен ряд номинальных мощностей кВт:

0,06	0,18	0,55	1,5	4	11	22	45	90	160	315	630
0,09	0,25	0,75	2,2	5,5	15	30	55	110	200	400	800
0,12	0,37	1,1	3	7,5	18,5	37	75	132	250	500	1000

Номинальные напряжения питания двигателей низкого напряжения (до 1000 В):

Сеть постоянного тока: 27, 110, 220, 440

Сеть переменного тока: 40, 220, 380, 660

Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором кратности пускового момента и максимального момента лежат в пределах  $\lambda_p=1,2\dots2,0$ ,  $\lambda_m=1,8\dots2,2$

Решение:

1. Определяем расчетную мощность двигателя

$$P_{расч} = 0,105 \cdot 10^{-3} \cdot M_C \cdot n / \eta_{мех}$$

2. По каталогу на асинхронные двигатели серии 4А (Таблица 7) выбираем двигатель с большим ближайшим значением номинальной мощности  $P_{ном}$  требуемой частоты вращения (приводятся типоразмер и характеристики двигателя из таблицы).
3. Проверяем двигатель на достаточность начального пускового момента при тяжелых условиях пуска

$$M_{ном} = 9,55 \cdot 10^3 \cdot P_{ном} / n_{ном}$$

$$M_n = M_{ном} \cdot \lambda_n$$

При выполнении неравенства  $M_C > M_p$  двигатель выбран правильно

4. Проверяем двигатель на перегрузочную способность

$$M_{max} = M_{ном} \cdot \lambda_m$$

Действительная перегрузочная способность  $M_{max} / M_C = \lambda_c$

При возможном снижении питающего напряжения на 5% перегрузочная способность составит  $\lambda_c \cdot K_u^2 = \lambda_{5\%}$

При выполнении неравенства  $\lambda_m > \lambda_c$  двигатель выбран правильно

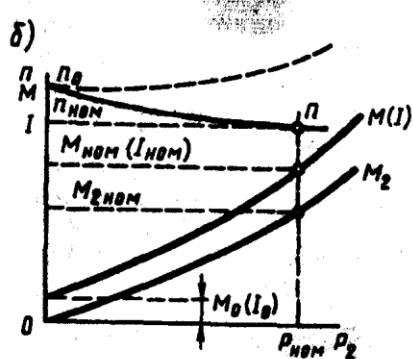
### ЗАДАЧА №69

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал (2) Глава 2, (4) Глава 7 и настоящие методические указания по решению задачи.

Дано: Характеристики двигателя согласно варианта Таблица 3.

Определить:

- Задаваясь значениями момента  $M_2$  рассчитать и построить в относительных единицах рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения  $M_2 = f(P_2)$ ,  $n = f(P_2)$  с номинальным напряжением 220В.
- Сопротивление пускового реостата при заданной кратности пускового тока. Реакцией якоря пренебречь.



Краткие теоретические сведения.  
Характерной особенностью двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением является то, что ток в обмотке возбуждения (ОВ) не зависит от тока нагрузки (тока якоря). Реостат в цепи возбуждения ПР служит для регулирования тока в обмотке

возбуждения и магнитного потока главных полюсов.

Эксплуатационные свойства двигатели определяются его рабочими характеристиками, под которыми понимают зависимость частоты вращения  $n = f(P_2)$ , тока якоря  $I_a = f(P_2)$ , полезного момента  $M_2 = f(P_2)$ , вращающего момента  $M = f(P_2)$  от мощности на валу двигатели  $P_2$  при  $U = \text{const}$  и  $I_b = \text{const}$ .

Для анализа зависимости  $n = f(P_2)$  которую обычно называют скоростной характеристикой, обратимся к формуле  $n = \frac{U - I_a \sum r}{c_e * \Phi}$ , из которой видно, что при неизменном напряжении  $U$  на частоту вращения влияют два фактора: падение напряжения в цепи якоря  $I_a * \Sigma r$  и поток возбуждения  $\Phi$ . При увеличении нагрузки уменьшается числитель, при этом вследствие реакции якоря уменьшается и знаменатель  $\Phi$ . Обычно ослабление потока, вызываемое реакцией якоря, невелико и первый фактор влияет на частоту вращения сильнее, чем второй. В итоге частота вращения двигатели с ростом нагрузки  $P_2$  уменьшается, а график  $n = f(P_2)$  приобретает падающий вид с небольшой выпуклостью, обращенной к оси абсцисс. Зависимость полезного момента  $M$  от нагрузки установлена формулой  $M_2 = 9,55P_2/n$ . С увеличением нагрузки частота вращения двигателя снижается, и поэтому зависимость  $M=f(P_2)$  криволинейна.

### Решение:

Задаваясь различными значениями момента  $M_2$ , вычисляем по формуле  $M_2 = 9,55P_2/n$  значения скорости вращения вала и полезной мощности на валу двигателя, заносим полученные данные в таблицу 1 и строим графики зависимости в относительных единицах, задаваясь масштабом для значений  $P_2$  и  $\omega$  (Рисунок 1).

Таблица 1

$M_2 (H \cdot m)$	1	3	5	6	9
$P_2 (Bm)$	314	942	1570	2512	3140
$\omega (c^{-1})$	14,3	4,7	2,8	2,3	1,5

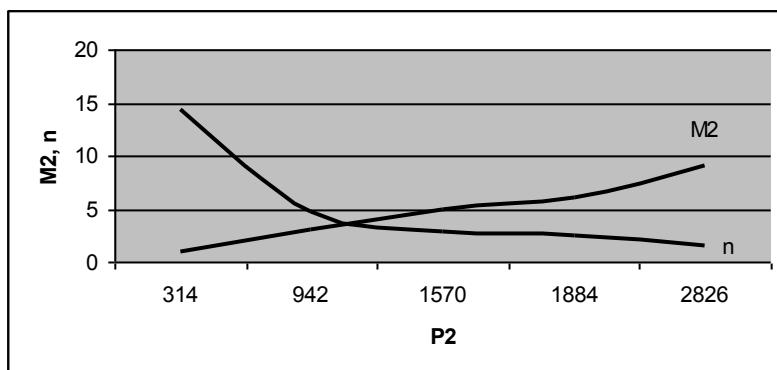


Рисунок 1

Для расчета сопротивления пускового реостата при заданной кратности пускового тока необходимо найти:

- Мощность энергии потребляемой из сети в номинальном режиме

$$P_{1HOM} = \frac{P_{HOM}}{\eta}$$

- Номинальный ток для параллельного включения Я и ОВ ( $I = I_{я} + I_{ов}$ )

$$I_{HOM} = \frac{P_{1HOM}}{U_{HOM}}$$

$$I_B = \frac{U_{HOM}}{R_B}$$

- Ток возбуждения

- Номинальный ток якоря  $I_{я-HOM} = I_{HOM} - I_B$

- Начальный пусковой ток  $I_{\Pi} = I_{\Pi^*} * I_{HOM}$

- Начальный пусковой ток якоря  $I_{я-\Pi} = I_{\Pi} - I_B$

$$R_{я} + R_{\Pi} = \frac{U_{HOM}}{I_{я-\Pi}}$$

- Начальное сопротивление якорной цепи в момент пуска

- Сопротивление пускового реостата  $R_{\Pi} = (R_{я} + R_{\Pi}) - R_{я}$

Ответ:  $R_{\Pi} = \dots$

### **ЗАДАЧА №70**

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал (2) Глава 2, (4) Глава 7 и настоящие методические указания по решению задачи.

Дано: Моменты нагрузки на валу двигателя для участков графика нагрузки при повторно-кратковременном режиме работы S6, время работы двигателя с заданными моментами нагрузки, частота вращения двигателя, коэффициент учитывающий снижение напряжения (согласно таблицы 3).

Определить: Для данного варианта построить нагрузочную диаграмму, определить расчетную мощность двигателя и выбрать по каталогу АД, предназначенный для привода механизма с циклическим графиком нагрузки в повторно-кратковременном режиме работы S6. Провести проверку двигателя по перегрузочной способности, по нагреву.

### Краткие теоретические сведения

Критерии выбора электродвигателя.

Выбор мощности и типа ЭД для привода станков и ПР представляет собой важную и достаточно сложную задачу. Правильно выбранный ЭД должен обеспечить выполнение технологического процесса при наименьших затратах энергии, установленной мощности и эксплуатационных затратах.

С этой точки зрения установка на станке ЭД завышенной мощности крайне нежелательна. Это увеличивает первоначальные затраты,

усложняет конструкцию и увеличивает ее размеры. ЭД повышенной мощности окажется недогружен в процессе эксплуатации и будет работать с низким КПД и cosφ (если это двигатель переменного тока). Обычно конструкторы станков и ПР по аналогии с запасом прочности механических конструкций стремятся создать запас мощности в ЭД и завышают ее. Это стремление не только бесполезно, но и крайне вредно с энергетической точки зрения.

