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

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания по изучению учебного предмета и выполнению домашних контрольных работ для учащихся отделения заочного обучения

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Буда-Кошелево, 2026

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по учебной работе
_____ Н.М. Тимошенко
« ___ » _____ 2026 г.

Автор: Хоменков Михаил Петрович,
преподаватель высшей квалификационной категории.

Методические указания разработаны на основе типовой учебной программы учебного предмета «Автоматизированный электропривод», утвержденной постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 09. 10. 2023 г., учебной программой УО «Буда-Кошелевский государственный аграрно-технический колледж», 2025 г.

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
специальных электротехнических предметов
Протокол № «____» от _____ 2026 г.
Председатель _____М.В. Азарушкина

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 19
Методические указания
к выполнению контрольной работы №1 32
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2 43
Методические указания к
выполнению контрольной работы №2 48
ЛИТЕРАТУРА 56
Приложение 1- Условные обозначения трубопроводов, в зависимости от транспортируемой среды 57
Приложение 2 - Условные графические обозначения приборов и средств автоматизации на функциональных схемах 58
Приложение 3 - Буквенные обозначения на функциональных схемах автоматизации (ГОСТ 21.404-85) 59
Приложение 4 - Основные технические данные некоторых малогабаритных электромагнитных реле постоянного тока 60
Приложение 5 - Выпрямительные диоды малой и средней мощности 61
Приложение 6 - Проволочные резисторы типа ПЭ, ПЭВ. 62
Приложение 7 - Характеристика резисторов. 63
Приложение 8 – Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт (по данным Интерэлектро) 63
Приложение 9 - Силовые тиристоры и симисторы 65
Приложение 10 - Технические данные центробежных электронасосов. 65

ВВЕДЕНИЕ

Программой учебного предмета «Автоматизированный электропривод» предусматривается изучение основ автоматизации технологических процессов, особенностей работы электрооборудования и средств автоматики в условиях сельскохозяйственного производства, что определяет тесную связь с такими базовыми учебными предметами как «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины и аппараты», «Основы автоматики», «Электрооборудование сельскохозяйственного производства», «Техническое обеспечение производства и переработки сельскохозяйственной продукции» и др.

Цель учебного предмета – сформировать знания и выработать умения по автоматизации электропривода сельскохозяйственного производства.

В результате изучения учебного предмета «Автоматизированный электропривод» учащиеся должны:

знать:

основные понятия автоматики;

принципы автоматического управления;

схемы систем автоматики;

элементы систем автоматики;

принципы построения электрических схем;

устройство, принцип работы элементов систем автоматики;

особенности работы электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства;

уметь:

производить расчет электропривода технологического оборудования;

разрабатывать электрические схемы;

производить сборку электрических схем;

производить наладку электрических схем.

Учебный предмет «Автоматизированный электропривод» изучается в течение двух семестров на 3 и 4 курсах в объеме 130 часов с учетом самостоятельного изучения части программного материала.

Для закрепления изучаемого материала программой предусмотрено выполнение лабораторных и практических работ и разработка курсового проекта.

Структура распределения учебного времени по учебному предмету на лабораторно-экзаменационных сессиях:

- за 3 курс:

- ✓ всего – 4 часа – 2 – обзорное занятие + 2 - КП;

- за 4 курс:

- ✓ всего – 34 часов, из них:
- ✓ обзорные занятия – 6 часов;
- ✓ лабораторные и практические работы - 10 часов;
- ✓ курсовое проектирование - 18 часов.

