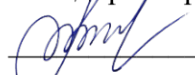


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БУДА – КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по учебной работе



Н.М. Тимошенко

«14» февраля 2025 г.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

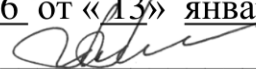
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по изучению учебного предмета
и выполнению контрольных заданий
для учащихся-заочников учреждений, обеспечивающих
получение среднего специального образования по специальности
5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в
сельском хозяйстве»

Буда – Кошелево, 2025г.

Автор: Азарушкина Марина Владимировна, преподаватель высшей категории

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
на заседании цикловой комиссии
электротехнических дисциплин

Протокол № 6 от «13» января 2025 г.

Председатель  М.В. Азарушкина

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебный предмет «Основы электропривода» предусматривает изучение физических основ преобразования электрической энергии в механическую и наоборот – механической в электрическую, а также использования ее в технологических процессах сельскохозяйственного производства; принципа действия и рационального применения электроприборов, принципов управления и автоматизации, правил эксплуатации и безопасного обслуживания; навыков по современным методам расчета и проектирования электроприводов для сельскохозяйственного производства.

В процессе преподавания учебного предмета «Основы электропривода» необходимо учитывать межпредметные связи программного учебного материала с такими учебными предметами примерного учебного плана по специальности, как «Электрические машины», «Теоретические основы электротехники», «Электрические измерения», «Электроснабжение сельскохозяйственного производства», «Основы автоматики», «Основы электроники и микропроцессорной техники».

Для закрепления теоретического материала и формирования у учащихся необходимых умений настоящей программой предусмотрено проведение лабораторных и практических занятий.

В результате изучения учебного предмета «Основы электропривода» учащиеся должны:

знать: основные направления развития и пути совершенствования электроприводов; значение автоматизированного электропривода в современном производстве; классификацию электроприводов; принципы управления электроприводами; функциональную и кинематическую схемы механической части электропривода; принципиальные схемы электроприводов; основные способы регулирования электропривода; основы теории, методы расчета и выбора электропривода; средства управления и защиты;

уметь: анализировать процессы, происходящие в электроприводе при различных режимах работы; рассчитывать и исследовать электромеханические и механические характеристики электродвигателей; разрабатывать схемы управления электроприводами; производить выбор и проверку электродвигателей по перегрузочной способности, пусковым условиям и нагреву; производить расчеты и выбор коммутационной и защитной аппаратуры; производить расчеты и выбор электропроводок и распределительных устройств.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Раздел, тема	Количество учебных часов		
	всего	в том числе	
		на лабораторные занятия	на практические занятия
Введение	2		
Раздел I. Механические характеристики электроприводов	16	2	2
1.1. Механические характеристики рабочих машин и электродвигателей	4		
1.2. Основы динамики и переходные процессы в электроприводах	2		
1.3. Тормозные режимы. Регулирование угловой скорости электроприводов	4		
Лабораторная работа №1. Исследование схемы динамического торможения асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором		2	
1.4. Определение мощности и выбор электродвигателей для электропривода	6		
Практическая работа №1 Расчет мощности и выбор электродвигателя для различных режимов работы			2
Раздел II. Аппаратура управления и защиты	32	16	6
2.1. Коммутационная аппаратура	10		
Практическая работа №2. Выбор аппаратуры управления			2
Лабораторная работа №2. Исследование устройства и работы аппаратуры управления		2	
Лабораторная работа №3 Испытание магнитного пускателя и промежуточного реле		2	
2.2. Аппаратура защиты электродвигателей	12	6	
Практическая работа №3. Выбор аппаратуры защиты			2
Лабораторная работа №4 Исследование устройства и работы аппаратуры защиты		2	
Лабораторная работа №5 Испытание защитной аппаратуры		2	
Лабораторная работа №6 Сборка и испытание схем запуска асинхронного электродвигателя с КЗР		2	
2.3. Управление электроприводами	10		

Раздел, тема	Количество учебных часов		
	всего	в том числе	
		на лабораторные занятия	на практические занятия
Практическая работа №4. Изучение типовых схем управления электроприводами			2
Лабораторная работа №7 Сборка и испытание схем пуска электродвигателей в функции пути		2	
Лабораторная работа №8 Сборка и испытание схем пуска электродвигателей в функции времени		2	
Лабораторная работа №9 Сборка, наладка и испытание схем управления с бесконтактной аппаратурой		2	
Раздел III. Внутренние электрические сети	10		4
3.1. Внутренние силовые электрические сети	2		
3.2. Распределительные устройства	4		
Практическая работа №5 Расчет силовых электропроводок и выбор проводов и кабелей			2
3.3. Определение максимальной мощности на вводе	4		
Практическая работа №6 Расчет электрических нагрузок на вводе			2
Курсовое проектирование	20		
Итого:	80	18	12

С целью приобретения практических навыков по расчету и выбору электродвигателей, аппаратуры управления и защиты электроприводами, расчету внутренних силовых сетей в составлении типовых схем управления электроприводами предусмотрены практические и лабораторные работы, которые выполняются самостоятельно после изучения теоретического материала.

При изучении учебного материала особое внимание необходимо уделить правильному и экономически обоснованному выбору электродвигателей для привода производственного технологического оборудования, аппаратуре управления и защиты электропривода, расчету внутренних электрических сетей и принципиальным электрическим схемам управления электроприводами.

По учебному предмету «Основы электропривода» выполняется одна контрольная работа и курсовой проект.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Работа зачтена	<p>Контрольная работа выполнена в соответствии с вариантом, в полном объеме, с учетом требований ГОСТ 2.105-95, 2.106-96 «Общие требования к текстовым документам» и методических рекомендаций по выполнению контрольных работ.</p> <p>Допущены неумышленные (случайные) и несистематические отступления от ГОСТ 2.105-95, 2.106-96.</p> <p>Допущены одиночные исправления в тексте контрольной работы.</p> <p>Допущены одиночные грамматические ошибки.</p> <p>Допущены одиночные математические ошибки, несущественно влияющие на конечный результат.</p> <p>При повторной сдаче контрольной работы проделана работа над ошибками, устранены недостатки, указанные в рецензии.</p> <p>Положительный результат собеседования при устной сдаче контрольной работы в период экзаменационной сессии, для выяснения возникших вопросов при рецензировании.</p>
Работа не за- чтена	<p>Контрольная работа выполнена не по варианту: не в соответствии с номером шифра, одна или более задач выполнены не по варианту.</p> <p>Контрольная работа выполнена не в полном объеме: отсутствует решение одной или более задач, отсутствует ответ на поставленный вопрос.</p> <p>Контрольная работа выполнена небрежно: грязно, с множеством подтираний, зачеркиваний и исправлений, неразборчивым подчеркивом, чернилами разного цвета или отличающимися от черного и синего.</p> <p>Не раскрыто основное содержание вопросов задания или имеются грубые ошибки в освещении вопроса, решении задач, выполнении графической части задания.</p> <p>Контрольная работа выполнена несамостоятельно: применены усложненные, посторонние методы расчета, не рассматриваемые при изучении данной дисциплины в сессионный период, в том числе, на консультациях и дополнительных занятиях, в методических рекомендациях по самостоятельному изучению отдельных тем.</p> <p>Текст контрольной работы отскерокопирован.</p>

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Цель обучения	Содержание темы	Результат	Задание для самостоятельной работы
ВВЕДЕНИЕ			
<p>Ознакомить с целями и задачами учебного предмета «Основы электропривода», связью с иными учебными предметами, значением в формировании профессиональных компетенций техника – электрика.</p> <p>Сформировать знания об истории развития электрификации сельского хозяйства.</p> <p>Сформировать знания о перспективах развития электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства.</p> <p>Сформировать понятие об экономических показателях электрификации</p>	<p>Цели и задачи учебного предмета «Основы электропривода», связь с иными учебными предметами, значение в формировании профессиональных компетенций техника электрика. Краткая история развития электрификации сельского хозяйства.</p> <p>Перспективы развития электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в свете последних постановлений правительства. Экономические показатели электрификации, экономическое и социальное значение электропривода в сельскохозяйственном производстве</p>	<p>Называет цели и задачи учебного предмета «Основы электропривода», высказывает общее суждение о связи с иными учебными предметами, значении в формировании профессиональных компетенций техника – электрика.</p> <p>Излагает знания об истории развития электрификации сельского хозяйства.</p> <p>Излагает знания о перспективах развития электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства.</p> <p>Излагает понятие об экономических показателях электри-</p>	<p>[4], с.76-77 с.380-386</p>
Раздел I. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ			
Тема 1.1. Механические характеристики рабочих машин и электродвигателей			

<p>Сформировать представление об электроприводе и его основных частях.</p> <p>Сформировать представление об основных этапах и направлениях развития электропривода.</p> <p>Сформировать знания о построении и анализе механических характеристик рабочих машин и электродвигателей</p>	<p>Электропривод и его основные части.</p> <p>Основные этапы и направления развития электроприводов.</p> <p>Механические характеристики рабочих машин и электродвигателей</p> <p>Естественные и искусственные характеристики.</p>	<p>Объясняет, что такое электропривод и перечисляет его основные части.</p> <p>Описывает основные этапы и направления развития электроприводов.</p> <p>Объясняет, как строить механические характеристики различных рабочих машин и электродвигателей, находить рабочую точку электропривода и анализировать его режимы работы</p>	<p>[1], с.5-13</p> <p>[3], с.32-50</p> <p>[4], с.76-82</p>
--	---	--	--

Тема 1.2. Основы динамики и переходные процессы в электроприводах			
<p>Сформировать знания о потерях энергии в электроприводах в установившемся режиме.</p> <p>Сформировать знания о потерях энергии в электроприводах в переходных режимах.</p> <p>Сформировать понятие о коэффициенте мощности и способах его повышения.</p> <p>Сформировать знания о способах экономии электроэнергии при работе электроприводов</p>	<p>Определение потерь энергии в установившемся режиме.</p> <p>Определение потерь энергии в переходных режимах.</p> <p>Коэффициент мощности и способы его повышения.</p> <p>Пути экономии электроэнергии при работе электроприводов</p> <p>Управление движения электропривода. Приведение моментов сопротивления к валу электродвигателя и определение приведенного момента инерции. Динамические режимы при пуске и торможении.</p>	<p>Излагает сведения о потерях энергии в электроприводах в установившемся режиме.</p> <p>Излагает сведения о потерях энергии в электроприводах в переходных режимах.</p> <p>Раскрывает понятие коэффициента мощности и способах его повышения.</p> <p>Объясняет способы экономии электроэнергии при работе электроприводов</p>	<p>[1], с.36-78</p> <p>[3], с.78-84</p> <p>[4], с.115-122</p>
Тема 1.3. Тормозные режимы. Регулирование угловой скорости электроприводов			

Сформировать знания о способах электрического торможения электродвигателей. Сформировать знания о способах регулирования частоты вращения электродвигателей.	Тормозные режимы работы электродвигателей. Регулирование частоты вращения электродвигателей. Основные показатели регулирования угловой скорости электроприводов.	Объясняет способы электрического торможения электродвигателей. Объясняет способы регулирования частоты вращения электродвигателей.	[1], с.36-78; с.111-124 [3], с.56-68 [4], с.95-107
Лабораторная работа № 1			
Сформировать умения исследовать схемы динамического торможения асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором	Исследование схем динамического торможения асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором	Исследует схемы динамического торможения асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором	[2], с.176-183 [4], с.122

Тема 1.4. Определение мощности и выбор электродвигателей для электропривода			
Сформировать понятие об экономическом значении правильного выбора электродвигателей по мощности. Сформировать знания о классах изоляции. Сформировать знания о режимах работы электродвигателей. Сформировать знания определения мощности в различных режимах работы электродвигателей. Сформировать знания о выборе электродвигателей по основным параметрам.	Экономическое значение правильного выбора электродвигателей по мощности. Классы изоляции. Уравнение теплового баланса. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Классификация режимов работы электродвигателей. Определение мощности в продолжительном, кратковременном, повторно - кратковременном режимах работы. Выбор электродвигателей по номинальной частоте вращения, типу и исполнению.	Излагает сведения об экономическом значении правильного выбора электродвигателей по мощности. Излагает знания о классах изоляции. Описывает основные режимы работы электродвигателей. Объясняет методику определения мощности электродвигателей, работающих в различных режимах работы. Излагает знания о выборе электродвигателей по основным параметрам.	[1], с.36-78 [4], с.62-76 [4], с.124-139