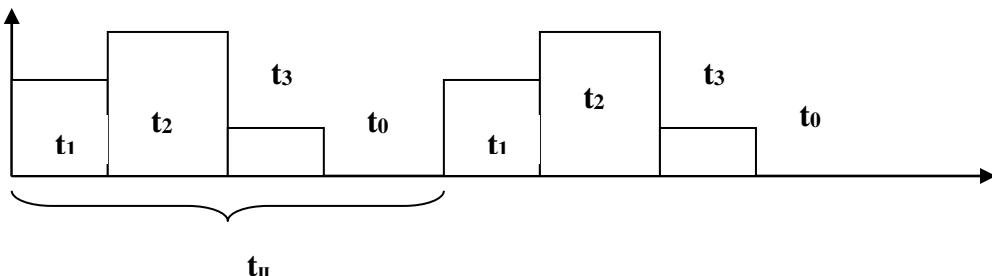
С другой стороны, выбор ЭД недостаточной мощности приводит к уменьшению производительности станка и ПР. При перегрузке ЭД увеличиваются потери мощности и нагрев двигателя, который ускоряет старение изоляции. Таким образом, при выборе ЭД по мощности следует придерживаться золотой середины и с возможной точностью определять ее значение.

Основным критерием выбора мощности электродвигателя является его нагрев. Номинальная мощность ЭД определяется исходя из допустимого нагрева изоляции. При расчете тепловых режимов и выборе мощности ЭД температуру окружающей среды принимают равной 40 °C.

Повторно-кратковременный режим является основным режимом для приводов станков, работающих в автоматическом режиме с коротким циклом обработки. ЭД для такого режима работы выбирают по номинальной мощности и продолжительности включения ПВ. Если мощность и продолжительность включения реального цикла нагрузки совпадают с нормированными значениями, то ЭД выбирают по каталогу и никаких затруднений при этом не возникает. Однако часто реальные параметры цикла не совпадают с нормированными и реальный цикл необходимо заменить эквивалентным по потерям за время цикла.

#### Порядок решения задачи:

1. Строится график нагрузки по данным задания.



2. Определяется  $t_{Ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_0$

3. Определяется продолжительность включения расчетная (ПВ).

$$ПВ = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_{Ц}}$$

4. Определяется эквивалентный момент на валу двигателя без учета

$$M_{ЭКВ} = \sqrt{\frac{M_1^2 * t_1 + M_2^2 * t_2 + M_3^2 * t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + k_2 t_0}}$$

пуска и торможения.

5. Определяется эквивалентная мощность.  $P_{ЭКВ} = 0,105 * M_{ЭКВ} * n_2$

$$P_p = P_{ЭКВ} * \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_t}}$$

6. Определяется расчетная мощность
7. Для табличной продолжительности включения ПВ по приложению таблицы 5 и 6 выбирается двигатель.

Проверка двигателя по перегрузочной способности.

8. Определяется максимальный момент двигателя  $M_{max} = M_{MAX}^* M_{ном}$
9. Проверяется двигатель по перегрузочной способности  

$$M_{наиб} < \kappa_U * M_{max}$$
10. Если неравенство не выполняется, то необходимо выбрать другой двигатель и провести его проверку.

Проверка двигателя по нагреву.

11. Определяются номинальные потери выбранного двигателя  

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} * (1 - \eta_{ном}) / \eta_{ном}$$
12. Определяются средние потери за время цикла  

$$\Delta P_{ср} = \frac{1}{t_{Ц}} * (\Delta P_1 * t_1 + \Delta P_2 * t_2 + \Delta P_3 * t_3)$$
13. где  $\Delta P_K = P_K (1 - \eta_K) / \eta_K$ , принимаем для выбранного режима  

$$\eta_{ном} = \eta_K$$
14. Проверяется соответствие средних потерь за один цикл работы номинальным потерям  $\Delta P_{ср} < \Delta P_{ном}$
15. Если неравенство не выполняется, необходимо выбрать другой двигатель и проверить его по перегрузочной способности и по нагреву.
16. Делается вывод о выбранном двигателе.

### **ЗАДАЧА №71**

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал (4) Глава 5 и настоящие методические указания по решению задачи.

Дано: Характеристики режима работы согласно варианта Таблица 5.

Определить:

Расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма работающего в кратковременном режиме S2.

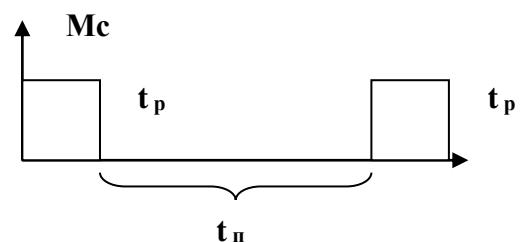
#### Краткие теоретические сведения

Задача расчета сводится к определению мощности двигателя  $P_{ном}$ , способного выдерживать перегрузку  $P_{кр}$  работая в кратковременном режиме в течение времени  $t_{кр}$ . Перегрев двигателя не должен превышать значения  $\tau_{уст}$ , соответствующего продолжительному режиму работы двигателя с  $P_{ном}$ .

При расчетах строится нагрузочная диаграмма и на основании ее рассчитывается  $t_p$ . Далее определяется коэффициент механической перегрузки по мощности по графику  $P_m=f(t^*)$ , где  $t^*=t_p/T_h$ .

Порядок решения задачи:

1. Строится нагрузочная диаграмма вида:



2. Определяется требуемая мощность двигателя

$$P_{kp} = 0,105 \cdot 10^{-3} \cdot Mc \cdot n / \eta_{mex}$$

3. Выбираем асинхронный двигатель серии 4А (основное исполнение)

4. Определяется относительное значение времени рабочего цикла

$$t^* = t_p / T_h$$

5. По графику для определения коэффициента механической перегрузки определяем  $P_m$  (приложения).

6. Определяем мощность двигателя продолжительного режима, используемого в кратковременном режиме

$$P'_{nom\ kp} = P_{kp} / P_m$$

7. По каталогу на асинхронные двигатели серии 4А (основное исполнение) (Таблица 7) выбираем двигатель с большим ближайшим значением номинальной мощности  $P_{nom}$  требуемой частоты вращения (приводятся типоразмер и характеристики двигателя из таблицы).

8. Определяем частоту вращения при кратковременной нагрузке

$$n'_{nom} = n_1 - \frac{P_{kp}}{P_{nom}} (n_1 - n_{nom})$$

9. Определяем момент на валу двигателя, соответствующий кратковременной нагрузке  $P_{kp}$  и частоте вращения  $n_{kp}$ .

$$M_{kp} = 9,55 \cdot 10^3 \cdot P_{kp} / n_{kp} \text{ т.е. } M_{kp} > M_c$$

10. Определяем номинальный врачающий момент двигателя в продолжительном режиме

$$M_{nom} = 9,55 \cdot 10^3 \cdot P_{nom} / n_{nom}$$

11. Определяем максимальный момент  $M_{max} = M_{nom} * \lambda_{max}$

12. Определяем действительную перегрузочную способность двигателя  $M_{max}/M_c$

13. Определяем перегрузочную способность при возможном уменьшении напряжения сети на 5%

14. Определяем пусковой момент двигателя, который должен превышать статический момент  $M_c$

15. Делаем вывод о возможности работы выбранного двигателя

## ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Приведите и опишите привод главного движения токарных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
2. Приведите и опишите привод главного движения строгальных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
3. Приведите и опишите привод главного движения сверлильных и расточных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
4. Приведите и опишите привод главного движения фрезерных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
5. Приведите и опишите привод главного движения шлифовальных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
6. Приведите и опишите привод подачи токарных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
7. Приведите и опишите привод подачи строгальных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
8. Приведите и опишите привод подачи сверлильных и расточных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
9. Приведите и опишите привод подачи шлифовальных станков с ЧПУ.
  - Назначение, требования предъявляемые к данному типу привода.
  - Типовая схема исполнения, назначение элементов, ее работа.
10. Приведите и опишите электромагниты и их применение.

- Назначение, устройство различных типов электромагнитов, принцип работы.
  - Применение электромагнитов в схемах электрооборудования станков, схемы включения, работа в составе схемы.
11. Приведите и опишите электромагнитные муфты и их применение.
- Классификация, назначение, устройство различных типов электромагнитных муфт, принцип работы.
  - Применение электромагнитов в схемах электрооборудования станков, схемы включения, работа в составе схемы.
12. Приведите и опишите электропривод системы «генератор-двигатель».
- Назначение, схема реализации, принцип работы схемы, характеристики системы.
  - Достоинства и недостатки системы «генератор-двигатель», применение в схемах электроприводов станков.
13. Приведите и опишите высокомоментные электродвигатели постоянного тока.
- Устройство, принцип работы, применение, характеристики.
14. Приведите и опишите тиристорный электропривод постоянного тока.
- Схема электропривода, состав и принцип работы, характеристики системы.
  - Тиристор, принцип работы, характеристики.
15. Приведите и опишите шаговые электродвигатели.
- Устройство, принцип работы, применение, характеристики.
16. Приведите и опишите позиционные устройства ЧПУ.
- Классификация систем ЧПУ. Структурная схема, назначение входящих в нее элементов.
  - Пульт оператора, органы управления и индикации.
17. Приведите и опишите назначение, устройство, принцип действия основных типов контакторов.
- Схемы включения, работа в составе схемы.
18. Приведите и опишите устройства защиты цепей электропривода.
- Виды защит применяемых в электроприводах станков, их характеристика.
  - Схемы включения устройств защиты в цепи питания и управления.
  - Устройство, принцип работы реле тока, тепловых реле.