В целях контроля знаний учебным планом предусмотрено выполнение домашней контрольной работы №1 и контрольной работы №2 во втором семестре изучения учебного предмета.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Раздел, тема	Количество учебных часов		
	всего	в том числе	
		на лабораторные работы	на практические работы
Введение	**2**		
Раздел I. Основы автоматизации сельскохозяйственного производства	**24**		**8**
1.1. Общие сведения о системах автоматизации	4		
1.2. Принципы автоматического управления	2		
1.3. Схемы систем автоматики	6		2
1.4. Разработка электрических схем	8		4
1.5. Элементы системы автоматики, их расчет и выбор	4		2
Раздел II. Автоматизированный электропривод	**83+1**	**22**	**12**
Обязательная контрольная работа № 1	1		
2.1. Особенности работы электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства	1		
2.2. Автоматизированный электропривод насосных установок	10	4	2
2.3. Автоматизированный электропривод установок микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях	10	4	2
2.4. Автоматизированный электропривод кормоприготовительных машин и агрегатов	12	2	2
2.5. Автоматизированный электропривод в процессах кормораздачи, транспортировании кормов и других материалов	14	6	2
2.6. Автоматизированный электропривод в процессах доения коров и первичной обработки молока	8		2
2.7. Автоматизированный электропривод холодильных машин и тепловых насосов	6	2	
Обязательная контрольная работа № 2	1		
2.8. Автоматизированный электропривод в технологических процессах птицеводства	3		
2.9. Автоматизированный электропривод в технологических процессах хранения и переработки сельскохозяйственной продукции	4		

2.10. Автоматизированный электропривод машин и агрегатов послеуборочной обработки зерновых и зернобобовых культур	10	4	2
2.11. Автоматизированный электропривод в технологических процессах ремонтных мастерских	4		
Курсовое проектирование	20		
Итого	**130**	**22**	**20**

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Цель обучения	Содержание темы	Результат
ВВЕДЕНИЕ		
Ознакомить с целями и задачами учебного предмета «Автоматизированный электропривод», связью с иными учебными предметами, значением в формировании профессиональных компетенций техника-электрика. Сформировать представление о роли техника-электрика в решении задач автоматизации и интенсификации сельскохозяйственного производства	Цели и задачи учебного предмета «Автоматизированный электропривод», связь с иными учебными предметами, значение в формировании профессиональных компетенций техника-электрика. Роль техника-электрика в решении задач автоматизации и интенсификации сельскохозяйственного производства	Называет цели и задачи учебного предмета «Автоматизированный электропривод», высказывает общее суждение о связи с иными учебными предметами, значении в формировании профессиональных компетенций техника-электрика. Высказывает общее суждение о роли техника-электрика в решении задач автоматизации и интенсификации сельскохозяйственного производства
РАЗДЕЛ I. **ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**		
Тема 1.1. **Общие сведения о системах автоматизации**		
Сформировать знания об особенностях автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства, основных понятиях, видах автоматизации и классификации систем автоматизации	Особенности автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства. Понятие системы управления, системы автоматизированного и автоматического управления. Виды автоматизации: автоматический контроль, автоматическая защита, автоматизированное и автоматическое управление, автоматическое регулирование. Классификация систем по видам автоматизации: частичная автоматизация, полная автоматизация, комплексная автоматизация	Излагает знания об особенностях автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства, основных понятиях, видах автоматизации и классификации систем автоматизации
Тема 1.2. **Принципы автоматического управления**		

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Сформировать знания об объектах автоматизации и их характеристиках, принципах управления и законах регулирования, принципах и схемах построения систем автоматизированного и автоматического управления (регулирования)	Технологические установки как объекты автоматизации. Характеристики объектов автоматизации (статические, динамические). Основные звенья в системах автоматизации. Принципы автоматического управления в разомкнутых и замкнутых системах управления (по возмущению, отклонению, комбинированное). Схемы построения систем автоматического управления (регулирования)	Излагает знания об объектах автоматизации, раскрывает их основные характеристики, описывает основные звенья в системах автоматизации. Описывает сущность принципов автоматического управления и законов регулирования, принципы и схемы построения систем автоматического управления (регулирования)
Тема 1.3. **Схемы систем автоматики**		
Сформировать знания составе документации проекта автоматизации, о схемах систем автоматизации, правилах их выполнения. Ознакомить с основными характеристиками первичных преобразователей в системах автоматизации.	Состав документации проекта автоматизации по ГОСТ 21.408-2013. Правила выполнения схем автоматизации, электрических принципиальных схем управления, схем соединения, схем подключения. Характеристики первичных преобразователей в системах автоматизации.	Излагает состав документации проекта автоматизации, правила выполнения схем автоматизации. Ознакомлен с основными характеристиками первичных преобразователей в системах автоматизации.
Практическая работа № 1		
Сформировать умения разрабатывать алгоритм управления и схемы автоматизации заданного технологического процесса	Разработка схем автоматизации технологических процессов	Разрабатывает алгоритм управления и схемы автоматизации заданного технологического процесса
Тема 1.4. **Разработка электрических схем**		
Сформировать знания о разработке электрических схем по функциональным признакам. Сформировать знания о	Разработка электрических схем по функциональным признакам. Требования, предъявляемые к принципиальным	Описывает принципы построения принципиальных электрических схем, схем соединения и подключения, расчета, выбора и