Практическая работа № 1			
Сформировать умение расчета мощности и выбора электродвигателей для различных режимов работы	Расчет мощности и выбор электродвигателя для различных режимов работы	Использует методику расчета мощности и выбирает электродвигатели для различных режимов работы	[2], с.4-22 [3], с.76-78
Раздел II. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ			
Тема 2.1. Коммутационная аппаратура			
формировать представление о назначении и классификации аппаратуры. Сформировать знания об устройстве, принципе действия и методике выбора коммутационной аппаратуры ручного и дистанционного управления.	Назначение и классификация аппаратуры. Коммутационная аппаратура ручного управления: рубильники, переключатели, пакетные выключатели. Характеристика и выбор электромеханических коммуникационных аппаратов: электромагнитных пускателей, контакторов, электромагнитных реле, реле времени	Объясняет назначение и классификацию аппаратуры. Объясняет устройство, принцип действия и методику выбора коммутационную аппаратуры ручного и дистанционного управления	[1], с.91-92 [3],с.84-102 [4],с.140-146
Практическая работа № 2			
Сформировать умение выбирать коммутационную аппаратуру управления	Выбор аппаратуры управления	Использует методику выбора коммутационной аппаратуры управления	[2], с.22-33 [3],с.119-120
Лабораторная работа № 2			
Сформировать умения исследовать работу аппаратуры управления	Исследование устройства и работы аппаратуры управления	Исследует работу аппаратуры управления	[2], с.153-163 [5], с.9-16
Лабораторная работа № 3			
Сформировать умения испытания магнитного пускателя и промежуточного реле	Испытание магнитного пускателя и промежуточного реле	Испытывает работу магнитного пускателя и промежуточное реле, анализирует полученные результаты	[3], с.120 [4], с.166-167

Тема 2.2. Аппаратура защиты электродвигателей			
Сформировать представление о назначении аппаратуры защиты электродвигателей, устройстве, принципе действия и методике выбора.	Характеристика и выбор аппаратуры защиты: плавких предохранителей, автоматических выключателей, тепловых реле, защитно-отключающих устройств	Объясняет устройство, принцип действия и методику выбора аппаратуры защиты	[1],с.94-107 [3],с.102-115 [4], с.159-165
Практическая работа № 3			
Сформировать умение выбирать аппаратуру защиты	Выбор аппаратуры защиты	Использует методику выбора аппаратуры защиты	[2], с.22-33 [3], с.120 [5], с.3-34
Лабораторная работа № 4			
Сформировать умения исследования работы аппаратуры защиты	Исследование устройства и работы аппаратуры защиты	Выполняет исследования работы аппаратуры защиты	[2],с.145-153 [3], с.120 [4], с.167 [5], с.34-37
Лабораторная работа № 5			
Сформировать умения испытывать защитную аппаратуру	Испытание защитной аппаратуры	Выполняет испытание защитной аппаратуры	[5], с.37-46
Лабораторная работа № 6			
Сформировать умения сборки и испытания схем запуска асинхронного электродвигателя с КЗР	Сборка и испытание схем запуска асинхронного электродвигателя с КЗР	Выполняет сборку и испытание схем запуска асинхронного электродвигателя с КЗР	[3], с.121
Тема 2.3. Управление электроприводами			

<p>Сформировать понятие о типах систем управления электроприводами. Сформировать знания о классификации электрических схем управления и условном обозначении элементов схем.</p> <p>Сформировать понятие об особенностях работы схем управления в различных функциях. Сформировать знания о блокировках в схемах управления. Сформировать знания о схемах пуска асинхронных электродвигателей.</p>	<p>Типы систем управления электроприводами, используемых в сельскохозяйственном производстве.</p> <p>Классификация электрических схем управления и условные обозначения элементов.</p> <p>Особенности работы схем управления в функции тока, частоты вращения, времени, пути.</p> <p>Блокировки в схемах управления.</p> <p>Схемы пуска асинхронных электродвигателей.</p>	<p>Объясняет типы систем управления электроприводами. Излагает сведения о классификации электрических схем управления и условных обозначениях элементов в схемах.</p> <p>Излагает сведения об особенностях работы схем управления в различных функциях. Объясняет значение блокировок в схемах управления. Описывает принцип работы схем пуска асинхронных электродвигателей.</p>	<p>[3], с.115-119 [4], с.168-188</p>
Практическая работа № 4			
<p>Сформировать умения изучать типовые схем управления электроприводами.</p>	<p>Изучение типовых схем управления электроприводами</p>	<p>Изучает типовые схемы управления электроприводами</p>	<p>[4], с.194</p>
Лабораторная работа № 7			
<p>Сформировать умения сборки и испытания схем пуска электродвигателей в функции пути</p>	<p>Сборка и испытание схем пуска электродвигателей в функции пути</p>	<p>Выполняет сборку и испытание схем пуска электродвигателей в функции пути</p>	<p>[3], с.121 [4], с.194</p>
Лабораторная работа № 8			

Сформировать умения сборки и испытания схем пуска электродвигателей в функции времени	Сборка и испытание схем пуска электродвигателей в функции времени	Выполняет сборку и испытание схемы пуска электродвигателей в функции времени	[2], с.163-170
---	---	--	----------------

Лабораторная работа № 9			
Сформировать умения сборки, наладки и испытания схем управления с бесконтактной аппаратурой	Сборка, наладка и испытание схем управления с бесконтактной аппаратурой	Выполняет сборку, наладку и испытание схем управления с бесконтактной аппаратурой	[2], с.183-197
Раздел III. Внутренние электрические сети			
Тема 3.1. Внутренние силовые электрические сети			
Сформировать понятие об электропроводках. Сформировать знания о силовых электропроводках и способах их выполнения. Сформировать знания о проектировании и порядке расчета силовых сетей, выборе проводов и кабелей.	Общие сведения и классификация электропроводок. Силовые электропроводки, способы их выполнения. Выбор проводов и кабелей для силовой сети.	Излагает общие сведения об электропроводках. Излагает знания о силовых электропроводках и способах их выполнения. Объясняет методику проектирования и порядок расчета силовых сетей, выбор проводов и кабелей.	[1],с.256-263 [3], с.22-23
Тема 3.2. Распределительные устройства			
Сформировать знания о распределительных устройствах для силовых сетей. Сформировать знания о принципах составления принципиальной схемы силовой сети.	Выбор распределительных устройств и схемы питания силовой сети. Составление принципиальной схемы силовой сети.	Излагает понятие о силовых распределительных устройствах. Объясняет принцип составления принципиальной схемы силовой сети.	[1],с.266-281 [3], с.22-31

Практическая работа № 5			
Сформировать умения расчета силовых электропроводок и выбора проводов и кабелей	Расчет силовых электропроводок и выбор проводов и кабелей.	Выполняет расчет силовых электропроводок и выбор проводов и кабелей.	[4], с.31-32

Тема 3.3. Определение максимальной мощности на вводе			
Сформировать знания о методах расчета нагрузки на вводе в здание, определении сечений проводов и кабелей	Методы расчета нагрузки на вводе в здание. Определение сечений проводов и кабелей на вводе в здание	Излагает последовательность расчета нагрузки на вводе в здание различными методами.	[3], с.31
Практическая работа № 6			
Сформировать умения расчета электрических нагрузок на вводе	Расчет электрических нагрузок на вводе	Выполняет расчет электрических нагрузок на вводе	[3], с.31

Методические рекомендации по изучению учебного предмета

Тема 1.1 Механические характеристики рабочих машин и электродвигателей.

Учебный материал темы базируется на учебном предмете «Электрические машины». Повторите принцип действия, устройство и основные характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока.

Электроприводом называется электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств и предназначенная для приведения в движение рабочих органов машин и управления этим движением (по ГОСТ 16593-79).

Электропривод состоит из четырёх элементов: преобразовательного устройства, электродвигателя, передаточного устройства и аппаратуры управления и защиты.

Преобразовательное устройство изменяет параметры электрической сети (ток, частоту, напряжение), чтобы они соответствовали условиям питания электродвигателя. 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. Эффективность системы «электродвигатель – производственная машина» зависит от соответствия механических свойств электродвигателя свойствам машины. Чтобы установить это соответствие, надо знать механические характеристики электродвигателей и машин.

Механические характеристики машин представляют собой зависимость момента сопротивления от скорости вращения приводного вала. Сельскому хозяйству поставляются машины, имеющие различные механические характеристики. В зависимости от механической характеристики все производственные машины подразделяются на четыре группы.

Механические характеристики двигателей представляют собой зависимость угловой скорости вала от развиваемого электромагнитного момента. Методику расчёта и построения механической характеристики асинхронного двигателя рассмотрим на примере.

Пример решения

Для двигателей, указанных в таблице, определите: 1) пусковой ток; 2) минимальный, пусковой минимальный и максимальный моменты; 3) номинальное и критическое скольжения.

Постройте естественные механические характеристики в координатах (M, n) ; и (M, S) при номинальном напряжении сети 380В и при снижении напряжения на 10% от номинального.

Решение. Пользуясь приложением, выписываем технические данные двигателя: АИР63В2У3 $P_n=0,55$ кВт; $I_n=1,31$ А; $\eta_n=75,0\%$; $\cos\varphi_n=0,85$; $K_i=5,0$; $\mu_k=2,2$; $\mu_{\min}=1,8$; $n_n=2730$ мин⁻¹; $\mu_n=2,2$.

1. Определяем пусковой ток при номинальном напряжении

$$I_{\text{пуск}} = K_i \cdot I_n = 5 \cdot 1,31 = 6,55 \text{ А}$$

2. Определяем моменты двигателя:

Номинальный момент

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}, H \cdot m$$

$$M_n = 9550 \frac{0,55}{2730} = 1,92 H \cdot m$$

Пусковой момент

$$M_{\text{пуск}} = M_n \cdot \mu_n, Hm$$

$$M_{\text{пуск}} = 1,92 \cdot 2,2 = 4,23 Hm$$

Минимальный момент

$$M_{\text{мин}} = M_n \cdot \mu_{\text{мин}}, Hm$$

$$M_{\text{мин}} = 1,92 \cdot 1,8 = 3,46 Hm$$

Максимальный момент

$$M_{\text{макс}} = M_n \cdot \mu_{\text{макс}}, Hm$$

$$M_{\text{макс}} = 1,92 \cdot 2,2 = 4,23 Hm$$

3. Определяем номинальное скольжение:

$$S_n = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

где n_1 – номинальная частота вращения магнитного поля статора,

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ мин}^{-1}$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ мин}^{-1}$$

p – количество пар полюсов;

f – частота тока сети, 50 Гц

$$S_n = \frac{3000 - 2850}{3000} = 0,05 \text{ или } 5\%$$

4. Определяем критическое скольжение:

$$S_k = S_n (\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1}) = 0,05(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,3 \text{ или } 30\%$$

6. Для построения естественной механической характеристики электродвигателя используем упрощенную формулу Клосса:

$$M = \frac{2M_k}{(S_n / S_k + S_n / S_k)}$$

Подставляя в формулу значение скольжения S от 0 до 1,0, определяем значение момента M .

При $S_n=0$:

$$\dot{I} = \frac{2 \cdot 4,23}{\frac{0}{0,3} + \frac{0,3}{0}} = 0$$

7. Определяем момент при снижении напряжения на зажимах двигателя на 10%, подставляя значения момента:

$$M' = 0,81 \cdot M = 0,81 \cdot 0 = 0$$

Данные расчета заносим в таблицу 1.

8. Определяем частоту вращения при $S=0$:

$$n = n_1 (1 - S) = 3000 \cdot (1 - 0) = 3000 \text{ мин}^{-1}$$

подставляя в формулу текущее значение скольжения S от 0 до 1,0 через 0,1 определяем значение частоты вращения.