19. Приведите и опишите электромагнитные усилители.
- Назначение, устройство различных типов усилителей, принцип работы.
  - Применение электромагнитных усилителей в схемах электрооборудования станков, схемы включения, работа в составе схемы.
20. Приведите и опишите электромагнитные столы и плиты.
- Назначение, устройство электромагнитных столов и плит, принцип работы.
  - Применение электромагнитных столов и плит в схемах электрооборудования станков, схемы включения, работа в составе схемы.
21. Приведите и опишите автоматическое управление в функции пути.
- Сущность управления в функции пути.
  - Типовая схема управления в функции пути.
  - Аппараты и устройства применяемые в схемах управления.
22. Приведите и опишите автоматическое управление в функции времени.
- Сущность управления в функции времени.
  - Типовая схема управления в функции времени.
  - Аппараты и устройства применяемые в схемах управления.
23. Приведите и опишите автоматическое управление в функции скорости.
- Сущность управления в функции скорости.
  - Типовая схема управления в функции скорости.
  - Аппараты и устройства применяемые в схемах управления.
24. Приведите и опишите асинхронные двигатели с короткозамкнутым и фазным ротором.
- Устройство, принцип работы, применение, характеристики.
25. Приведите и опишите двигатель постоянного тока (по выбору). Устройство, принцип работы, применение, характеристики.
26. Приведите и опишите электрооборудование типовой автоматической линии, структурная схема, назначение входящих в нее элементов, принцип работы.
27. Приведите и опишите приводы промышленных роботов с асинхронными двигателями.

- Типовая функциональная схема, назначение входящих элементов, принцип работы
28. Приведите и опишите питание АД, реализованное в приводе ПР.
29. Приведите и опишите типы асинхронных двигателей применяемые в приводах ПР, их характеристики.
30. Приведите и опишите аппаратуру ручного управления электропривода.
- Назначение, устройство и принцип работы.
31. Приведите и опишите типовые схемы включения аппаратов ручного управления, работа в составе схемы.
32. Приведите и опишите схемы пуска и реверсирования асинхронных двигателей.
- Характеристики пуска АД.
  - Типовые схемы пуска, реверсирования АД с короткозамкнутым и фазным роторами, работа схем.
33. Приведите и опишите аппаратуру контактного управления электроприводами.
- Типы устройств, схемы включения, принцип работы.
34. Приведите и опишите принцип работы машины переменного тока.
- Образование вращающегося магнитного поля в трехфазной двухполюсной обмотке.
  - Генераторный режим.
  - Двигательный режим.
35. Приведите и опишите потери и КПД асинхронного двигателя.
36. Приведите и опишите механическую и рабочие характеристики асинхронного двигателя.
37. Приведите и опишите способ регулирование частоты вращения асинхронного двигателя изменением скольжения.
38. Приведите и опишите характеристики синхронного генератора.
39. Приведите и опишите пуск в ход синхронного генератора.
40. Приведите и опишите реакцию якоря машины постоянного тока.

41. Приведите и опишите коммутацию в машинах постоянного тока.
42. Приведите и опишите характеристики генераторов постоянного тока.
43. Приведите и опишите характеристики двигателей постоянного тока.
44. Приведите и опишите регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока.
45. Приведите и опишите преобразователи питающих напряжений на тиристорах.
46. Приведите и опишите электродвигатели постоянного тока для промышленных роботов.
47. Приведите и опишите способы возбуждения машин постоянного тока.
48. Приведите и опишите реверсивные магнитные пускатели, их использование в схемах управления АД.
  
49. Приведите и опишите типовые схемы торможения асинхронных двигателей.
50. Приведите и опишите фрикционные быстродействующие электромагнитные муфты.
51. Приведите и опишите схему управления двумя узлами станка движущимися попаременно.
52. Приведите и опишите схему управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.
53. Приведите и опишите основные системы ЧПУ. Краткая характеристика.
54. Приведите и опишите цикловое программное управление.
55. Приведите и опишите порошковые электромагнитные муфты
56. Приведите и опишите режимы работы машины постоянного тока.
57. Приведите и опишите коэффициент полезного действия машины постоянного тока.

58. Приведите и опишите порядок проверки электродвигателей по нагреву прямым методом.
59. Приведите и опишите критерии выбора электродвигателей.
60. Приведите и опишите выбор электродвигателей для продолжительного режима работы.
61. Приведите и опишите выбор электродвигателей для кратковременного режима работы.
62. Приведите и опишите выбор электродвигателей для повторно-кратковременного режима работы.
63. Приведите и опишите допустимую частоту включений асинхронных короткозамкнутых электродвигателей.
64. Приведите и опишите классификацию режимов работы электродвигателей, их характеристика.
65. Приведите и опишите виды логических элементов: назначение и принцип действия.
66. Приведите и опишите схемы логических элементов и их аналоги при релейно-контактном управлении. Охарактеризуйте достоинства и недостатки систем бесконтактного управления.
67. Приведите и опишите следящий электропривод с релейным управлением. Поясните понятие «схема электрическая структурная привода».

## ЗАДАЧИ

68. Расчет мощности двигателей для продолжительного режима работы S1.

Определить расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма, работающего в продолжительном режиме S1, проверить двигатель на достаточность пускового момента и перегрузочную способность. Привод нерегулируемый, статический нагрузочный момент механизма  $M_c$ , требуемая частота вращения  $n_{\text{ном}}$ , КПД механизма  $\eta$  задан в таблице. По условиям эксплуатации выбирается двигатель закрытого исполнения IP44, расположение вала горизонтальное, крепление двигателя фланцевое.

Таблица 2

№ варианта	$M_1(H^*M)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$\eta(%)$	№ варианта	$M_1(H^*M)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$\eta(%)$
1	2	3	4	1	2	3	4
1.	30	560	92	2.	130	2600	72
3.	35	600	91	4.	140	2700	71
5.	40	640	89	6.	150	2800	60
7.	45	680	88	8.	160	2900	92
9.	50	720	88	10.	170	3000	91
11.	55	760	87	12.	180	800	89
13.	60	800	86	14.	190	840	88
15.	70	840	85	16.	200	880	88
17.	80	880	85	18.	210	820	87
19.	90	820	84	20.	220	860	86
21.	100	860	84	22.	230	900	85
23.	110	900	83	24.	240	940	85
25.	120	940	83	26.	250	980	84
27.	130	980	82	28.	30	1000	84
29.	140	1000	82	30.	35	1240	83
31.	150	1240	81	32.	40	1300	83
33.	160	1300	81	34.	45	1400	82
35.	170	1400	80	36.	50	1500	82
37.	180	1500	79	38.	55	1700	81
39.	190	1700	78	40.	60	1900	81
41.	200	1900	77	42.	70	2000	80
43.	210	2000	76	44.	80	2200	79
45.	220	2200	75	46.	90	2300	78
47.	230	2300	74	48.	100	2400	77
49.	240	2400	73	50.	110	560	76
51.	250	2500	72	52.	120	600	89
53.	260	2600	71	54.	510	640	88
55.	270	2700	60	56.	540	680	88
57.	280	2800	92	58.	570	720	87
59.	290	2900	91	60.	600	760	86
61.	300	3000	89	62.	630	800	85
63.	330	800	88	64.	660	840	85
№ варианта	$M_1(H^*M)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$\eta(%)$	№ варианта	$M_1(H^*M)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$\eta(%)$
65.	360	840	88	66.	690	880	84
67.	390	880	87	68.	710	820	84
69.	420	820	86	70.	730	860	83
71.	450	860	85	72.	760	900	83
73.	480	900	85	74.	790	940	82
75.	510	940	84	76.	800	980	82
77.	540	980	84	78.	840	1000	81
79.	570	1000	83	80.	260	1240	81

81.	600	1240	83	82.	270	1300	80
83.	630	1300	82	84.	280	1400	79
85.	660	1400	82	86.	290	1500	78
87.	690	1500	81	88.	300	1700	77
89.	710	1700	81	90.	330	1900	76
91.	730	1900	80	92.	360	2000	75
93.	760	2000	79	94.	390	2200	74
95.	790	2200	78	96.	420	2300	73
97.	800	2300	77	98.	450	2400	72
99.	840	2400	76	100.	480	2600	71

69. Расчет и выбор двигателя постоянного тока для регулируемого привода.

Задаваясь значениями момента  $M_2$  рассчитать и построить в относительных единицах рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с номинальным напряжением 220В. Определить сопротивление пускового реостата при заданной кратности пускового тока. Реакцией якоря пренебречь. Данные для расчета характеристик приведены ниже в таблице. Если номер шифра более 50 необходимо его разделить на 2 и выполнять вариант согласно полученной цифры (пример: шифр 67. Определяем вариант:  $67/2=33,5$ , округляем до 34 и выполняем вариант №34).