Цель обучения	Содержание темы	Результат
принципах построения принципиальных электрических схем, схем соединения и подключения, расчете, выборе и компоновке щитов и пультов управления	электрическим схемам. Устройство и схемы автоматической блокировки. Разработка схем соединения и подключения. Расчет, выбор и компоновка щитов и пультов управления	компоновки щитов и пультов управления
Практическая работа № 2		
Сформировать умения разрабатывать электрические принципиальные схемы управления электроприводами по элементарным цепям	Разработка электрических принципиальных схем управления	Разрабатывает электрические принципиальные схемы управления электроприводами по элементарным цепям
Практическая работа № 3		
Сформировать умения разрабатывать электрические схемы соединения и подключения различными методами	Разработка электрических схем соединения и подключения	Разрабатывает электрические схемы соединения и подключения различными методами
Тема 1.5. **Элементы системы автоматики, их расчет и выбор**		
Сформировать знания об устройстве, принципе работы, расчете параметров и выборе элементов систем автоматики	Элементы систем автоматики. Электромагнитные реле, исполнительные, электромагнитные механизмы. Температурные реле и датчики, регуляторы. Датчики уровня влажности и давления. Реле времени, логические элементы. Расчет и выбор элементов систем автоматики	Излагает знания об устройстве и принципе работы средств автоматизации. Описывает сущность расчета параметров и выбора элементов систем автоматики
Практическая работа № 4		
Сформировать умения рассчитывать параметры и выбирать элементы и средства автоматики	Расчет и выбор элементов и средств автоматики	Производит расчет параметров и выбор элементов и средств автоматики
РАЗДЕЛ II. **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**		
Тема 2.1. **Особенности работы электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства**		

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Дать понятие об особенностях работы автоматизированных электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства	Влияние окружающей среды и технологических особенностей производства на работу электродвигателей, аппаратуры управления и защиты. Проверка запуска асинхронных электродвигателей и устойчивости их работы при колебаниях напряжения питания	Описывает особенности работы автоматизированных электроприводов в условиях сельскохозяйственного производства
Обязательная контрольная работа № 1		
Тема 2.2. **Автоматизированный электропривод насосных установок**		
Сформировать знания об электроприводе насосных установок, выборе электродвигателей для насосных установок и автоматизации систем водоснабжения и оросительных насосных установок	Особенности конструкции, режимов пуска и работы электроприводов насосных установок. Выбор типа и мощности электродвигателя. Режимы работы автоматизированных насосных установок башенного и безбашенного типа. Технологические требования к системе автоматизации процесса водоснабжения. Автоматизация безбашенных и башенных насосных установок. Электропривод и автоматизация оросительных насосных установок	Излагает знания об электроприводе насосных установок и выборе электродвигателей для насосных установок. Объясняет сущность автоматизации систем водоснабжения и оросительных насосных установок
Практическая работа № 5		
Сформировать умения рассчитывать мощность и выбирать электропривод, аппаратуру управления и защиты для насосной установки	Определение мощности и выбор электропривода для насосной установки	Рассчитывает мощность, выбирает электропривод, аппаратуру управления и защиты для насосной установки
Лабораторная работа № 1		