Данные расчетов заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Данные расчетов

Расчетная величина	Скольжение, S										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
M	0	2,5	3,9	4,23	4,1	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,3
M'	0	2,1	3,2	3,42	3,3	3,03	2,7	2,5	2,3	2,1	1,8
n	3000	2700	2400	2100	1800	1500	1200	900	600	300	0

По расчетным данным строим график механической характеристики двигателя в прямоугольной системе координат. Для этого, учитывая величину максимального момента и размеры графика, выбираем масштабы частоты вращения: $m_n = 3000 \text{ мин}^{-1} = 1 \text{ см}$ и момента $m_M = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 2 \text{ см}$.

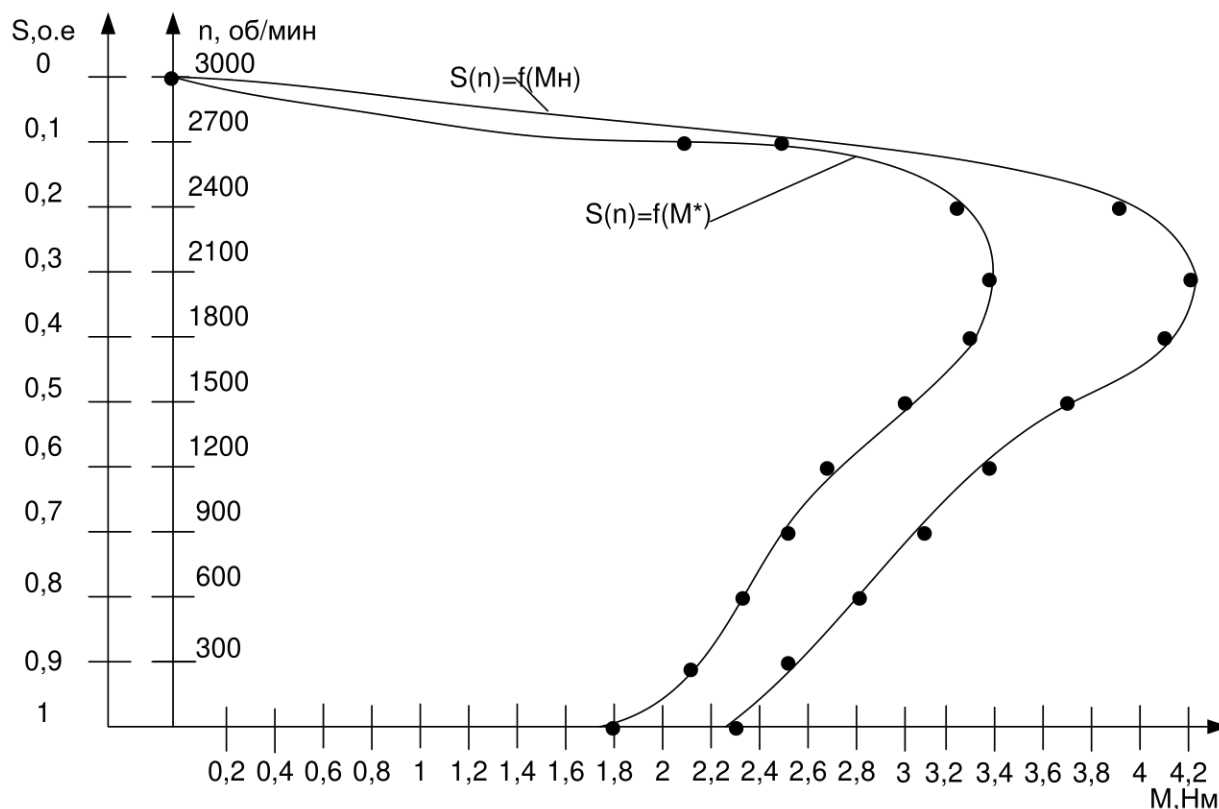


Рисунок – Механическая характеристика электродвигателя

Вопросы для самоконтроля:

1. Дать определение понятия электропривода.
2. Перечислить элементы электропривода.
3. Какую зависимость выражает механическая характеристика производственной машины?
4. Какую зависимость выражает механическая характеристика электродвигателя?
5. Перечислить и пояснить способы регулирования частоты вращения электродвигателей постоянного и переменного тока.
6. Дать характеристику основным электрическим режимам двигателей постоянного и переменного тока

Тема 1.2 Основы динамики и переходные процессы в электроприводах

Потребление и преобразование электроэнергии в электроприводах характеризуется специальными показателями. 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.

К энергетическим показателям относятся КПД, коэффициент загрузки и энергоёмкость.

КПД двигателя зависит от нагрузки и потерь. Асинхронные двигатели имеют наибольший КПД при нагрузках, несколько меньших номинальных. Кроме того, значения КПД растут с увеличением габаритов двигателя.

Важным энергетическим показателем является коэффициент мощности. Чем выше коэффициент мощности, тем меньше потребляемая реактивная мощность, тем меньше загружаются питающие электрические сети. В литературе рассматриваются различные способы повышения коэффициента мощности.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких составляющих складываются общие потери в электроприводе?
2. Как определяют расход энергии электропривода?
3. Какими путями можно уменьшить потери энергии в переходных режимах?
4. Почему необходимо поддерживать $\cos \varphi$ на высоком уровне?
5. Какие основные мероприятия способствуют экономии электроэнергии?

Тема 1.3. Тормозные режимы. Регулирование угловой скорости электроприводов

Электродвигатели в электроприводе могут быстро остановить производственный механизм или удерживать определенную скорость при положительном моменте рабочей машины. В этом случае двигатель обращается в генератор и работает в одном из тормозных режимов: противовключения, динамическом, рекуперативном в зависимости от способа возбуждения.

Торможение противовключением имеет значительно большее применение на практике выполняется посредством переключения на ходу двух фаз обмотки статора, что ведет к перемене направления вращения магнитного поля. Ротор при этом вращается против направления движения поля и постепенно замедляется. Когда угловая скорость упадет до нуля, двигатель нужно отключить от сети, иначе он вновь может перейти в двигательный режим, причем ротор его будет вращаться в направлении обратном предыдущему электродвигателя.

Динамическое торможение достигается подачей постоянного тока в обмотку статора двигателя. Постоянный ток создает неподвижное магнитное поле. При вращении ротора в его обмотках наводится э. д. с. и появляется ток. Взаимодействие тока ротора с неподвижным магнитным полем создает тормозной момент.

В режиме рекуперативного торможения (генераторное) ротор электродвигателя вращается со скоростью большей ω_0 . В этом случае ток изменяет направление, электрическая машина становится генератором, энергия торможения отдается в электрическую сеть. Режим торможения с отдачей энергии в сеть применяется практически для двигателей с переключением полюсов, а также для приводов грузоподъемных машин (подъемники, экскаваторы и т.п.).

Рекуперативное торможение используется в подъемных кранах, для удержания скорости при опускании грузов, для испытания и обкатки под нагрузкой автомобильных и тракторных двигателей, редукторов, коробок перемены пере-

дач под нагрузкой, а также во время перехода с большой скорости на меньшую в многоскоростных электродвигателях.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить и пояснить способы регулирования скорости вращения электродвигателей постоянного и переменного тока.
2. Перечислить и пояснить тормозные режимы работы электродвигателей постоянного и переменного тока.

Тема 1.4. Расчет мощности электроприводов

Экономическое значение правильного выбора электродвигателей по мощности. Потери мощности. Классы изоляции. Классификация режимов работы электродвигателей. Определение мощности в продолжительном, кратковременном, повторно – кратковременном режиме работы. Выбор электродвигателей по номинальной частоте вращения, типу и исполнению.

Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируются режимы работы двигателя с точки зрения нагрева?
2. Что собой представляет продолжительный режим работы?
3. Что собой представляет кратковременный режим работы?
4. Что собой представляет повторно – кратковременный режим работы?
5. Что собой представляет перемежающийся режим работы?
6. Какие требования предъявляются к выбору электродвигателя?
7. Как правильно подобрать электродвигатель по исполнению?
8. Как правильно подобрать электродвигатель по частоте вращения?

Тема 2.1. Коммутационная аппаратура.

Аппаратура управления предназначена для пуска двигателя, изменения частоты вращения, торможения, остановки двигателя и отключения его от сети при нормальных и аварийных режимах работы; для изменения вращения электродвигателя или рабочей машины.

Электрические аппараты управления классифицируются по назначению, принципу действия и характеру коммутации цепей.

По назначению:

- 1) коммутационные — предназначенные для размыкания электрической цепи без нагрузки (рубильники, переключатели, пакетные выключатели и т. д.);
- 2) защитные — осуществляющие защиту электродвигателей и сети от коротких замыканий и перегрузок (автоматические выключатели, предохранители, тепловое реле, реле максимального тока и минимального напряжения;
- 3) управления — служащие для пуска и остановки двигателя, изменения направления и частоты вращения (пускатели, контакторы, контроллеры, регулировочные и тормозные резисторы, реле управления).

По принципу действия:

- 1) аппараты ручного управления, которые вступают в работу только в результате непосредственного воздействия обслуживающего персонала (рубильники, выключатели, реостаты);

2) аппараты дистанционного или автоматического управления, которые могут быть приведены в действие обслуживающим персоналом дистанционно, либо их работа может быть поставлена в автоматическую зависимость от заранее заданных условий (контакторы, пускатели, реле управления).

По исполнению аппаратуру управления как и другое электрооборудование различают по климатическому исполнению, категории размещения изделия (ГОСТ 11543—70, ГОСТ 15150—69) и по степени защиты от соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри корпуса аппарата, от попадания в корпус посторонних твердых тел и проникновения в него воды.

По характеру коммутации электрических цепей: на контактные и бесконтактные.

Контактные замыкают или размыкают электрические цепи посредством подвижных и неподвижных электрических контактов.

Бесконтактные аппараты воздействуют на электрическую цепь путем резкого изменения своей проводимости.

Важные преимущества бесконтактной аппаратуры по сравнению с контактной, обуславливаются отсутствием контактов и подвижных частей.

Основные преимущества бесконтактной аппаратуры:

быстродействие и высокая скорость переключения, инерционность подвижных частей контактных аппаратов (особенно силовых) ограничивает их быстродействие. В бесконтактных аппаратах подвижных частей нет, поэтому время переключения бесконтактных аппаратов обычно на несколько порядков меньше, чем контактных; долговечность. Износ контактов и трущихся частей ограничивает срок службы контактных аппаратов, поэтому он определяется обычно числом переключений, производимых аппаратом. В бесконтактных аппаратах трущихся частей нет, поэтому чаще всего нет и ограничений по числу переключений; способность к работе во взрывоопасных и загрязненных средах, бесшумность в работе.

Контактные аппараты обеспечивают видимый разрыв электрической цепи, более устойчивы к перегрузкам и напряжениям, обеспечивают коммутацию токов любого направления, не имеют гальванической связи между выходом и входом, помехоустойчивы, не требуют высококвалифицированного обслуживания и, как правило, дешевле бесконтактных.

Поэтому в данных условиях неправильно противопоставлять бесконтактные аппараты контактным. Они не конкурируют, а дополняют друг друга. Предпочтение следует отдавать тем из них, которые в конкретных условиях более полно отвечают предъявленным требованиям. Как будет показано и в дальнейшем, в большинстве случаев, наилучшее техническое решение дает сочетание контактных и бесконтактных элементов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие аппараты управления относятся к ручным?
2. Какие аппараты управления относятся к дистанционным?
3. Объясните назначение и устройство магнитного пускателя
4. Перечислите аппаратуру управления и приведите её классификацию
5. Объясните методику выбора аппаратуры управления
6. Расшифруйте маркировку рубильников РБ-31, РПБ-31

7. Расшифруйте маркировку магнитных пускателей ПМЕ 111, ПМЕ -214

Тема 2.2 Аппаратура защиты электродвигателей

Электрические аппараты защиты служат для отключения электрических цепей в аварийных режимах.

Для защиты проводок и электрооборудования от токов коротких замыканий применяются плавкие предохранители и автоматические выключатели без выдержки времени, а для защиты от перегрузок – автоматические выключатели с выдержкой времени и электротепловые реле магнитных пускателей.

Плавкие предохранители включаются в каждую фазу электродвигателя или другого электроприемника. Основными элементами предохранителя являются плавкая вставка, контактная система и корпус с дугогасительным устройством. При аварийном увеличении тока отключение электрической цепи происходит за счет расплавления калиброванной плавкой вставки.