Таблица 3

№ варианта	$P_{\text{ном},K}$ (Вт)	$I_{\text{ном}}$ (А)	$R_{\text{я}}$ , (Ом)	$R_{\text{в}}$ , (Ом)	$I_n^*$	№ варианта	$P_{\text{ном},K}$ Вт	$I_{\text{ном}}$ , А	$R_{\text{я}}$ , Ом	$R_{\text{в}}$ , Ом	$I_n^*$
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
$n_{\text{ном}}=3000$ об/мин											
01	1,5	9	2,72	744	2	26	1,5	9,3	3,97	369	2
02	2,2	12,5	1,35	883	2	27	2,2	13,3	2,3	321	2
03	3,0	16,5	0,856	353	2	28	3,0	17,1	1,44	222	2
04	4,0	21,6	0,459	335	2	29	4,0	22,4	0,884	243	2
05	5,5	30,2	0,484	370	2	30	5,5	30	0,66	209	2
06	7,5	44,1	0,270	180	1,8	31	7,5	40,3	0,528	179	1,8
07	11	59	0,183	220	1,8	32	11	69,3	0,434	119	1,8
08	15	79,3	0,099	125	1,8	33	15	84	0,35	151	1,8
09	18,5	96	0,098	137	1,8	34	18,5	102	0,216	135	1,8
10	22	112	0,065	127	1,8	35	22	117	0,116	56,5	1,8
11	30	157	0,064	85	1,8	36	30	160	0,097	50	1,8
$n_{\text{ном}}=1500$ об/мин											
12	45	230	0,045	94	1,8	37	37	193	0,078	68	1,8
13	1,5	8,7	3,3	583	2	38	45	235	0,076	68	1,8
14	2,2	12	1,5	440	2	39	55	286	0,048	53	1,5

15	3,0	17,2	1,4	260	2	40	75	385	0,032	45,5	1,5
16	4,0	26,7	1,08	300	2	41	90	460	0,022	39	1,5
17	5,5	30,5	0,633	174	2	42	110	562	0,021	39	1,5
18	7,5	40,8	0,37	198	1,8	43	132	667	0,021	34	1,5
19	11	59,5	0,257	175	1,8				n <sub>ном</sub> =750 об/мин		
20	15	79	0,173	220	1,8	44	15	85	0,355	129	1,8
21	18,5	100	0,179	108	1,8	45	18,5	100	0,22	103	1,8
22	22	116	0,122	94	1,8	46	22	120	0,148	61,5	1,8
23	30	156	0,106	134	1,5	47	30	158	0,08	44,5	1,5
24	45	233	0,068	110	1,5	48	45	240	0,071	53	1,5
25	55	287	0,036	50	1,5	49	55	286	0,046	45,5	1,5
						50	75	387	0,053	39	1,5

70. Расчет и выбор двигателя переменного тока для привода станка с ЧПУ для повторно-кратковременного режима работы.

В таблице Дано: моменты нагрузки на валу двигателя для участков графика нагрузки при повторно-кратковременном режиме работы S3, время работы двигателя с заданными моментами нагрузки, частота вращения двигателя, коэффициент учитывающий снижение напряжения.

Для данного варианта построить нагрузочную диаграмму и определить: расчетную мощность двигателя и выбрать по каталогу АД, предназначенный для привода механизма с циклическим графиком нагрузки в повторно-кратковременном режиме работы S3. Провести проверку двигателя по перегрузочной способности, по нагреву.

Таблица 4

№ варианта	M <sub>1</sub> (H*м)	M <sub>2</sub> (H*м)	M <sub>3</sub> (H*м)	t <sub>1</sub> ©	t <sub>2</sub> ©	t <sub>3</sub> ©	t <sub>0</sub> ©	n <sub>2 ном</sub>	k <sub>U</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	80	40	60	10	5	20	25	1410	0,95
2.	120	100	95	10	10	15	55	930	0,9
3.	50	20	30	10	15	10	5	915	0,85
4.	150	125	145	10	20	10	60	930	0,95
5.	150	130	160	10	25	20	35	1415	0,9
6.	40	30	10	5	15	20	10	930	0,85
7.	40	25	20	5	15	15	5	1420	0,95
8.	30	15	25	5	20	10	25	950	0,90
9.	20	15	10	5	10	5	60	935	0,85
10.	180	140	150	5	15	15	25	1440	0,95
11.	30	20	10	15	10	20	5	1440	0,90
12.	30	40	60	15	5	15	5	1440	0,85
13.	30	45	20	15	10	10	5	1410	0,95
14.	30	50	30	15	15	10	10	940	0,90
15.	200	180	170	15	20	5	60	930	0,85
16.	220	230	215	10	15	10	25	940	0,95

17.	20	15	25	10	10	15	5	930	0,95
18.	20	45	40	10	5	10	75	950	0,85
19.	25	20	15	10	15	15	60	950	0,95
20.	20	25	15	10	10	5	20	1440	0,90
21.	25	50	40	15	15	20	5	1400	0,85
22.	25	20	10	15	15	5	25	950	0,95
23.	20	35	10	15	15	10	30	920	0,90
24.	25	40	10	15	15	15	5	930	0,85
25.	25	15	10	15	10	20	5	950	0,95
26.	245	230	240	5	10	10	40	940	0,90
27.	60	50	55	5	15	25	10	1410	0,85
28.	45	10	20	5	20	10	50	950	0,95
29.	45	15	10	5	10	10	75	950	0,90
30.	40	20	10	5	20	5	20	1440	0,85

71. Расчет мощности двигателя для кратковременного режима работы S2

Выбрать трехфазный асинхронный двигатель для кратковременного режима работы. В таблице заданы частота вращения двигателя  $n_2$  ном (об/мин), время работы  $t_p$  С, статический момент сопротивления  $M_s$  (Н\*м), двигатель закрытого исполнения, климатические условия и место установки – У3. Для расчетов принять постоянную времени нагревания  $T_h=30$ мин.

Таблица 5

№ варианта	$M_1(H^*m)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$t_p$ С,	№ варианта	$M_1(H^*m)$	$n_{ном}$ (об/мин)	$t_p$ С,
1	2	3	4	1	2	3	4
1.	30	560	200	2.	130	2600	210
3.	35	600	220	4.	140	2700	230
5.	40	640	240	6.	150	2800	250
7.	45	680	260	8.	160	2900	270
9.	50	720	280	10.	170	3000	285
11.	55	760	290	12.	180	800	295
13.	60	800	300	14.	190	840	305
15.	70	840	310	16.	200	880	315
17.	80	880	320	18.	210	820	330
19.	90	820	340	20.	220	860	345
21.	100	860	350	22.	230	900	355
23.	110	900	360	24.	240	940	365
25.	120	940	380	26.	250	980	370
27.	130	980	400	28.	30	1000	390
29.	140	1000	420	30.	35	1240	410
31.	150	1240	440	32.	40	1300	430
33.	160	1300	460	34.	45	1400	450
35.	170	1400	480	36.	50	1500	470
37.	180	1500	500	38.	55	1700	490

39.	190	1700	520	40.	60	1900	510
41.	200	1900	540	42.	70	2000	530
43.	210	2000	560	44.	80	2200	550
45.	220	2200	580	46.	90	2300	570
47.	230	2300	600	48.	100	2400	590
49.	240	2400	640	50.	110	560	620
51.	250	2500	680	52.	120	600	660
53.	260	2600	720	54.	510	640	700
55.	270	2700	760	56.	540	680	740
57.	280	2800	800	58.	570	720	780
59.	290	2900	840	60.	600	760	820
61.	300	3000	880	62.	630	800	860
63.	330	800	920	64.	660	840	900
65.	360	840	960	66.	690	880	940
67.	390	880	1000	68.	710	820	980
69.	420	820	1040	70.	730	860	1020
71.	450	860	1080	72.	760	900	1060
73.	480	900	1120	74.	790	940	1100
75.	510	940	1180	76.	800	980	1140
77.	540	980	1220	78.	840	1000	1200
79.	570	1000	1260	80.	260	1240	1240
81.	600	1240	1300	82.	270	1300	1280
83.	630	1300	1340	84.	280	1400	1320
85.	660	1400	1380	86.	290	1500	1360
87.	690	1500	1420	88.	300	1700	1400
89.	710	1700	1460	90.	330	1900	1440
91.	730	1900	1500	92.	360	2000	1480
93.	760	2000	1540	94.	390	2200	1520
95.	790	2200	1580	96.	420	2300	1560
97.	800	2300	1620	98.	450	2400	1600
99.	840	2400	1660	100.	480	2600	1640