Автоматические выключатели предназначены для коммутации электрических цепей, а также для их защиты от перегрузок и коротких замыканий. Контактная система автоматического выключателя замыкается и размыкается вручную с помощью рукоятки или кнопок; для отключения цепей при коротких замыканиях служит максимальное токовое реле прямого действия, для отключения при перегрузках – тепловое реле прямого действия

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего предназначены аппараты защиты?
2. Какие аппараты защиты вы знаете?
3. От чего защищает автоматический выключатель?
4. Для чего предназначено УЗО?
5. Принцип работы теплового реле?
6. Для чего необходимо заземление и какие системы заземления бывают?
7. Виды схем управления электроприводами?
8. Как осуществляется защита электрооборудования от неполнофазных режимов?

Пример решения

Задача 2. Для электродвигателей, указанных в таблице, начертите схемы распределительных сетей и выберите аппараты управления и защиты.

Дано:

АИР112М8У3: $P_n=2,2$ кВт; $I_n=6,2$ А; $K_i=6,0$

АИР160М6У3: $P_n=15$ кВт; $I_n=30,1$ А; $K_i=6,5$

АИР100L8ВСУ2: $P_n=1,2$ кВт; $I_n=3,29$ А; $K_i=4$

АИР250S8У3: $P_n=30$ кВт; $I_n=62,2$ А; $K_i=6,0$

Пуск легкий, пускатели КМ2 и КМ3 не реверсивные

Решение:

1. Составляем расчетную схему:

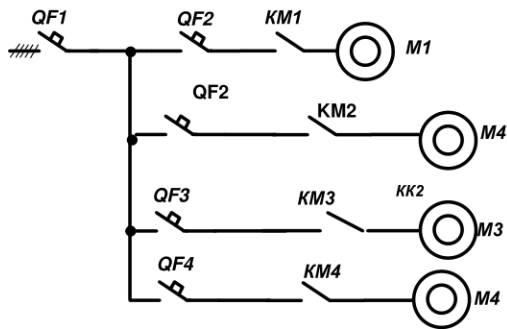


Рисунок 2 - Расчетная схема

1. Выбираем автоматический выключатель из условия:

QF1:

- 1) Номинальное напряжение автоматического выключателя должно быть больше или равно напряжению сети

$$U_{н.авт} = 660 \succ U_{н.с.} 380$$

номинальный ток автоматического выключателя должен быть больше или равен сумме номинальных токов двигателей:

$$I_{н.авт} = 160 A \succ \sum I_{н.дв} = 6,2 + 30,1 + 3,29 + 62,2 = 101,78$$

номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше или равен сумме номинальных токов двигателей

$$I_{н.р} = 125 A \succ \sum I_{н.дв} = 101,78 A$$

2. Определяем ток электромагнитного расцепителя:

$$I_{эм.р} = 1,25(62,2 \cdot 6 + 6,2 + 30,1 + 3,29) = 515 A$$

3. Определяем каталожный ток срабатывания электромагнитного расцепителя

$$I_{эм.р} = (I'_{пуск} + \sum I'_{н.дв}), A$$

где $I'_{пуск}$ – пусковой ток самого мощного двигателя, А

$\sum I'_{н.дв}$ – сумма номинальных токов остальных электродвигателей.

$$I_{ср.кат} = 14 \cdot 125 = 1750 A$$

4. Проверяем выбранный автомат на возможность ложного срабатывания при пуске

$$I_{ср.кат} = 1750 A \succ I_{эм.р} = 515 A$$

Принимаем автоматический выключатель $BA51Г31$ $U_{н.авт} = 660 B$, $I_{н.авт} = 160 A$, $I_{н.р} = 125 A$

QF2:

$$1) U_{н.авт} \geq U_{н.с.}$$

$$500 B \succ 380 B$$

$$I_{н.авт} \geq I_{н.дв}$$

$$I_{н.авт} = 10 A \succ I_{н.дв} = 6,2 A$$

$$I_{н.р} \geq I_{н.дв}$$

$$I_{н.р} = 8 A \succ I_{н.дв} = 6,2 A$$

- 2) Определяем ток электромагнитного расцепителя

$$I_{эм.р} = 1,25 \cdot I_{н.р} A$$

$$I_{эм.р} = 1,25 \cdot 6,2 \cdot 6 = 46,65 A$$

- 3) Определяем каталожный ток срабатывания электромагнитного расцепителя

$$I_{ср.кат} = \kappa \cdot I_{н.р}, A$$

где κ – кратность силы тока срабатывания (принимается из паспортных данных автоматического выключателя, зависит от марки автомата).

$$I_{\text{ср.кат}} = 12 \cdot 8 = 96 \text{ A}$$

4) Проверяем выбранный автомат на возможность ложного срабатывания при пуске

$$I_{\text{ср.кат}} \geq I_{\text{эм.р}}$$

$$I_{\text{ср.кат}} = 96 \text{ A} \succ I_{\text{эм.р}} = 46,65 \text{ A}$$

Принимаем автоматический выключатель $AE2016P$ $U_{\text{н.авт}} = 500 \text{ В}$, $I_{\text{н.авт}} = 10 \text{ A}$, $I_{\text{н.р}} = 8 \text{ A}$.

2. Выбираем магнитный пускатели из условия:

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_{\text{н.дв}}$$

$$KM1: 1. I_{\text{н.п.}} = 10 \text{ A} \succ I_{\text{н.дв}} = 6,2 \text{ A}$$

$$KM2: 1. I_{\text{н.п.}} = 40 \text{ A} \succ I_{\text{н.дв}} = 32,6 \text{ A}$$

$$KM3: 1. I_{\text{н.п.}} = 10 \text{ A} \succ I_{\text{н.дв}} = 3,29 \text{ A}$$

$$KM4: 1. I_{\text{н.п.}} = 63 \text{ A} \succ I_{\text{н.дв}} = 62,2 \text{ A}$$

Проверяем выбранный пускатель по условиям коммутации для режима частых пусков и остановок:

- по расчетному току по условиям коммутации

$$I_{\text{р.ком}} = \frac{k_i \cdot I_{\text{н}}}{6}, \text{ A}$$

если расчетный ток по условия коммутации будет превышать значение выбранного тока пускателя, то необходимо принять магнитный пускатель на величину больше от принятого.

$$I_{\text{н.п.}} = 10 \text{ A} \succ I_{\text{р.ком}} = \frac{6 \cdot 6,2}{6} = 6,2 \text{ A}$$

Принимаем пускатель ПМЛ122002.

$$I_{\text{н.п.}} = 40 \text{ A} \succ I_{\text{р.ком}} = \frac{6,5 \cdot 30,1}{6} = 32,6 \text{ A}$$

Принимаем пускатель ПМЛ312002.

$$I_{\text{н.п.}} = 10 \text{ A} \succ I_{\text{р.ком}} = \frac{4 \cdot 3,29}{6} = 2,2 \text{ A}$$

Принимаем пускатель ПМЛ112002.

$$I_{\text{н.п.}} = 63 \text{ A} \succ I_{\text{р.ком}} = \frac{6 \cdot 62,2}{6} = 62,2 \text{ A}$$

Принимаем пускатель ПМЛ422002.

Пример решения задачи 3.

Выбрать автоматизированную башенную насосную установку для водоснабжения животноводческой фермы, если $Q_{\text{ср. сут.}} = 35 \text{ м}^3 \text{ ч}^{-1}$, $H_p = 1850 \text{ кПа}$. Определить максимальное число включений насоса в час. Источник водоснабжения – артезианская скважина.

Решение:

1. Определяем максимальный часовой и секундный расход воды:

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

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

2. Пользуясь таблицей, выбираем погружной насос типа 1ЭЦВ6-10-185, у которого

$$Q_{\text{н}} = 1 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}, H = 1850 \text{ кПа}.$$

3. Определяем расчётную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = Q_{\text{макс.с}} \cdot H_p / (\eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{н}}),$$

где $\eta_{\text{п}}$ - КПД передачи, при соединении муфтой $\eta_{\text{п}} = 1$;

$\eta_{\text{н}}$ - КПД насоса, для центробежных насосов $\eta_{\text{н}} = 0,6 \dots 0,8$.

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

По таблице 1 выбираем электродвигатель типа 9ПЭДВ-8-140 с номинальными данными: $P_{\text{ном}} = 8 \text{ кВт}$, $I_{\text{ном}} = 18,0 \text{ A}$, $I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}} = 5,5$.

Запас мощности составит

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

Из таблицы 2 видим, что запас мощности для данного двигателя не должен быть менее 15%. Это условие выполняется.

Таблица 1 – Технические данные электронасосов

Насос			Электродвигатель				
Тип	Q_n , $\text{м}^3 \cdot \text{ч}$	H_n , кПа	Тип	$P_{\text{ном}}$, кВт	n , мин^{-1}	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{пуск}}/$ $I_{\text{ном}}$
1ЭЦВ6-4-130	4	1300	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,5
1ЭЦВ6-4-190	4	1900	9ПЭДВ-4,5-140	4,5	2850	10,7	6,0
3ЭЦВ6-6,3-60	6,3	600	ПЭДВ-2-140	2,0	2850	5,2	5,5
4ЭЦВ6-6,3-85	6,6	850	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,5
1ЭЦВ6-10-110	10	1100	6ПЭДВ-5,5-140	5,5	2850	12,6	6,0
3ЭЦВ6-10-140	10	1400	9ПЭДВ-8-140	8,0	2850	18	5,5
3ЭЦВ-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	7,5
2ЭЦВ10-63-65	63	650	2ПЭДВ-22-219	22	2900	48,4	7,5
ЭЦВ10-120-60	120	600	ПЭДВ-32-219	32	2900	67,4	7,5

Таблица 2 – Рекомендуемые значения запаса мощности погружных электродвигателей

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

Пример решения.

Выберите электродвигатель продолжительного режима работы для привода насоса орошения: орошаемая площадь – $S=10$ га; норма орошения – $q=0,45$ л/с на 1 га; КПД системы водоснабжения – $\eta_c=0,75$; расчетное давление $H_p=1420$ кПа= $144,8$ м; КПД насоса – $\eta_n=0,55$

Решение:

Определяем общее количество воды, подаваемой на всю орошаемую площадь с учетом потерь, л/с:

$$Q_{\text{расч}} = \frac{q \cdot S}{\eta_c},$$

$$Q_{\text{расч}} = \frac{0,45 \cdot 10}{0,75} = 6 \text{ л/с}$$

Выбираем насос из условия:

$$Q_n \geq Q_p$$

$$H_n \geq H'$$

где Q_n – номинальная подача насоса, л/с;

H_n – номинальный напор насоса, м

Принимаем насос типа 2К-4, у которого:

$$10 \geq 6$$

$$150 \geq 144,8'$$

частота вращения $n=2930$ об/мин.

Определяем мощность насоса:

$$P_{расч} = \frac{Q_n \cdot H_n \cdot 9,8}{\eta_n \cdot 1000}$$

$$P_{расч} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 9,8}{0,55 \cdot 1000} = 26,7 \text{ кВт}$$

Определяем расчетную мощность двигателя для насоса:

$$P_{дв} = \frac{\kappa_3 \cdot P_{нас}}{\eta_{пер}} \text{ кВт}$$

где κ_3 – коэффициент запаса $\kappa_3=1,25$;

$\eta_{пер}$ – КПД передачи, для насосов $\eta_{пер}=1$.

$$P_{дв} = \frac{1,25 \cdot 26,7}{1} = 33,3 \text{ кВт}$$

Выбираем двигатель из условия:

$$P_n \geq P_{дв}$$

$$37 > 33,3$$

Принимаем АИР200М2У3: $P_n=37$ кВт; $n_n=2940$ мин⁻¹; $I_{н,д}=70,6$; $\kappa_i=7$.

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

$$L_v = M \cdot L_n,$$

где M – суммарная масса животных, находящихся в помещении, кг;

L_n – норма воздухообмена. Зная воздухообмен и подачу вентилятора, определяют число вентиляторов

$$N = L_v / q_v, \quad (25)$$

где q_v – подача вентилятора.