**ТАБЛИЦА 6**

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 10, 68, 69, 70/1. 71	2, 11, 68, 69, 70/2. 71	3, 12, 68, 69, 70/3. 71	4, 13, 68, 69, 70/4. 71	5, 14, 68, 69, 70/5. 71	6, 15, 68, 69, 70/6. 71	7, 16, 68, 69, 70/7. 71	8, 17, 68, 69, 70/8. 71	9, 18, 68, 69, 70/9. 71	1, 19, 68, 69, 70/10. 71
1	2, 20, 68, 69, 70/11. 71	3, 21, 68, 69, 70/12. 71	4, 22, 68, 69, 70/13. 71	5, 23, 68, 69, 70/14. 71	6, 24, 68, 69, 70/15. 71	7, 25, 68, 69, 70/16. 71	8, 26, 68, 69, 70/17. 71	9, 27, 68, 69, 70/18. 71	1, 28, 68, 69, 70/19. 71	2, 29, 68, 69, 70/20. 71
2	3, 30, 68, 69, 70/21. 71	4, 31, 68, 69, 70/22. 71	5, 32, 68, 69, 70/23. 71	6, 33, 68, 69, 70/24. 71	7, 34, 68, 69, 70/25. 71	8, 35, 68, 69, 70/26. 71	9, 36, 68, 69, 70/27. 71	1, 37, 68, 69, 70/28. 71	2, 38, 68, 69, 70/29. 71	3, 39, 68, 69, 70/30. 71
3	4, 40, 68, 69, 70/1. 71	5, 41, 68, 69, 70/2. 71	6, 42, 68, 69, 70/3. 71	7, 43, 68, 69, 70/4. 71	8, 44, 68, 69, 70/5. 71	9, 45, 68, 69, 70/6. 71	1, 46, 68, 69, 70/7. 71	2, 47, 68, 69, 70/8. 71	3, 48, 68, 69, 70/9. 71	4, 49, 68, 69, 70/10. 71
4	5, 50, 68, 69, 70/11. 71	6, 51, 68, 69, 70/12. 71	7, 52, 68, 69, 70/13. 71	8, 53, 68, 69, 70/14. 71	9, 54, 68, 69, 70/15. 71	1, 55, 68, 69, 70/16. 71	2, 56, 68, 69, 70/17. 71	3, 57, 68, 69, 70/18. 71	4, 58, 68, 69, 70/19. 71	5, 59, 68, 69, 70/20. 71
5	6, 60, 68, 69, 70/21. 71	7, 61, 68, 69, 70/22. 71	8, 62, 68, 69, 70/23. 71	9, 63, 68, 69, 70/24. 71	1, 64, 68, 69, 70/25. 71	2, 65, 68, 69, 70/26. 71	3, 66, 68, 69, 70/27. 71	4, 67, 68, 69, 70/28. 71	5, 10, 68, 69, 70/29. 71	6, 11, 68, 69, 70/30. 71
6	7, 12, 68, 69, 70/1. 71	8, 13, 68, 69, 70/2. 71	9, 14, 68, 69, 70/3. 71	1, 15, 68, 69, 70/4. 71	2, 16, 68, 69, 70/5. 71	3, 17, 68, 69, 70/6. 71	4, 18, 68, 69, 70/7. 71	5, 19, 68, 69, 70/8. 71	6, 20, 68, 69, 70/9. 71	7, 21, 68, 69, 70/10. 71
7	8, 22, 68, 69, 70/11. 71	9, 23, 68, 69, 70/12. 71	1, 24, 68, 69, 70/13. 71	2, 25, 68, 69, 70/14. 71	3, 26, 68, 69, 70/15. 71	4, 27, 68, 69, 70/16. 71	5, 28, 68, 69, 70/17. 71	6, 29, 68, 69, 70/18. 71	7, 30, 68, 69, 70/19. 71	8, 31, 68, 69, 70/20. 71
8	9, 32, 68, 69, 70/21. 71	1, 33, 68, 69, 70/22. 71	2, 34, 68, 69, 70/23. 71	3, 35, 68, 69, 70/24. 71	4, 36, 68, 69, 70/25. 71	5, 37, 68, 69, 70/26. 71	6, 38, 68, 69, 70/27. 71	7, 39, 68, 69, 70/28. 71	8, 40, 68, 69, 70/29. 71	9, 41, 68, 69, 70/30. 71
9	1, 42, 68, 69, 70/1. 71	2, 43, 68, 69, 70/2. 71	3, 44, 68, 69, 70/3. 71	4, 45, 68, 69, 70/4. 71	5, 46, 68, 69, 70/5. 71	6, 47, 68, 69, 70/6. 71	7, 48, 68, 69, 70/7. 71	8, 49, 68, 69, 70/8. 71	9, 50, 68, 69, 70/9. 71	1, 60, 68, 69, 70/10. 71

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Отметка в баллах	Показатели оценки
1	2
1 (один)	Узнавание отдельных объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (электрические машины, реле и т. д.); наличие многочисленных существенных ошибок
2 (два)	Различие объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (двигатели с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором и т. д.); перечисление решение практических задач с применением формул; наличие существенных ошибок
3 (три)	Воспроизведение части программного учебного материала по памяти (описывает устройство рубильника, кнопки и др., принцип действия электрических машин переменного и постоянного тока и т. д.); осуществление умственных и практических действий по образцу (различает разновидности плавких предохранителей, рубильников и т д.); наличие отдельных существенных ошибок
4 (четыре)	Воспроизведение большей части программного учебного материала (объясняет устройство электродвигателя, электромагнитных исполнительных устройств, аппаратуры ручного и автоматического управления электродвигателем и т. д.); применение знаний в знакомой ситуации по образцу (различает разновидности плавких предохранителей, рубильников, реле, пакетных переключателей и т. д.); наличие единичных существенных ошибок
5 (пять)	Осознанное воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с элементами объяснения устройства, принципа действия электрических машин переменного и постоянного тока, тиристорного электропривода, электропривода с шаговым двигателем, короткозамкнутых и фазных роторов, системы «генератор-двигатель», характеристик разомкнутых, замкнутых и аналоговых систем управления и т. д.); применение знаний в знакомой ситуации по образцу (объясняет устройство и принцип работы плавких предохранителей, рубильников, реле, пакетных переключателей, контакторов, магнитных пускателей, способы пуска, торможения, регулирования угловой скорости и т. д.); наличие несущественных ошибок
6 (шесть)	Полное знание и осознанное воспроизведение всего программного учебного материала: владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (описание с объяснением устройства, принципа действия электрических машин переменного и постоянного тока, их механических и рабочих характеристик, способов пуска и торможения, тиристорного электропривода, электропривода с шаговым двигателем, короткозамкнутых и фазных роторов, системы «генератор-двигатель», плавких

	предохранителей, рубильников, реле, пакетных переключателей, контакторов, магнитных пускателей, характеристик разомкнутых, замкнутых и аналоговых систем управления, структурной схемы и принципов построения схем управления автоматическими линиями и т. д.); наличие несущественных ошибок
7 (семь)	Полное, прочное знание и воспроизведение программного учебного материала: владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение устройства, принципа действия электрических машин переменного и постоянного тока, их механических и рабочих характеристик, способов пуска и торможения, тиристорного электропривода, электропривода с шаговым двигателем, короткозамкнутых и фазных роторов, системы «генератор-двигатель», аппаратуры управления, обосновывает и выбирает режимы работы электроприводов, формулирует выводы при анализе работы систем и т. д.); недостаточно самостоятельное выполнение заданий по расчёту мощности электродвигателя и электрических машин и т. д.); наличие единичных несущественных ошибок
8 (восемь)	Полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение устройства, принципа действия электрических машин переменного и постоянного тока, их механических и рабочих характеристик, способов пуска и торможения, тиристорного электропривода, электропривода с шаговым двигателем, короткозамкнутых и фазных роторов, системы «генератор-двигатель», аппаратуры управления, обосновывает и выбирает режимы работы электроприводов, формулирует выводы при анализе работы систем, самостоятельное выполнение заданий по расчёту мощности электродвигателя и электрических машин и т. д.); наличие единичных несущественных ошибок
9 (девять)	Полное, прочное, глубокое, системное знание программного учебного материала, оперирование программным учебным материалом в частично измененной ситуации (применяет навыки по расчёту мощности электродвигателя и электротехнических машин, выдвигает предположения и гипотезы в области программного управления электрооборудованием и т. д.); наличие действий и операций творческого характера для выполнения заданий по конструированию отдельных узлов электрооборудования металлорежущих станков
10 (десять)	Свободное оперирование программным учебным материалом; применение знаний и умений в незнакомой ситуации (описывает, объясняет назначение электрооборудования металлорежущих станков, демонстрирует работу оборудования, выполняет творческие работы и задания в области электрооборудования металлорежущих станков и т.д.)

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите определение электропривода
2. Приведите классификацию электроприводов
3. Приведите тенденцию развития электропривода
4. Перечислите требования к электроприводам
5. Приведите общие сведения об асинхронных машинах
6. Поясните процесс преобразования электрической энергии в механическую
7. Поясните устройство и назначение короткозамкнутого ротора
8. Приведите устройство асинхронного двигателя (АД)
9. Поясните устройство и назначение фазного ротора
10. Приведите потери мощности и КПД асинхронного двигателя
11. Поясните пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором
12. Поясните принцип действия асинхронного двигателя
13. Поясните пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
14. Приведите способы торможения асинхронного двигателя
15. Опишите метод регулирования частоты вращения АД изменением скольжения
16. Опишите метод регулирования частоты вращения АД изменением частоты тока питающей сети
17. Опишите метод регулирования частоты вращения АД изменением числа полюсов обмотки статора
18. Поясните, как асинхронные двигатели применяются в системах автоматики и робототехники
19. Приведите общие сведения о синхронных машинах
20. Поясните принцип действия двигателя постоянного тока (ДПТ)
21. Поясните устройство коллекторной машины постоянного тока
22. Опишите способы возбуждения электрических машин постоянного тока
23. Приведите способы регулирования частоты вращения ДПТ
24. Поясните реверсирование двигателей постоянного тока
25. Поясните, как двигатели постоянного тока применяются в системах автоматики и робототехники
26. Приведите область применения в станкостроении однофазных электромагнитов
27. Приведите устройство и назначение электромагнитных муфт с фрикционными дисками
28. Приведите устройство и назначение муфты с магнитопроводными дисками
29. Поясните назначение и принцип действия электромагнитных плит
30. Приведите назначение электромагнитных порошковых муфт, их достоинства и недостатки
31. Поясните назначение и принцип действия электромагнитных столов