Таблица 3 – Нормы вентиляционного обмена воздуха

Вид животных	Вентиляционный обмен воздуха (м ³ ·ч ⁻¹) на 1 кг массы животного		
	зимой	в переходный период	летом не менее
Коровы и молодняк КРС	0,17	0,25	0,4
Телята	0,20	0,25	0,5
Свиноматки, хряки	0,15	0,45	0,6
Свиньи на откорме	0,20	0,45	0,65
Куры при напольном содержании	1,4	4,0	7,0
Куры при клеточном содержании	1,1	3,6	5,5
Бройлеры	1,1	3,0	6,0

Таблица 4 – Техническая характеристика комплектов вентиляционного оборудования

Типоисполнение	Тип осевого вентилятора	Количество вентиляторов в комплекте	Подача воздуха при давлении 20 Па, тыс. м ³ /ч	Установленная мощность, кВт
Климат-45М	ВО-Ф-5,6А	16	95±6	7,0

Климат-45М-01	ВО-Ф-5,6А	24	15±1,0	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 5 – 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
Объёмная подача, м³/ч, при статическом давлении	60000±500	10500±1000	18750±1250
Номинальный КПД вентилятора, %	67	67	67
Частота вращения рабочего колеса, мин ⁻¹	940	930	930
Тип электродвигателя	АИР71А6У3	АИР71В6У3	АИР80В6У3
Мощность электродвигателя, кВт	0,37	0,55	1,1
Удельная энергоёмкость, кВт ч/тыс.м³	0,048	0,055	0,062

Пример решения

Выбрать центробежные вентиляторы приточной системы свинарника-откормочника для переходного периода. В свинарнике размещено 1300 голов, средняя масса животного 53 кг. Полное давление вентилятора 1250 Па.

Решение. Определяем воздухообмен в переходный период

$$L_B = M \cdot L_H,$$

где M – суммарная масса птиц, находящихся в помещении, кг;

L_H – норма воздухообмена.

$$L_B = 1300 \cdot 53 \cdot 0,45 = 31005 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Из таблицы 6 выбираем номер центробежного вентилятора В-Ц4-75, исходя из условия $L_{н.в} \geq L_{в}$, $H_{н} \geq H_{р}$ и выписываем его техническую характеристику. К установке принимаем вентилятор В-Ц4-75-10: $L_{н.в.}=31,59$ тыс. м³/ч; $H_{н}=1261$ Па; $n_{н}=970$ мин⁻¹, $\eta_{н}=0,85$

Определяем расчётную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = L_{н.в.} \cdot H / (\eta_v \cdot \eta_n),$$

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

При подсчёте мощности подачу выражают в м³/с, а давление в кПа.

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

Из приложения 1 выбираем электродвигатель АИР180М6:

$$P_{н} = 18,5 \text{ кВт; } n_{н} = 980 \text{ мин}^{-1}; I_{н} = 37 \text{ А; } \kappa_1 = 6,5$$

Запас мощности составит

$$\Delta P = (P_{ном} - P_p) \cdot 100 / P_{ном} = (15 - 12,66) 100 / 15 = 15,6\%$$

Из таблицы 7 видим, что запас мощности для данного двигателя должен быть не менее 10%. Это условие выполняется.

Таким образом, приточную вентиляцию свинарника обеспечит один вентилятор №16. Однако такое решение нерационально. Лучше выбирать многовентиляторную установку.

Таблица 6 – Техническая характеристика центробежных вентиляторов В-Ц4-75

Индексы вентиляторов	Производительность, тыс. м ³ /ч		Давление, Па		Максимальный КПД, %	Частота вращения рабочих колёс	Установленная мощность ЭД, кВт
	номинальная	в рабочей зоне	номинальная	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-Ц4-75-6,3		3,74-5,2		1154-1075		1420	2,2
	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
		10,47-14,0		1378-1340		970	7,5
	16,15	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
	46,44	28,7459,1	1116	1342-685	0,85	730	18,5
В-06-300-6,3А	7,3	4,8-8,8	76	93-59,9	0,75	930	0,37
В-0,6-300-8А	14,0	10-16	93	127-64	0,77	930	0,75
	21,0	15-26	216	294-157		1430	3,0
	28,0	21-35	157	206-88	0,77	930	2,2

Таблица 7 – Рекомендуемые значения запаса мощности центробежных вентиляторов

Номинальная мощность электродвигателя, 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

Пример решения

Выбрать вентиляционное оборудование для птичника, в котором содержится 10000 бройлеров. Масса бройлера $m = 1,5$ кг. Расчётное давление 42,25 Па, КПД вентилятора $\eta_v = 0,2$

Решение: Расчёт воздухообмена ведём для летнего периода, когда подача вентилятора максимальна.

$$L_v = M \cdot L_n,$$

где M – суммарная масса птиц, находящихся в помещении, кг;

L_n – норма воздухообмена

$$L_v = 10000 \cdot 1,5 \cdot 6,0 = 90000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Из таблицы 4 видим, что такой воздухообмен обеспечит оборудование «Климат–45М».

Установка комплектуется шестнадцатью вентиляторами ВО-Ф-5,6А, подача каждого из них 6000 м³/ч.

Определяем расчётную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = L_{n.v.} \cdot H / (\eta_v \cdot \eta_n),$$

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

При подсчёте мощности подачу выражают в м³/с, а давление в кПа.

$$P_p = 1,56 \cdot 0,042 / 0,2 \cdot 1 = 0,327 \text{ кВт};$$

С учётом запаса мощности $P_{дв} = K_3 \cdot P_p$,

где K_3 – коэффициент запаса мощности; для осевых вентиляторов $K_3 = 1,1$;

$$P_{дв} = 1,1 \cdot 0,37 = 0,36 \text{ кВт}.$$

К установке принимаем специальный электродвигатель для привода вентилятора с регулированием частоты вращения изменением напряжения типа АИР71А6У3 с номинальными данными $P_n = 0,37$ кВт, $n_n = 915 \text{ мин}^{-1}$, $I_n = 1,31$ А, $K_I = 4,5$

Тема 2.3. Управление электроприводами

Основные операции, которые выполняются в разомкнутых системах – это пуск, остановка, торможение, реверсирование и регулирование скорости электропривода.

Управление процессами пуска, реверса и торможения двигателей постоянного и переменного тока при питании их обмоток от питающих сетей с неизменным напряжением осуществляется релейными системами управления. В электрических схемах релейных СУ ЭП используются также типовые узлы электрической защиты, обеспечивающие нулевую, максимально-токовую, тепловую и специальные защиты, повышающие надёжность схем и исключающие выход из строя электрического оборудования в аварийных ситуациях.

Релейные системы управления ЭД выпускаются в виде станций управления, представляющих собой объединённое общей конструкцией комплектное устройство, предназначенное для дистанционного автоматического управления какой-либо электроустановкой с элементарной первичной защитой.

За последнее время типовые узлы и схемы релейного управления значительно изменились, в них все чаще наряду с традиционными электромеханическими аппаратами применяются современные технические средства – микропроцессорные контроллеры, твердотельные реле, силовые транзисторы и тиристоры, расширяющие возможности управления, повышающие надёжность систем электрооборудования и улучшающие условия труда.

Тема 2.3. Управление электроприводами

Типы систем управления электроприводами, используемых в сельскохозяйственном производстве. Классификация электрических схем управления и условные обозначения элементов. Особенности работы схем управления в функции тока, частоты вращения, времени, пути. Блокировки в схемах управления. Схемы пуска асинхронных электродвигателей.

Управление электроприводом – это совокупность воздействий на двигатель с целью его пуска, торможения, реверсирования, регулирования скорости в соответствии с требованиями технологического процесса.

Различают в зависимости от воздействия следующие виды управления:

1. Ручное;
2. Полуавтоматическое управление (автоматизированное);
3. Автоматическое управление.

Ручное – воздействие на аппараты управления осуществляется человеком в ручную.

Полуавтоматическое (автоматизированное) – человек дает первоначальную команду на систему управления, все остальные воздействия по управлению осуществляют различные аппараты (реле, магнитные пускатели и т.д.).

Автоматическое – все операции по управлению осуществляют автоматические аппараты и устройства, а участие человека предусматривается только в надзоре за электромеханической системой.

Управление автоматизированным и автоматическим электроприводом осуществляет система управления, которая во взаимодействии с двигателем, автоматическими управляющими устройствами называется электромеханической автоматической системой управления электроприводом (АСУЭП).

Любая реальная система электропривода может быть изображена на листе бумаги в виде электрической схемы.

Электрическая схема – графическое изображение электрических аппаратов, устройств, их элементов и линий связи между ними при помощи стандартных условных обозначений.

Стандартом определены следующие виды электрических схем: структурная, функциональная, принципиальная, схема расположения, схема соединений (монтажная), схема подключения, общая схема соединений, схема электрооборудования и проводки на планах, схема электроснабжения.

Структурная схема – схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Или используются для общего ознакомления с изучением или установкой.

Функциональная схема показывает конкретные соединения между элементами и устройствами (провода, выводы).

Наибольший практический интерес для нас представляет принципиальная схема управления электроприводом, которая позволяет выяснить принцип работы систем управления электроприводом.

Каждый элемент, входящий в устройство и изображенный на принципиальной схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое электрическая схема?

- 2 .Что такое элемент схемы?
- 3 .Что такое устройство?
- 4 .Какие схемы называют принципиальными?
- 5 .Каким способом выполняют схемы управления электроприводами?
- 6 .С какой целью применяются блокировочные связи?
- 7 Какие блокировки называют зависимыми?
- 8 Каким требованиям удовлетворяют блокировки исключения?
- 9 Какие устройства обеспечивают управление в функции пути и времени?

Раздел 3. Внутренние электрические сети

Тема 3.1. Внутренние силовые электрические сети

Электрическая энергия от распределительной трансформаторной подстанции по кабелю или воздушной линии подается к зданиям, животноводческим помещениям, где она используется. Вводы в здания выполняют через стены или крыши. Электрические сети от ввода в здание до потребителя называются внутренними. Они включают в себя силовые и осветительные проводки, распределительные устройства, крепления проводов и кабелей. Распределение электроэнергии внутри производственных помещений осуществляется при помощи силовых шкафов, пунктов или распределительных устройств. В зависимости от конструкции устройства могут быть с аппаратами включения и без них, с предохранителями или автоматами. Размещать распределительные пункты необходимо так, чтобы их было удобно обслуживать, они не мешали при работе, и протяженность отходящих от них линий была минимальной, а трасса их была удобной и доступной. Электрические сети напряжением до 1 кВ на промышленных предприятиях делятся на: сети для электроснабжения электросиловых установок и сети осветительных установок. Поэтому электрические сети называют силовыми и осветительными. Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требований ГОСТ 13109-97. При напряжении 660 В возникает необходимость установки дополнительных трансформаторов 660/220 В и выполнения электрических сетей на напряжение 220 В для питания люминесцентных ламп, ламп накаливания, тиристорных преобразователей, установок контрольно-измерительных приборов и автоматики, средств автоматизации электродвигателей мощностью до 0,4 кВт и др. Силовые сети принято делить на: питающие и распределительные. Питающая сеть — сеть от РУ 0,4—0,69 кВ ТП до низковольтных устройств распределения электроэнергии: распределительных щитов, распределительных пунктов, щитов станций управления и т. д. Распределительная сеть — сеть от низковольтных устройств распределения электроэнергии до электроприемников.

Тема 3.2. Распределительные устройства

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, предназначенная для приема электрической энергии от генераторов, трансформаторов, линий электропередачи и ее распределения. В состав РУ входят коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, измерительные приборы, средства управления, автоматики и защиты.

По своему назначению распределительные устройства делятся на следующие типы:

главные РУ (распределительные устройства электростанций), служащие для приема электроэнергии от генераторов;

РУ повышающих и понижающих подстанций, где электроэнергия распределяется после повышения или понижения напряжения на силовых трансформаторах;

РУ собственных нужд, применяемые для распределения электроэнергии потребителям собственных нужд станций и подстанций;

линейные РУ — это распределительные пункты, в которых электроэнергия распределяется между отдельными линиями электропередачи без трансформации напряжения.

По роду основного оборудования РУ подразделяются на закрытые (ЗРУ) и открытые (ОРУ).