32. Приведите общие сведения о тиристорных приводах
33. Поясните устройство и принцип действия барабанных переключателей
34. Поясните назначение и область применения электроприводов с шаговыми двигателями
35. Приведите схему контакторного управления электродвигателем
36. Поясните назначение и принцип действия дугогасительной катушки
37. Приведите применение в станкостроении крестовых переключателей
38. Приведите общие сведения об аппаратуре защиты электродвигателей
39. Поясните назначение и принцип действия плавких предохранителей
40. Приведите назначение и принцип действия тепловых реле
41. Приведите назначение и принцип действия автоматических выключателей
42. Приведите особенности конструкции и регулировки натяга в подшипниках качения, применяемых в опорах шпинделей
43. Поясните особенности автоматического управления электроприводами в функции пути
44. Поясните особенности автоматического управления электроприводами в функции времени
45. Поясните особенности автоматического управления электроприводами в функции скорости
46. Приведите классификацию систем числового программного управления
47. Охарактеризуйте электрооборудование автоматических линий
48. Приведите схему управления станками в автоматических линиях
49. Приведите схему управления транспортерами и столами в автоматических линиях
50. Поясните схему автоматизации работы накопителей
51. Приведите особенности монтажа электрооборудования автоматических линий
52. Охарактеризуйте понятие «Безлюдное производство»

### **Задача.1**

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{HOM} = 500\text{кВт}$ ,  $U_{HOM} = 0,66\text{kV}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Скорость вращения ротора

### **Задача.2**

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{HOM} = 500\text{кВт}$ ,  $U_{HOM} = 0,66\text{kV}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Номинальный врачающий момент

### Задача.3

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{HOM} = 500\text{кВт}$ ,  $U_{HOM} = 0,66\text{kV}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Активную мощность

### Задача.4

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{HOM} = 500\text{кВт}$ ,  $U_{HOM} = 0,66\text{kV}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Реактивную мощность

### Задача.5

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{HOM} = 500\text{кВт}$ ,  $U_{HOM} = 0,66\text{kV}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Полную мощность

### Задача.6

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель имеет скольжение  $s=0,05$ , число пар полюсов  $p=1$ , частота питающей сети  $f=50\text{Гц}$ .

Найти: Частоту вращения ротора.

### Задача.7

Дано: Восьмиполюсный трехфазный асинхронный двигатель имеет частоту питающей сети  $f=50\text{Гц}$ , номинальную частоту вращения ротора  $n_{2HOM}=724\text{об/мин}$

Найти: Номинальное скольжение.

### Задача.8

Дано: Восьмиполюсный трехфазный асинхронный двигатель имеет частоту вращения магнитного поля  $n_1=750\text{об/мин}$ , номинальную частоту вращения ротора  $n_{2HOM}=724\text{об/мин}$ , номинальную мощность  $P_{HOM}=60\text{кВт}$ .

Найти: Номинальный момент.

### Задача.9

Дано: Генератор постоянного тока имеет частоту вращения  $n=1500\text{об/мин}$ , номинальную частоту вращения ротора  $n_{2HOM}=724\text{об/мин}$ , магнитный поток на полюс  $\Phi=0,0129\text{Вб}$ ,  $C_0=126$ .

Найти: ЭДС якоря.

### Задача.10

Дано: Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет ток в номинальном режиме  $I_{HOM}=95\text{А}$ , ЭДС наводимая в обмотке якоря  $E_a=255\text{В}$ , сопротивление цепи якоря  $R_a=0,25\text{Ом}$ .

Найти: Напряжение на зажимах генератора.

### Задача.11

Дано: Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальную мощность  $P_{\text{ном}}=10\text{kВт}$ , номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=230\text{В}$ , сопротивление обмотки возбуждения  $R_B=150\text{Ом}$ .

Найти: Ток возбуждения.

### Задача.12

Дано: Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальную мощность  $P_{\text{ном}}=20\text{kВт}$ , КПД  $\eta_{\text{ном}}=0,8$ , номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=220\text{В}$ .

Найти: Номинальный ток двигателя.

### Задача.13

Дано: Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальный ток цепи якоря  $I_{\text{яном}}=30\text{А}$ , сопротивление якоря  $R_{\text{я}}=0,5\text{Ом}$ , ток возбуждения в номинальном режиме  $I_B=1,5\text{А}$ , сопротивление обмотки возбуждения  $R_B=100\text{Ом}$ .

Найти: Мощность электрических потерь в генераторе.

### Задача.14

Дано: Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=110\text{В}$ , скорость вращения  $n=1000\text{об/мин}$ , номинальную мощность на валу  $P_{\text{ном}}=5\text{kВт}$ , КПД  $\eta_{\text{ном}}=0,85$ .

Найти: Ток потребляемый из сети.

### Задача.15

Дано: Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=110\text{В}$ , скорость вращения  $n=1000\text{об/мин}$ , номинальную мощность на валу  $P_{\text{ном}}=5\text{kВт}$ .

Найти: Момент на валу при заданной скорости вращения.

### Задача.16

Дано: Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет пусковой ток  $I_p=160\text{А}$ , момент на валу  $M_B=50\text{Н*м}$ , потребляемый ток из сети  $I_C=60\text{А}$ .

Найти: Пусковой момент двигателя.

### Задача.17

Дано: Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения имеет в номинальном режиме момент на валу  $M_{\text{НОМ}}=50\text{Н*м}$ , при этом пусковой ток в 3 раза превышает номинальный.

Найти: Пусковой момент двигателя.

### Задача.18

Дано: Диаметр проволоки для плавкой вставки  $d = 0,2\text{мм}$ . Материал – медь ( $k = 80$ ).

Определить: Минимальный ток ПВ. Номинальный ток ПВ. Ток перегорания через 10 секунд. Ток перегорания более 10 секунд.

### Задача.19

Дано: Диаметр проволоки для плавкой вставки  $d = 0,6\text{мм}$ . Материал – медь ( $k = 80$ ).

Определить: Минимальный ток ПВ. Номинальный ток ПВ. Ток перегорания через 10 секунд. Ток перегорания более 10 секунд.

### Задача.20

Дано: Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=220\text{В}$ , скорость вращения  $n=1000\text{об/мин}$ , номинальную мощность на валу  $P_{\text{ном}}=10\text{kВт},$ .

Найти: Момент на валу при заданной скорости вращения.

### Задача.21

Дано: Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальную мощность  $P_{\text{ном}}=20\text{kВт}$ , номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}=230\text{В}$ , сопротивление обмотки возбуждения  $R_B=100\Omega$ .

Найти: Ток возбуждения.

### Задача.22

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{\text{ном}}=50\text{kВт}$ ,  $U_{\text{ном}}=0,38\text{kВ}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,9$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Активную мощность

### Задача.23

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{\text{ном}}=50\text{kВт}$ ,  $U_{\text{ном}}=0,38\text{kВ}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,9$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Реактивную мощность

### Задача.24

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{\text{ном}}=50\text{kВт}$ ,  $U_{\text{ном}}=0,38\text{kВ}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,9$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Полную мощность

### Задача.25

Дано: Трехфазный асинхронный двигатель с  $P_{\text{ном}}=50\text{kВт}$ ,  $U_{\text{ном}}=0,38\text{kВ}$ ,  $f=50\text{Гц}$ ,  $2p=4$ , КПД  $\eta=0,95$ ,  $\cos \varphi=0,8$ .

Найти: Номинальный врачающий момент

## Приложения

## Приложение А

Технические данные АД с короткозамкнутым ротором основного исполнения (IP44; IC0141), (закрытые, обдуваемые  $\beta=0,98$ ).