По конструктивному исполнению РУ делятся на сборные, комплектные, блочные.

По роду напряжения — до 1000 В и выше 1000 В, в том числе генераторного напряжения.

В установках до 1000 В автоматические выключатели, рубильники, трансформаторы тока, предохранители и другая коммутационная и защитная аппаратура устанавливаются на металлических панелях, совокупность которых называется распределительными щитами.

К распределительным устройствам предъявляются следующие требования: надежность работы, не допускающая повреждения оборудования в процессе эксплуатации; удобство и электробезопасность в обслуживании; обеспечение хорошего обзора всех частей РУ и доступность к ним при необходимости ремонта; РУ должны предусматривать возможность расширения при росте нагрузки и установке дополнительного оборудования; экономичность при выборе вариантов устройства РУ и малые сроки его строительства; при обслуживании РУ необходимо учитывать требования ПУЭ, ПТЭ, ПТБ и пожарной охраны.

Вопросы для самоконтроля:

- 3.1. Что называют внутренней электропроводкой
- 3.2. В какой последовательности производят расчет силовой сети?
- 3.3. Какие данные проводников указывают при расчете силовой сети?
- 3.4. Как определить марку проводника?
- 3.5. Как определить сечение проводника
- 3.6. Как определить способ прокладки проводника?
- 3.7. Какие существуют способы определения сечения проводников?

Тема 3.3. Определение максимальной мощности на вводе

При проектировании систем электроснабжения сельского хозяйства необходимо исходить из расчётных нагрузок электропотребителей или их групп, электрических сетей.

Расчётной нагрузкой считается наибольшее из средних значений полной мощности за промежуток времени 30 минут (получасовой максимум), которая может возникнуть на вводе к потребителю или в питающей сети в расчётном году с вероятностью не ниже 0,95. Расчётным годом является последний год расчётного периода (5-7 лет), для которого определяется уровень нагрузок и другие параметры электроустановок.

Расчетная нагрузка на вводах в производственные, общественные и коммунальные предприятия, здания и сооружения, это нагрузка на вводе к потребителям, имеющим только электроосвещение и до трёх силовых электроприёмников, приближенно может быть равной арифметической сумме установленных мощностей электроприёмников и освещения.

При проектировании животноводческих комплексов расчётные нагрузки на вводах отдельных зданий и сооружений определяют по графику электрических нагрузок электроприёмников.

Для построения графика электрических нагрузок необходимо знать технологический график работы силового нагревательного и осветительного оборудования. По оси ординат откладывают присоединённые мощности, по оси абсцисс длительность работы оборудования. Для определения расчётной нагрузки на построенном графике беру участок, где в течение получаса суммарная мощность наибольшая.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как классифицируются сельскохозяйственные электропотребители по категории надежности ?
2. Что такое распределительное устройство и для чего оно применяется?
3. Какими способами можно определить нагрузку на вводе в здание?
4. Какие факторы необходимо учитывать при выборе сечения проводника?
5. Как производится учет активной и реактивной энергии?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради, чернилами, аккуратно, понятно, грамотно, оставляются поля для заметок рецензента, страницы нумеруются. Вопросы или условия задач нужно переписывать полностью, без изменений. Чертежи и электрические схемы выполняются карандашом или тушью, с соблюдением правил черчения и условных обозначений, предусмотренных ГОСТом.

Варианты заданий и задачи выбираются в соответствии с учебным шифром учащегося по таблицам вариантов.

В выполненной контрольной работе, после проверки преподавателем, учащийся должен исправить все указанные замечания в рецензии. Если контрольная работа не зачтена, нужно устранить указанные замечания и повторно предоставить ее на проверку.

Контрольная работа состоит из двух вопросов и трех задач. Распределение контрольных вопросов и задач по вариантам приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение задач и вопросов контрольной работы (по шифру учащегося)

Пред- по- след- няя цифра	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	1.20
	2.3	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	3.28	3.24	3.7	3.15	3.17	3.10
	1, 64	2, 63	3, 62	4, 61	5, 60	6, 59	7, 58	8, 57	9, 56	10, 55
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
	11, 54	12, 53	13, 52	14, 51	15, 50	16, 49	17, 48	18, 47	19, 46	20, 45
2	1.3	1.29	1.3	1.12	1.4	1.23	1.12	1.8	1.19	1.27
	2.9	2.28	2.13	2.8	2.23	2.2	2.18	2.23	2.18	2.3
	3.1	3.2	3.13	3.18	3.26	3.3	3.6	3.8	2.3	3.4
	21, 44	22, 43	23, 42	24, 41	25, 40	26, 39	27, 38	28, 37	29, 36	30, 35
3	1.4	1.28	1.17	1.4	1.3	1.24	1.17	1.6	1.20	1.26
	2.8	2.27	2.14	2.7	2.24	2.24	2.17	2.23	2.17	2.4
	3.2	3.3	3.10	3.14	3.25	3.26	3.7	3.14	3.19	3.30
	31, 60	32, 59	33, 58	34, 57	35, 56	36, 55	37, 54	38, 53	39, 52	40, 51
4	1.5	1.27	1.18	1.11	1.5	1.16	1.13	1.7	1.21	1.29
	2.6	2.26	2.15	2.6	2.25	2.5	2.16	2.24	2.20	2.5
	3.21	3.4	3.11	3.19	3.15	3.6	3.5	3.13	3.20	3.29
	41, 50	42, 49	43, 1	44, 2	45, 3	46, 4	47, 5	48, 6	49, 7	50, 8
5	1.6	1.26	1.19	1.10	1.15	1.6	1.14	1.8	1.22	1.30
	2.7	2.25	2.16	2.5	2.27	2.6	2.15	2.26	2.15	2.6
	3.6	3.7	3.12	3.20	3.5	3.16	3.4	3.12	3.21	3.28
	51, 9	52, 10	53, 11	54, 12	55, 13	56, 14	57, 15	58, 16	59, 17	60, 18
6	1.7	1.25	1.20	1.14	1.2	1.25	1.7	1.9	1.23	1.1
	2.5	2.24	2.17	2.4	2.26	2.7	2.14	2.27	2.14	2.7
	3.8	3.5	3.13	3.4	3.24	3.27	3.17	3.11	3.22	3.27
	61, 19	62, 20	63, 21	64, 22	40, 23	41, 24	42, 25	43, 26	44, 27	45, 28
7	1.8	1.24	1.13	1.9	1.1	1.26	1.15	1.8	1.24	1.2
	2.23	2.4	2.18	2.3	3.28	2.8	2.13	2.9	2.12	2.8
	3.9	3.6	3.3	3.21	3.23	3.28	3.3	3.18	3.23	3.26
	46, 29	47, 30	48, 31	49, 32	50, 33	51, 34	52, 35	53, 36	54, 37	55, 38
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
	81, 39	82, 40	83, 41	84, 42	85, 43	86, 44	87, 45	88, 46	89, 47	90, 48

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, 49	2, 50	3, 51	4, 52	5, 53	6, 54	7, 55	8, 56	9, 57	10, 58

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «электропривод». Изобразите структурную схему электропривода и объясните взаимодействие элементов схемы.
2. Приведите классификацию производственных механизмов в зависимости от характера изменения статического момента. Ответ иллюстрируйте примерами.
3. Приведите классификацию механических характеристик электродвигателей по жесткости.
4. Изобразите механические характеристики двигателей постоянного и переменного тока и сравните их жесткость.
5. Изложите методику построения естественной механической характеристики асинхронного короткозамкнутого электродвигателя по данным каталога.
6. Анализируя механическую характеристику асинхронного короткозамкнутого двигателя, раскройте его электрические свойства.
7. Укажите достоинства и недостатки различных способов электрического торможения асинхронных двигателей. Ответ иллюстрируйте соответствующими схемами включения.
8. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя с фазным ротором введением резисторов в цепь ротора. Ответ иллюстрируйте схемой включения резисторов и графиком механических характеристик.
9. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением напряжения на зажимах статора. Ответ иллюстрируйте графиком механических характеристик.
10. Объясните сущность ступенчатого регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением числа пар полюсов. Приведите примеры использования многоскоростных двигателей.
11. Объясните сущность регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя изменением частоты питающего тока.
12. Изложите методику аналитического расчета сопротивлений пускового реостата асинхронного двигателя с фазным ротором. Ответ иллюстрируйте схемой включения пускового реостата.
13. Изложите методику определения времени пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте.
14. Изложите методику определения времени пуска электропривода при переменном динамическом моменте.
15. Изложите методику определения момента, развиваемого электродвигателем, при ударной нагрузке. Ответ иллюстрируйте графиком изменения момента во времени.
16. Объясните, как определяются потери энергии при пуске асинхронных двига-

- телей. Укажите пути снижения этих потерь.
17. Охарактеризуйте материалы, применяемые для изоляции обмоток электродвигателей. Укажите факторы, влияющие на срок службы изоляции, а также мероприятия по повышению надежности изоляции.
 18. Вычертите и объясните графики мощности, температуры нагрева и потерь двигателя при продолжительном режиме работы.
 19. Вычертите и объясните графики температуры нагрева, мощности и потерь двигателя при кратковременном режиме работы.
 20. Вычертите и объясните графики температуры нагрева, мощности и потерь двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.
 21. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в продолжительном режиме с переменной нагрузкой. Приведите пример расчета.
 22. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в продолжительном режиме с постоянной нагрузкой. Приведите пример расчета.
 23. Изложите методику определения мощности двигателя при работе в повторно-кратковременном режиме. Приведите пример расчета.
 24. Объясните, как по данным каталога можно определить критическое скольжение и построить естественную механическую характеристику асинхронного двигателя.
 25. Опишите устройство, назначение и выбор электромагнитных контакторов.
 26. Опишите устройство, назначение и выбор рубильников и переключателей.
 27. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений универсальных переключателей серии УП5300. Объясните назначение диаграммы замыкания контактов, переключателя. Приведите примеры.
 28. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений путевых выключателей. Укажите область применения и приведите пример их использования.
 29. Опишите устройство, назначение, выбор и структуру обозначений пакетных выключателей. Укажите область применения и обозначение в принципиальных и монтажных схемах устройств.
 30. Опишите устройство, назначение и выбор кнопок управления серии КЕ и кнопочных постов управления серии ПКЕ. Укажите графическое и позиционное обозначение в схемах.
 31. Объясните назначение промежуточных реле. Приведите пример применения промежуточных реле в схеме управления сельскохозяйственной установки.
 32. Объясните назначение реле времени в программных устройствах. Сравните основные технические данные реле времени типов ЭВ, РВП, РВ4, Е-52, укажите их преимущества и недостатки.
 33. Опишите устройство электромагнитных пускателей серии ПМЕ-ОООМ, поясните структуру обозначений и методику их выбора. Приведите пример.
 34. 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.
 35. Опишите устройство тепловых реле серии РТЛ и объясните методику их выбора. Приведите пример.
 36. Опишите устройство и поясните методику выбора предохранителей для

- защиты ответвлений к короткозамкнутым асинхронным двигателям.
37. Поясните методику выбора магистральных (групповых) предохранителей. Как проверяется селективность срабатывания предохранителей?
 38. 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.
 39. Опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических воздушных выключателей серии АЕ20. Каковы преимущества единой серии автоматов?
 40. Кратко опишите конструкцию распределительных устройств серии РУ-СА и укажите, какими преимуществами они обладают по сравнению с распределительными устройствами типа ПР, ШР и другими.
 41. Опишите конструкцию, изобразите принципиальную электрическую схему и объясните принцип действия устройства встроенной температурной защиты электродвигателей типа УВТЗ-1М.
 42. Опишите устройство, систему обозначений и изобразите принципиальную электрическую схему бесконтактного путевого выключателя серии БВК-24. Объясните принцип действия. Приведите пример применения.
 43. Опишите назначение, устройство и систему обозначения бесконтактных путевых выключателей серий БВК 260 и ИЗВК 300. Изобразите схему подключения.
 44. Кратко опишите устройство, систему обозначений и методику выбора автоматических выключателей серии ВА51.
 45. Опишите назначение, технические данные и структуру обозначений промежуточных реле РПЛ, приставок ПКЛ, ПВЛ и ППЛ.
 46. 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-ЮА, РТЛ-100, РТТ-1.
 47. Опишите устройство, систему обозначений и методику выбора тепловых реле серии РТТ. Приведите пример.
 48. Объясните назначение и принцип действия реле утечки дифференциального типа РУД-05УЗ. Изобразите и опишите его схему включения.
 49. Приведите классификацию электрических схем и объясните назначение основных типов схем. Ответ иллюстрируйте примерами.
 50. Объясните, какие величины изменяются при пуске или торможении двигателя. На основании этого пояснения укажите методы автоматического управления двигателями переменного тока.
 51. Опишите сущность принципа управления электродвигателем в функции времени. Ответ иллюстрируйте схемами.
 52. Каковы достоинства и недостатки методов управления электроприводами в функции скорости, тока и времени?
 53. Приведите классификацию аппаратуры управления электродвигателями по климатическому исполнению и степени защиты от воздействия окружающей среды.
 54. Опишите устройство и назначение реле с магнитоуправляемыми контактами.

Изобразите схему реле.

- 55.Опишите устройство электромагнитных пускателей серии ПМЛ. Поясните структуру обозначений. Сравните пускатели ПМЛ с пускателями ПМЕ и ПАЕ и укажите их преимущества.
- 56.Опишите управление электродинамическим торможением двигателей постоянного тока. Приведите типовые схемы и объясните их действие.
- 57.Опишите торможение противовключением двигателей постоянного тока.
- 58.Опишите управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного пускателя.
- 59.Опишите управление асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного пускателя.
- 60.Изобразите схему управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с торможением противовключением и опишите ее действие.
- 61.Изобразите типовые узлы блокировочных связей в схемах управления электроприводами, опишите их действие и область применения.
- 62.Опишите особенности работы электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства и укажите мероприятия повышения надежности электрооборудования.
- 63.Изложите методику проверки возможности пуска асинхронных короткозамкнутых электродвигателей при пониженном напряжении. Приведите пример.
- 64.Изложите методику проверки устойчивой работы асинхронных короткозамкнутых двигателей при запуске мощного двигателя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 1. Для двигателей, указанных в таблице, определите: пусковой ток, номинальный, пусковой, минимальный и максимальный (критический) моменты, номинальное скольжение. 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

Исходные данные для решения задачи 1

Вариант	Тип двигателя	Вариант	Тип двигателя	Вариант	Тип двигателя
1.1	АИР71В6У3	1.11	АИР71А4У3	1.21	АИР80А2У3
1.2	АИР80А6У3	1.12	АИР200М4У3	1.22	АИР100S2У3
1.3	АИР90L6У3	1.13	АИР180S4У3	1.23	АИР90L2У3
1.4	АИР100S6У3	1.14	АИР160М4У3	1.24	АИР112М2У3
1.5	АИР112М6У3	1.15	АИР132М4У3	1.25	АИР132М2У3
1.6	АИР132S6У3	1.16	АИР100S4У3	1.26	АИР160S2У3
1.7	АИР160L6У3	1.17	АИР90L4У3	1.27	АИР180М2У3
1.8	АИР180М6У3	1.18	АИР80В4У3	1.28	АИР200L2У3
1.9	АИР200М6У3	1.19	АИР100L4У3	1.29	АИР63В2У3
1.10	АИР200L6У3	1.20	АИР132S4У3	1.30	АИР71А2У3

Задача 2. Для электродвигателей, указанных в таблице, начертите схемы распределительных сетей и выберите аппараты управления и защиты.

Исходные данные для решения задачи 2

Вариант	Тип двигателей				Дополнительные условия
	M1	M2	M3	M4	
2.1	АИР50А2У3	АИР100S4У3	АИР71А2У3	АИР71В8У3	Пуск легкий, пускатели нереверсивные
2.2	АИР50В2У3	АИР100L4У3	АИР71В2У3	АИР80А8У3	
2.3	АИР56А2У3	АИР112М4У3	АИР80А2У3	АИР80В8У3	
2.4	АИР56В2У3	АИР132S4У3	АИР80В2У3	АИР90L8У3	
2.5	АИР63А2У3	АИР132М4У3	АИР90L2У3	АИР100S8У3	
2.6	АИР63В2У3	АИР160S4У3	АИР100S2У3	АИР100L8У3	
2.7	АИР71А2У3	АИР160М4У3	АИР100L2У3	АИР112МВ8У3	
2.8	АИР71В2У3	АИР180S4У3	АИР112М2У3	АИР112МА8У3	
2.9	АИР80А2У3	АИР180М4У3	АИР132М2У3	АИР132S8У3	
2.10	АИР80В2У3	АИР200М4У3	АИР160S2У3	АИР132М8У3	Пуск легкий, пускатели КМ1, КМ4 реверсивные
2.11	АИР90L2У3	АИР160S8У3	АИР50А2У3	АИР160S8У3	
2.12	АИР100S2У3	АИР355М6У3	АИР50В2У3	АИР160М8У3	
2.13	АИР100L2У3	АИР225М8У3	АИР56А2У3	АИР180М8У3	
2.14	АИР112М2У3	АИР200М4У3	АИР56В2У3	АИР200М8У3	
2.15	АИР132М2У3	АИР50А2У3	АИР63А2У3	АИР200L8У3	
2.16	АИР160S2У3	АИР50А4У3	АИР63В2У3	АИР225М8У3	Пуск М 4 тяжелый, остальных двигателей-легкий, пускатели нереверсивные
2.17	АИР160М2У3	АИР50В4У3	АИР160М2У3	АИР250S8У3	
2.18	АИР160L2У3	АИР56А4У3	АИР160L2У3	АИР250М8У3	
2.19	АИР180М2У3	АИР56В4У3	АИР180М2У3	АИР280S8У3	
2.20	АИР200М2У3	АИР63А4У3	АИР56А2У3	АИР280М8У3	
2.21	АИР200L2У3	АИР63В4У3	АИР56В2У3	АИР315S8У3	
2.22	АИР225М2У3	АИР71А4У3	АИР63А2У3	АИР315М8У3	
2.23	АИР250S2У3	АИР71В4У3	АИР63В2У3	АИР355S8У3	Пуск легкий, пускатели КМ2, КМ3 реверсивные
2.24	АИР250М2У3	АИР80А4У3	АИР71А2У3	АИР355М8У3	
2.25	АИР280М6У3	АИР80В4У3	АИР71В2У3	АИР63А4У3	
2.26	АИР315L6У3	АИР90L4У3	АИР50В2У3	АИР80А2У3	Пуск М 4 тяжелый, КМ4- реверсивный, остальных двигателей-пуск легкий, пускатели нереверсивные
2.27	АИР71В8У3	АИР50В2У3	АИР132М2У3	АИР80В2У3	
2.28	АИР80А8У3	АИР56А2У3	АИР200М2У3	АИР90L2У3	
2.29	АИР80В8У3	АИР56В2У3	АИР200L2У3	АИР100S2У3	
2.30	АИР80В2У3	АИР225М2У3	АИР180М2У3	АИР112М2У3	

Задача 3. Для вариантов 3.1 – 3.10 выберите электродвигатель продолжительного режима работы для привода центробежного насоса. Исходные данные приведены в таблице

Вариант	Среднесуточный расход воды, $Q_{\text{ср.сут.}}$, м ³ /сут	Расчётное давление, Н, кПа	КПД насоса	Время потребления воды, т/ч
3.1	66	1350	0,7	14
3.2	23	650	0,65	15
3.3	480	600	0,72	16
3.4	14,5	1250	0,59	14
3.5	270	700	0,7	15
3.6	27	800	0,62	16

3.7	93	1450	0,72	14
3.8	17	1950	0,59	15
3.9	44	1080	0,65	16
3.10	48	1350	0,7	14

Для вариантов 3.11 – 3.20 выберите электродвигатель продолжительного режима работы для привода насоса орошения. Исходные данные приведены в таблице

Вариант	Орошаемая площадь, S, га	Норма орошения, q, л/с.га	КПД системы водоснабжения	Расчётное давление, Н, кПа	КПД насоса
3.11	32	0,4	0,75	645	0,7
3.12	52	0,5	0,85	575	0,7
3.13	12	0,45	0,98	850	0,65
3.14	15	0,4	0,98	1370	0,71
3.15	30	0,45	0,79	600	0,62
3.16	9	0,39	0,98	1350	0,61
3.17	10	0,45	0,75	1420	0,55
3.18	1	0,4	0,85	1850	0,6
3.19	2,5	0,45	0,98	550	0,65
3.20	26	0,5	0,74	680	0,75

Для вариантов 3.21 – 3.30 выберите электродвигатель продолжительного режима работы для привода центробежного вентилятора. Исходные данные приведены в таблице

Вариант	Помещение	Вид животных	Количество животных, гол.	Масса животного, кг	Расчётное давление, Па	Период вентиляции
3.21	Коровник	Коровы	185	650	654	Зима
3.22	Свинарник	Свиньи на откорме	1000	65	722	Переходной
3.23	Коровник	Молодняк КРС	400	510	780	Переходной
3.24	Свинарник	Свиноматки	196	258	1310	Переходной
3.25	Телятник	Телята	364	217	756	Лето
3.26	Птичник	Куры	15000	1,6	40	Лето
3.27	Коровник	Коровы	386	650	1298	Зима
3.28	Свинарник	Хряки	70	220	364	Лето
3.29	Птичник	Бройлеры	19000	1,5	42	Лето
3.30	Телятник	Телята	256	150	1332	Лето

Приложения А

Таблица 1 – Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт

Типоразмеры	Рн, кВт	n, мин ⁻¹	I, А	n, %	cosφ	k _{пуск}	k _{min}	k _{max}	Ki
n₀ = 1000 мин⁻¹									
АИР63А6УЗ	0,18	860	0,7	56	0,62	2	1,6	2,2	4
АИР63В6УЗ	0,25	860	1,0	59	0,62	2	1,6	2,2	4
АИР71А6УЗ	0,37	915	1,3	65	0,65	2	1,6	2,2	4,5
АИР71В6УЗ	0,55	915	1,7	68	0,70	2	1,6	2,2	4,5
АИР80А6УЗ	0,75	920	2,2	70	0,72	2	1,6	2,2	4,5
АИР80В6УЗ	1,1	920	3,0	74	0,74	2	1,6	2,2	4,5
АИР90Л6УЗ	1,5	925	4,1	76	0,72	2	1,6	2,2	6
АИР100Л6УЗ	2,2	945	5,5	81	0,74	2	1,6	2,2	6
АИР112М6УЗ	3	950	7,4	81	0,76	2	1,6	2,2	6
АИР112М6УЗ	4	950	9,1	82	0,81	2	1,6	2,2	6
АИР132S6УЗ	5,5	960	12,3	85	0,80	2	1,6	2,2	7
АИР132М6УЗ	7,5	960	16,4	85,5	0,81	2	1,6	2,2	7
АИР160В6УЗ	11	970	22,3	88	0,83	2	1,6	2,7	6,5
АИР160М6УЗ	15	970	30,5	88	0,85	2	1,6	2,7	6,5
АИР180М6УЗ	18,5	980	36,5	89	0,85	1,8	1,6	2,4	6,5
АИР200М6УЗ	22	980	44,7	90	0,83	1,6	1,4	2,4	6,5
АИР200Л6УЗ	30	975	59,6	90	0,85	1,6	1,4	2,4	6,5
АИР225М6УЗ	37	980	72,7	91	0,85	1,5	1,4	2,3	6,5
АИР250S6УЗ	45	985	87,0	92,5	0,85	1,5	1,4	2,3	6,5
АИР250М6УЗ	55	980	105,1	92,5	0,86	1,5	1,4	2,3	6,5
АИР280S6УЗ	75	978	137,0	92,5	0,90	1,5	1,4	2,2	6,5
АИР280М6УЗ	90	978	160,8	93	0,90	1,4	1	2,4	6,5
АИР315Л6УЗ	100	977	195,5	93	0,92	1,4	1	2,3	6
АИР315М6УЗ	132	977	238,6	93,5	0,9	1,4	1	2,3	6,5
АИР355S6УЗ	160	978	286,7	94	0,9	1,6	1	2	7
АИР355М6УЗ	200	978	353,9	95,5	0,9	1,6	0,9	2	7
n₀ = 1500 мин⁻¹									
АИР50А4УЗ	0,06	1335	0,27	53	0,63	2,1	1,8	2,2	4,5
АИР50В4УЗ	0,09	1335	0,37	57	0,65	2,1	1,8	2,2	4,5
АИР56А4УЗ	0,12	1350	0,44	63	0,66	2,1	1,8	2,2	5
АИР56В4УЗ	0,18	1350	0,63	64	0,68	2,1	1,8	2,2	5
АИР63А4УЗ	0,25	1320	0,83	68	0,67	2,1	1,8	2,2	5
АИР63В4УЗ	0,37	1320	1,18	68	0,7	2,3	1,8	2,2	5
АИР71А4УЗ	0,55	1360	1,69	70,5	0,7	2,2	1,6	2,2	5
АИР71В4УЗ	0,75	1350	2,14	73	0,73	2,2	1,6	2,2	5
АИР80А4УЗ	1,1	1390	2,75	75	0,81	2,2	1,6	2,2	5,5
АИР80В4УЗ	1,5	1390	3,52	78	0,83	2,2	1,6	2,2	5,5
АИР90Л4УЗ	2,2	1400	5	81	0,83	2	1,6	2,2	6,5
АИР100S4УЗ	3	1410	6,7	82	0,83	2	1,6	2,2	7
АИР100Л4УЗ	4	1410	8,5	85	0,84	2	1,6	2,2	7
АИР112М4УЗ	5,5	1430	11,4	85,5	0,86	2	1,6	2,2	7
АИР132S4УЗ	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	2	1,6	2,2	7,5
АИР132М4УЗ	11	1450	22	87,5	0,87	1,9	1,6	2,2	7,5
АИР160S4УЗ	15	1450	28,5	90	0,89	1,9	1,8	2,9	7
АИР160М4УЗ	18,5	1460	34,9	90,5	0,89	1/7	1,8	2,9	7
АИР180S4УЗ	22	1470	42,5	90,5	0,87	1,7	1,5	2,4	7
АИР180М4УЗ	30	1470	56,9	92	0,87	1,7	1,5	2,7	7
АИР200М4УЗ	37	1470	68,3	92,5	0,89	1/7	1,6	2,7	7,5
АИР200Л4УЗ	45	1470	83	92,5	0,89	1,7	1,6	2,7	7,5
АИР225М4УЗ	55	1470	101	93	0,89	1,7	1,6	2,6	7
АИР250S4УЗ	75	1480	138	94	0,88	1,7	1,4	2,5	7,5