Таблица 7

Тип двигателя	Рном, кВт	n <sub>2</sub> ном, об/мин	ηном, %	cosφ ном	M <sub>max</sub> *	M <sub>п</sub> *	I <sub>п</sub> *	J, кг*м <sup>2</sup>
<i>Синхронная частота вращения 3000 об/мин</i>								
4AA50A2Y3	0,09	2740	60	0,7	2,2	2	5	$0,24*10^{-4}$
4AA50B2Y3	0,12	2710	63	0,7	2,2	2	5	$0,27*10^{-4}$
4AA56A2Y3	0,18	2800	66	0,76	2,2	2	2	$4,15*10^{-4}$
4A63A2Y3	0,37	2750	70	0,86	2,2	2	5	$7,63*10^{-4}$
4A71A2Y3	0,75	2840	77	0,87	2,2	2	5,5	$9,75*10^{-4}$
4A80A2Y3	1,5	2850	81	0,85	2,2	2	6,5	$18,3*10^{-4}$
4A90L2Y3	3,0	2840	84,5	0,88	2,2	2	6,5	$35,3*10^{-4}$
4A100L2Y3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2	7,5	$75*10^{-4}$
4A112M2Y3	7,5	2900	87,5	0,88	2,2	2	7,5	$1*10^{-2}$
4A132M2Y3	11	2900	88	0,90	2,2	1,6	7,5	$2,25*10^{-2}$
4A160M2Y3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	7,5	$5,25*10^{-2}$
4A180M2Y3	30	2945	90,5	0,90	2,2	1,4	7,5	$8,5*10^{-2}$
4A200M2Y3	37	2945	90,0	0,89	2,2	1,4	7,5	$14,5*10^{-2}$
4A225M2Y3	55	2945	91	0,92	2,2	1,2	7,5	$25*10^{-2}$
4A250M2Y3	90	2960	92	0,90	2,2	1,2	7,5	$52*10^{-2}$
4A280M2Y3	132	2970	91,5	0,89	2,2	1,2	7,0	1,19
4A315M2Y3	200	2970	92,5	0,9	0,9	1,0	7,0	1,63
4A355M2Y3	315	2970	93	0,91	0,9	1,0	7,0	3,23
<i>Синхронная частота вращения 1500 об/мин</i>								
4A80A4Y3	1,1	1420	75	0,81	2,2	2	5	$32,3*10^{-4}$
4A80B4Y3	1,5	1415	77	0,83	2,2	2	5	$33,3*10^{-4}$
4A90L4Y3	2,2	1425	80	0,83	2,4	2,1	6	$56,0*10^{-4}$
4A100S4Y3	3,0	1435	82	0,83	2,4	2	6	$86,8*10^{-4}$
4A100L4Y3	4,0	1430	84	0,84	2,4	2	6	$1,13*10^{-2}$
4A112M4Y3	5,5	1445	85	0,85	2,2	2	7	$1,75*10^{-2}$
4A132S4Y3	7,5	1455	87,5	0,86	3	2,2	7,5	$2,75*10^{-2}$
4A132M4Y3	11,0	1460	87,5	0,87	3	2,2	7,5	$4*10^{-2}$
4A160S4Y3	15,0	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	7	$10,3*10^{-2}$
4A160M4Y3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	7	$12,8*10^{-2}$
4A180S4Y3	22,0	1470	90	0,9	2,3	1,4	6,5	$19*10^{-2}$
4A180M4Y3	30,0	1470	91	0,9	2,3	1,4	6,5	$23,3*10^{-2}$
4A200M4Y3	37,0	1475	91	0,9	2,5	1,4	7	$36,8*10^{-2}$
4A200L4Y3	45,0	1475	92	0,9	2,5	1,4	7	$44,5*10^{-2}$
4A225M4Y3	55,0	1480	92,5	0,9	2,5	1,3	7	$64*10^{-2}$
4A250S4Y3	75,0	1480	93	0,9	2,3	1,2	7	1,02
4A250M4Y3	90,0	1480	93	0,91	2,3	1,2	7	1,17
<i>Синхронная частота вращения 1000 об/мин</i>								
4A80B6Y3	1.1	920	74	0,74	2.2	2	4	$46,3*10^{-4}$
4A90L6Y3	1.5	935	75	0,74	2.2	2	4.5	$73,5*10^{-4}$
4A100L6Y3	2.2	950	81	0.73	2.2	2	5	$1,31*10^{-2}$

4A112S6У3	3	955	81	0.76	2.5	2	6	
Тип двигателя	Рном, кВт	n <sub>2</sub> ном, об/мин	ηном, %	cosφ ном	M <sub>max</sub> *	M <sub>п</sub> *	I <sub>п</sub> *	J, кг*м <sup>2</sup>
4A112M6У3	4	950	82	0.81	2.5	2	6	1,75*10 <sup>-2</sup>
4A132S6У3	5.5	965	85	0.8	2.5	2	6.5	2*10 <sup>-2</sup>
4A132M6У3	7.5	970	85	0.81	2.5	2	6.5	4*10 <sup>-2</sup>
4A160S6У3	11	975	86	0.86	2	1.2	6	5,75*10 <sup>-2</sup>
4A160M6У3	15	975	87.5	0.87	2	1.2	6	13,8*10 <sup>-2</sup>
4A180M6У3	18.5	975	88	0.87	2	1.2	5	18,3*10 <sup>-2</sup>
4A200M6У3	22	975	90	0.9	2.4	1.3	6.5	22*10 <sup>-2</sup>
4A200L6У3	30	980	90.5	0.9	2.4	1.3	6.5	40*10 <sup>-2</sup>
4A225M6У3	37	980	91	0.89	2.3	1.2	6.5	45,3*10 <sup>-2</sup>
4A250S6У3	45	985	91.5	0.89	2.1	1.2	6.5	1,16
4A250M6У3	55	985	91.5	0.89	2.1	1.2	6.5	1,26
4A280S6У3	75	985	92	0.89	2.2	1.4	5.5	2,93
4A280M6У3	90	985	92.5	0.89	2.2	1.4	5.5	3,38
4A315M6У3	132	985	93.5	0.9	2.2	1.4	6,5	4
4A355M6У3	200	985	94	0.9	2.2	1.4	6,5	4,5
<i>Синхронная частота вращения 750 об/мин</i>								
4A71B8У3	0,25	689	56	0,65	1,7	1,6	1,2	18,5*10 <sup>-4</sup>
4A80B8У3	0,55	700	64,5	0,65	1,7	1,6	1,2	40,5*10 <sup>-4</sup>
4A90LB8У3	1,1	700	70	0,68	1,9	1,6	1,2	86,3*10 <sup>-4</sup>
4A100L8У3	1,5	700	74	0,65	1,9	1,6	1,2	1,3*10 <sup>-2</sup>
4A112MB8У3	3	700	76,5	0,71	2,2	1,9	1,4	1,75*10 <sup>-2</sup>
4A132M8У3	5,5	720	83	0,74	2,6	1,9	1,4	5,75*10 <sup>-2</sup>
4A160M8У3	11	730	87	0,75	2,2	1,4	1	18*10 <sup>-2</sup>
4A180M8У3	15	730	87	0,82	2	1,2	1	25*10 <sup>-2</sup>
4A200M8У3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	1	40*10 <sup>-2</sup>
4A225M8У3	30	735	90	0,81	2,1	1,3	1	73,8*10 <sup>-2</sup>
4A250M8У3	45	740	91	0,84	2	1,2	1	1,36
4A280M8У3	75	735	92,5	0,85	2	1,2	1	4,13
4A315M8У3	110	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	5,85
4A355M8У3	160	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	10,2
<i>Синхронная частота вращения 600 об/мин</i>								
4A250S10У3	30	590	88	0,81	1,9	1,2	1	1,36
4A250M10У3	37	590	89	0,81	1,9	1,2	1	1,6
4A280M10У3	45	590	91,5	0,78	1,8	1	1	3,78
4A315S10У3	55	590	92	0,79	1,8	1	0,9	5,25
4A315M10У3	75	590	92	0,8	1,8	1	0,9	6,18
4A355S10У3	90	590	92,5	0,83	1,8	1	0,9	9,33
4A355M10У3	110	590	93	0,83	1,8	1	0,9	10,9
<i>Синхронная частота вращения 500 об/мин</i>								
4A315S10У3	45	490	90,5	0,75	1,8	1	0,9	5,25
4A315M10У3	55	490	91	0,75	1,8	1	0,9	6,18
4A355S10У3	75	490	91,5	0,76	1,8	1	0,9	9,33
4A355M10У3	90	495	92	0,76	1,8	1	0,9	10,9

## Приложение В

**Таблица выбора двигателей с короткозамкнутым ротором основного исполнения (IP44; IC0141) по техническим данным (для задачи №67).**

**Таблица 8**

Тип двигателя	$M_{\pi}^*$	$M_{Ma}^*$	$S_{nom}$ %	ПВ=25%			ПВ=40%			ПВ=60%			ПВ=100%		
				$P_{nom, K}$ Вт	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	$P_{nom, kVt}$	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	$P_{nom, kVt}$	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	$P_{nom, kVt}$	$\eta, \%$	$\cos\varphi$
<i>С и н х р о н н а я ч а с т о т а в р а щ е н и я 1 5 0 0 о б / м и н</i>															
4AC71A4У3	2,0	2,2	8,2	0,65	67,0	0,76	0,6	68,0	0,73	0,6	68,0	0,73	0,60	68,0	0,73
4AC71B4У3	2,0	2,2	8,7	0,90	68,0	0,71	0,8	68,5	0,75	0,8	68,5	0,75	0,70	69,0	0,74
4AC80A4У3	2,0	2,2	5,6	1,3	68,5	0,82	1,3	68,5	0,82	1,1	70,0	0,80	0,95	70,5	0,79
4AC80B4У3	2,0	2,2	5,5	1,9	69,5	0,83	1,7	70,0	0,82	1,5	70,5	0,80	1,3	71,0	0,79
4AC90L4У3	2,0	2,2	5,8	2,4	76,0	0,82	2,4	76,0	0,82	2,2	76,5	0,80	1,9	77,0	0,78
4AC100S4У3	2,0	2,2	4,2	3,7	76,0	0,84	3,2	76,5	0,82	2,8	77,0	0,80	2,3	77,5	0,78
4AC100L4У3	2,0	2,2	4,1	5,0	77,0	0,84	4,3	78,0	0,82	3,8	79,0	0,80	3,3	80,0	0,78
4AC112M4У3	2,0	2,2	5,6	6,7	77,5	0,85	5,6	79,0	0,83	5,0	80,0	0,81	4,2	81,0	0,78
4AC132S4У3	2,0	2,2	6,9	9,5	82,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,5	83,5	0,83	7,1	84,0	0,81
4AC132M4У3	2,0	2,2	6,1	14,0	83,0	0,86	11,8	84,0	0,85	10,5	84,5	0,83	9,0	85,0	0,81
4AC160S4У3	2,0	2,2	6,1	19,0	83,5	0,86	17,0	84,5	0,86	15,0	85,5	0,85	13,0	86,0	0,784
4AC160M4У3	2,0	2,2	5,3	23,0	86,0	0,87	20,0	87,0	0,87	18,5	87,5	0,87	17,0	88,0	0,86
4AC180S4У3	2,0	2,2	5,7	24,0	84,5	0,93	21,0	86,0	0,92	20,0	86,5	0,92	19,0	87,0	0,92
4AC180M4У3	2,0	2,2	4,4	30,0	87,0	0,92	26,5	88,5	0,91	25,0	89,0	0,91	24,0	89,5	0,91
4AC200M4У3	2,0	2,2	5,7	35,0	87,0	0,93	31,5	87,5	0,92	28,0	88,0	0,92	26,0	88,0	0,92
4AC200L4У3	2,0	2,2	5,8	47,0	88,0	0,94	40,0	89,0	0,93	37,0	89,5	0,93	35,0	90,0	0,93
4AC225M4У3	2,0	2,2	5,8	55,0	87,0	0,93	50,0	87,5	0,92	45,0	88,0	0,92	40,0	88,5	0,92
4AC250S4У3	2,0	2,2	6,3	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,92	53,0	88,0	0,92	50,0	88,0	0,92
4AC250M4У3	2,0	2,2	6,4	71,0	86,5	0,94	63,0	87,0	0,93	60,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,93
<i>С и н х р о н н а я ч а с т о т а в р а щ е н и я 1 0 0 0 о б / м и н</i>															
4AC71A6У3	2,0	2,1	10,4	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70
4AC71B6У3	2,0	2,1	10,2	0,65	65,0	0,70	0,63	65,0	0,70	0,65	65,0	0,70	0,5	63,5	0,62
4AC80A6У3	2,0	2,1	7,0	0,9	61,0	0,72	0,8	61,0	0,68	0,7	61,0	0,64	0,5	60,0	0,54
4AC80B6У3	2,0	2,1	7,8	1,3	65,5	0,75	1,2	66,5	0,73	1,1	67,5	0,71	0,8	69,0	0,61
4AC90L6У3	1,9	2,1	6,2	1,8	70,0	0,74	1,7	71,0	0,72	1,3	71,5	0,65	1,1	72,0	0,60
4AC100L6У3	1,9	2,1	5,3	2,9	74,5	0,78	2,6	75,0	0,76	2,2	76,0	0,72	1,8	76,5	0,67
4AC112S6У3	1,9	2,1	7,3	3,8	71,0	0,81	3,2	72,0	0,74	2,8	73,0	0,72	2,5	73,5	0,68
4AC112M6У3	1,9	2,1	8,5	5,0	72,5	0,83	4,2	75,0	0,79	3,8	76,5	0,78	3,2	77,5	0,73
4AC132S6У3	1,9	2,1	6,4	7,5	77,5	0,84	6,3	79,0	0,80	6,0	80,0	0,79	4,5	81,0	0,72
4AC132M6У3	1,9	2,1	5,8	10,0	77,5	0,84	8,5	80,0	0,80	7,5	80,5	0,78	6,3	81,0	0,74
4AC160S6У3	1,9	2,1	7,7	14,0	80,0	0,86	12,0	82,5	0,85	11,0	83,5	0,84	10,0	84,0	0,83
4AC160M6У3	1,9	2,1	7,8	19,0	81,5	0,86	16,0	84,0	0,85	15,0	84,5	0,84	13,0	85,5	0,83
4AC1S0M6У3	1,9	2,1	7,6	20,0	83,0	0,90	19,0	84,5	0,90	17,0	85,0	0,89	16,0	85,5	0,89
4AC200M6У3	1,9	2,1	7,3	25,0	82,0	0,92	22,0	83,5	0,92	20,0	84,5	0,92	18,0	85,5	0,91
4AC200L6У3	1,9	2,1	6,2	33,5	83,5	0,92	28,0	85,5	0,91	25,0	86,0	0,92	23,0	86,5	0,91
4AC225M6У3	1,9	2,1	6,9	35,0	85,5	0,92	33,5	81,0	0,91	28,0	87,5	0,91	25,0	88,0	0,90
4AC250S6У3	1,9	2,1	5,4	45,0	88,0	0,90	40,0	89,0	0,90	36,0	89,5	0,90	33,5	90,0	0,89
4AC250M6У3	1,9	2,1	3,8	53,0	88,0	0,89	45,0	86,5	0,88	40,0	89,0	0,86	36,0	89,5	0,88

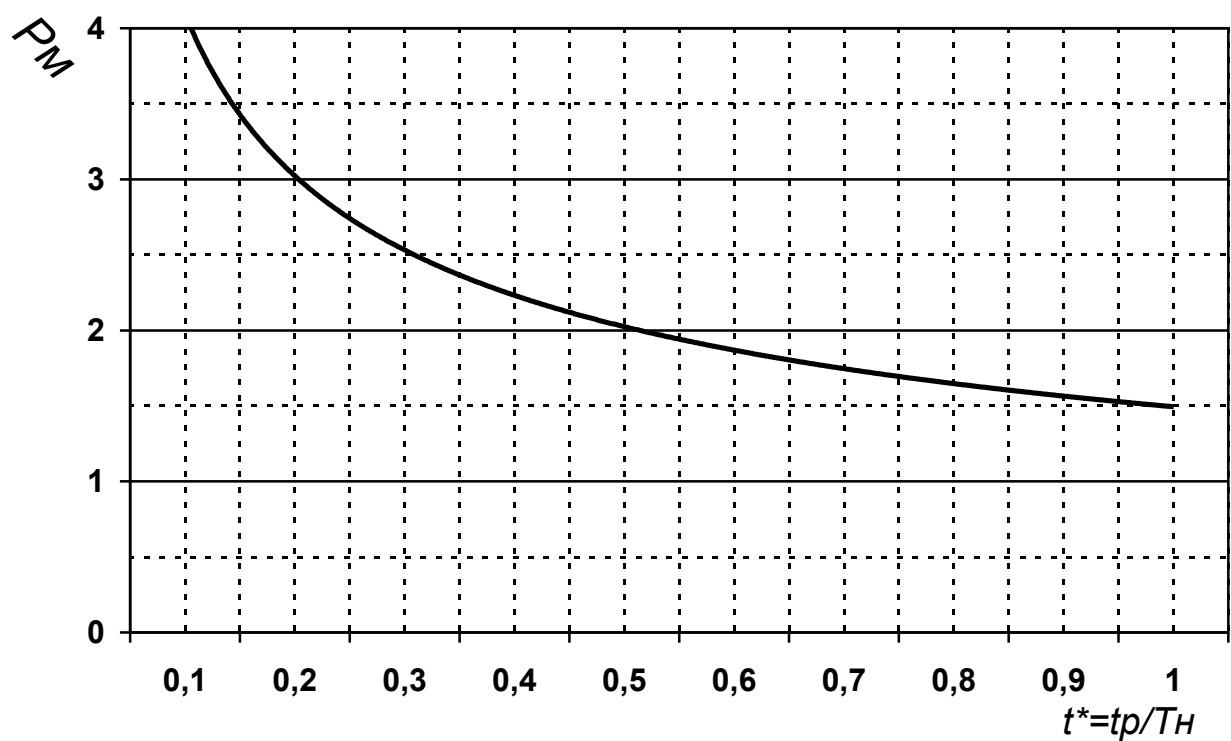


График для определения коэффициента механической перегрузки  $P_m$

## **Критерии оценки домашних контрольных работ для учащихся заочной формы обучения**

Отметка	Показатели оценки
Не зачтено	Несоответствие варианту ДКР, воспроизведение части программного учебного материала (фрагментарный ответ на вопрос работы или перечисление объектов изучения), наличие грубых существенных ошибок при выполнении практических заданий, нарушение стандарта и методических указаний в оформлении ДКР, отсутствие списка использованных источников.
Зачтено	Раскрытие сущности теоретических вопросов в полном объеме, согласно задания. Практические задания выполнены верно и в соответствии с методическими указаниями. Отсутствие существенных ошибок и грубых нарушений методических указаний в оформлении ДКР.

**Образец титульного листа**

Министерство образования Республики Беларусь  
Филиал Учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет»  
Политехнический колледж  
Заочное отделение

**ДОМАШНЯЯ КОНТРОЛЬНАЯ  
РАБОТА №**

---

(наименование дисциплины)

Вариант №

Преподаватель

---

(инициалы, фамилия)

Выполнил учащийся

---

(инициалы, фамилия)  
курса \_ учебной группы \_

специальности

Шифр учащегося \_\_\_\_\_

**2016**

Контрольные задания с программой  
и методические указания для учащихся заочного отделения

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Составитель А.И. Миласердов, Г.Н. Клухина

Компьютерный набор и верстка А.И. Миласердов

Формат 148x210. бумага офсетная. Усл. печ.л.0,8.

Электронная версия является собственностью

Филиала БрГТУ Политехнический колледж

Напечатано на машиностроительном отделении

Филиала БрГТУ Политехнический колледж

224000, г.Брест, ул. К.Маркса, 49