$n_0 = 3000 \text{ мин}^{-1}$									
АИР50А2У3	0,09	2655	0,3	60	0,75	2,2	1,8	2,2	4,5
АИР50В2У3	0,12	2655	0,4	63	0,75	2,2	1,8	2,2	4,5
АИР56А2У3	0,18	2730	0,5	68	0,78	2,2	1,8	2,2	5,0
АИР56В2У3	0,25	2730	0,6	69	0,79	2,2	1,8	2,2	5,0
АИР63А2У3	0,37	2730	0,9	72	0,76	2,2	1,8	2,2	5,0
АИР63В2У3	0,55	2730	1,3	75	0,85	2,2	1,8	2,2	5,0
АИР71А2У3	0,75	2820	1,7	78,5	0,83	2,1	1,6	2,2	5,0
АИР71В2У3	1,1	2805	2,5	79	0,83	2,1	1,6	2,2	6,0
АИР80А2У3	1,5	2850	3,3	81	0,85	2,2	1,6	2,2	6,0
АИР80В2У3	2,2	2850	4,6	83	0,87	2,0	1,6	2,2	7,0
АИР90L2У3	3	2850	6,1	84,5	0,88	2,0	1,6	2,2	7,0
АИР100S2У3	4	2850	7,9	87	0,88	2,0	1,6	2,2	7,0
АИР100L2У3	5,5	2850	10,6	88	0,89	2,0	1,6	2,2	7,5
АИР112M2У3	7,5	2895	14,8	87,5	0,88	2,0	1,6	2,2	7,5
АИР132M2У3	11	2910	21,1	86	0,9	1,6	1,2	2,2	7,5
АИР160S2У3	15	2910	28,4	90	0,89	1,8	1,7	2,7	7,0
АИР160M2У3	18,5	2910	34,5	90,5	0,9	2,0	1,8	2,7	7,0
АИР160L2У3	22	2910	41,5	90,5	0,89	2,0	1,9	2,7	7,0
АИР180M2У3	30	2975	55,4	91,5	0,9	2,2	1,9	3,0	7,0
АИР200M2У3	37	2940	70,7	91,5	0,87	1,6	1,5	2,8	7,0
АИР200L2У3	45	2940	84,5	92	0,88	1,8	1,5	2,8	7,5
АИР225M2У3	55	2940	99,3	92,5	0,91	1,8	1,5	2,6	7,5
АИР250S2У3	75	2940	136,3	93	0,9	1,8	1,6	3,0	7,5

Таблица 2 - Технические данные предохранителей

Тип	Номинальный ток, А	
	Патрон предохранителя	Плавкой вставки
ПН2-100	100	30,40,50,60,80,100
ПН2-250	250	80,100,120,150,200,250
ПН2-400	400	200,250,300,350,400
ПН2-600	600	300,400,500,600
Тип	Номинальный ток, А	
	Патрон предохранителя	Плавкой вставки
ПР-2-15	15	6,10,15,
ПР-2-60	60	15,20,25,35,45,60
ПР-2-100	100	60,80,100
ПР-2-200	200	100,125,160,200
ПР-2-350	350	200,225,260,300,350
ПР-2-600	600	350,430,500,600

Таблица 3 – Технические данные автоматических выключателей

Тип исполнения	Номинальные силы тока и напряжения	Расцепители Сила номинального тока I _{ном.} p..A	Преде- лы ре- гулиро- вания	Кратность тока сраба- тыва-ния
AE2016P	10 A, 500 В	0,32;0,4;0,5;0,6;0,8;1,1;1,25;1,6;2;2,5;3,2;4; 5;6;8;10.	/0,9...1, 15/ I _{ном.} P.	12 I _{ном.} P.
AE2036P	25 A, 500 В	0,6;0,8;1;1,25;1,6;2;2,5;3,2 4;5;6;8;10;12,5;16;20;25.		
AE2046P	63 A, 500 В	10;12,5;16;20;25;32;40;50; 63.		
AE2056P	100 A, 500 В	16;20;25;32;40;50;63;80; 100.		
АП50Б	63 A, 500 В	1,6;2,5;4;6,3;10;16;25;40; 50;63.	/0,6...1/	10
АП50Б- ЗМТО	50 A, 500 В	1,6;2,5;6,4;10;16;25;40;50.		11
BA51Г-25	25A 500В	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	Нерегулируемый	14
BA51-25	25A 500В	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		7; 10
BA51-31	100 A, 500 В	6,3; 8; 10; 12,5; 16;20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		3; 7; 10
BA51Г-31	100 A, 500 В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		14
BA52-31	100 A, 500 В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		3; 7; 10
BA51-33	160 A, 500 В	80; 100; 125; 160;		
BA52-33				10
BA51Г-33	160 A, 500 В	80; 100; 125; 160;		
BA52Г-33				14
BA51-35	250A, 500 В	80; 100; 125; 160;		12
BA52-35	400A, 500 В	250;		
BA51-37	400A, 500 В	250; 320; 400		10
BA52-37	400A, 500 В	250; 320; 400		10
BA51-39	400A, 500 В	400; 500; 630		10
BA52-39	400A, 500 В	250; 400; 500; 630		10
AK-63-3МГ		0,63;0,8;1;1,25;1,6;2;2,5;3,2;4,5;6,3;8;10;12 ,5.		14
AK-63-3М		16;20;25;32;40;50;63.		
AK-50-3МГ		0,6;0,8;1;1,26;2,5;3;4;5;6;8;12,5;15;20;25.		10
AK-50-3М		30;35;40;45;50;63.		
A-63МГ		0,8;1;1,25;1,6;2,5;3,2;4,5; 6,3;10;12,5;16;20;25.		

Таблица 4 – Технические данные магнитных пускателей серии ПМЛ

Величина пускателя	Сила номинального тока, А	Число и исполнение контактов вспомогательной цепи	Тип и исполнение						
			Нереверсивное			Реверсивное			Звезда-Треугольник
			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	
1	10	1з	ПМЛ-121002	ПМЛ-122002	ПМЛ-123002	-	-	-	ПМЛ-172002
		1р	-	-	-	ПМЛ-161102	ПМЛ-162102	ПМЛ-163102	-
2	25	1з	ПМЛ-221002	ПМЛ-222002	ПМЛ-223002	-	-	-	ПМЛ-272002
		1р	-	-	-	ПМЛ-261102	ПМЛ-262102	ПМЛ-263102	.
3	40	1з+1р	ПМЛ-321002	ПМЛ-322002	ПМЛ-323002	ПМЛ-361002	ПМЛ-362002	ПМЛ-363002	ПМЛ-372002
4	63	1з+1р	ПМЛ-421002	ПМЛ-422002	ПМЛ-423002	ПМЛ-461002	ПМЛ-462002	ПМЛ-463002	ПМЛ-472002
5	80	1з+1р	ПМЛ-521002	-	-	ПМЛ-561002	.	-	ПМЛ-571002
		2з+2р	ПМЛ-521102	-	-	ПМЛ-561102	-	-	-
6	125	1з+1р	ПМЛ-621002	-	-	ПМЛ-661002	-	.	ПМЛ-671002
		2з+2р	ПМЛ-621102	-	-	ПМЛ-661102	-	.	-
7	200	2з+2р	ПМЛ-721102			ПМЛ-761102			

Таблица 5 – Технические данные тепловых реле серии РТЛ, встраиваемых в магнитные пускатели серии ПМЛ

Величина пускателя	Тип реле	Сила ном. тока, А	Среднее значение тока теплового элемента реле, А	Пределы регулирования силы тока срабатывания, 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	0,38-0,63
	РТЛ-100504		0,8	0,61-1
	РТЛ-100604		1,3	0,93-1,6
	РТЛ-100704		2	1,5-2,6
	РТЛ-100804		3,2	2,4-4
	РТЛ-101004		5	3,8-6
	РТЛ-101203		6,8	5,5-8
	РТЛ-101404		8,5	7-10
2	РТЛ-101404	25	8,5	7-10
	РТЛ-101604		12	9,5-14
	РТЛ-102104		16	13-19
	РТЛ-102204		21,5	18-25
3	РТЛ-102204	80	21,5	18-25
	РТЛ-205304		27	23-32
	РТЛ-205504		35	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-310504	200	99	75-105
7	РТЛ-312504		110	95-125
	РТЛ-312504		110	95-125
	РТЛ-316004		140	120-160
	РТЛ-320004		175	150-200

Литература

Основная

1. Дайнеко В.А. Электрооборудование сельскохозяйственного производства: пособие /В.А.Дайнеко,И.Н.Шаукат.- Минск : Беларусь, 2011.-286с.
2. Дайнеко В.А. Электрооборудование сельскохозяйственного производства. Практикум: пособие /В.А.Дайнеко, И.Н.Шаукат, Т.Г.Базулина.- Минск : Беларусь, 2011.-271с.
3. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок /Под редакцией И.Ф. Кудрявцева.- М.: Агропромиздат, 1988
4. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / Л.С. Герасимович и др. – М.: Колос, 1980
5. Елкин В.Д.,Елкина Т.В. Электрические аппараты: Учебное пособие для учащихся ССУЗов. Мн.:Дизайн ПРО,2003.-168с.
6. Защита электрических цепей: учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.В.Гурин, Е.В.Бабаева. – Минск : БГАТУ, 2006.-314 с.
7. Электропривод: учеб.-метод.пособие /сост.В.В.Гурин
8. Васин В.М. Электрический привод.- Мн.: Вышэйшая школа, 1984

Дополнительная

1. ГОСТ 16593-79. Электроприводы. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1980
2. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоиздат, 1985
3. Комплектные тиристорные электроприводы. Справочник. /И.Х. Едеров и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988