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Сформировать умения исследовать работу насосной установки при управлении по уровню	Исследование электрической принципиальной схемы управления насосной установкой по уровню	Исследует работу насосной установки при управлении по уровню и выявляет особенности применяемых средств автоматики
Лабораторная работа № 2		
Сформировать умения исследовать работу насосной установки при управлении по давлению	Исследование электрической принципиальной схемы управления насосной установкой по давлению	Исследует работу насосной установки при управлении по давлению и выявляет особенности применяемых средств автоматики
Тема 2.3. **Автоматизированный электропривод установок микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях**		
Сформировать знания о системах вентиляции и вентиляционных установках, выборе электродвигателей для вентиляционных установок и автоматизации поддержания параметров микроклимата	Технологические требования к системе микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях. Выбор вентиляционных установок и их электропривода. Автоматизация вентиляционных установок. Электрические схемы. Приборы и средства автоматизации	Излагает знания о системах вентиляции и вентиляционных установках. Объясняет выбор вентилятора и расчет мощности электродвигателей для вентиляционных установок. Описывает сущность процесса автоматизации поддержания параметров микроклимата. Излагает нормативные параметры микроклимата
Практическая работа № 6		
Сформировать умения рассчитывать мощность и выбирать электропривод, аппаратуру управления и защиты для вентиляционных установок	Определение мощности и выбор электропривода для вентиляционной установки	Рассчитывает мощность и выбирает электропривод, аппаратуру управления и защиты для вентиляционных установок
Лабораторная работа № 3		
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления микроклиматом построенной на релейно-контактных элементах	Исследование электрической принципиальной схемы управления микроклиматом построенной на релейно-контактных элементах	Исследует работу электрической принципиальной схемы управления микроклиматом построенной на релейно-контактных элементах

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Лабораторная работа № 4		
Сформировать умения регулировать частоту вращения вентиляторов при параметрическом регулировании по напряжению обмоток статора	Исследование электрической принципиальной схемы управления микроклиматом при параметрическом регулировании	Регулирует частоту вращения вентиляторов при параметрическом регулировании по напряжению обмоток статора
Тема 2.4. **Автоматизированный электропривод кормоприготовительных машин и агрегатов**		
Сформировать знания об электроприводе кормоприготовительных машин, кормораздаточных и транспортных установок. Дать понятие о методике определения мощности и выборе электропривода для кормоприготовительных машин. Сформировать знания об автоматизации процессов приготовления кормов; поточных линий приготовления кормовых смесей, цехов приготовления кормов	Особенности электропривода и автоматизации кормоприготовительных машин для измельчения, запаривания и смешивания кормов. Расчет мощности и выбор электропривода. Поточные линии приготовления кормов. Технологические требования к системе автоматизации приготовления кормов и поточным линиям. Автоматизированный электропривод в процессах сушки, гранулирования и брикетирования кормов. Автоматизированный электропривод в цеху концентрированных кормов. Электрические схемы. Приборы и средства автоматизации	Излагает знания об электроприводе кормоприготовительных машин. Объясняет методику определения мощности и выбора электропривода для кормоприготовительных машин. Описывает работу электрических схем управления кормоприготовительными машинами и поточными линиями приготовления кормов
Практическая работа № 7		
Сформировать умения рассчитывать мощность и выбирать электропривод, аппаратуру управления и защиты для кормоприготовительных машин	Определение мощности и выбор электропривода для кормоприготовительных машин	Рассчитывает мощность и выбирает электропривод, аппаратуру управления и защиты для кормоприготовительных машин

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Лабораторная работа № 5		
Сформировать умения исследовать работу схемы управления поточной линией приготовления кормов	Исследование электрической принципиальной схемы управления поточной линией приготовления кормов	Исследует работу схемы управления поточной линией приготовления кормов
Тема 2.5. **Автоматизированный электропривод в процессах кормораздачи, транспортировании кормов и других материалов**		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе кормораздаточных и транспортных установок. Дать понятие о методике определения мощности и выборе электродвигателей для кормораздаточных и транспортных установок	Особенности электропривода кормораздаточных машин и транспортных установок. Расчет мощности и выбор электропривода для транспортеров. Электропривод стационарных и мобильных кормораздатчиков. Электропривод транспортеров и установок для уборки навоза. Электрические схемы. Приборы и средства автоматизации	Излагает знания об электроприводе кормораздаточных и транспортных установок. Объясняет сущность автоматизации электроприводов кормораздаточных и транспортных установок. Описывает методику определения мощности и выбора электропривода кормораздаточных и транспортных установок
Практическая работа № 8		
Сформировать умения рассчитывать мощность и выбирать электропривод, аппаратуру управления и защиты для транспортных установок	Определение мощности и выбор электропривода для транспортных установок	Рассчитывает мощность и выбирает электропривод, аппаратуру управления и защиты для транспортных установок
Лабораторная работа № 6		
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления установкой для раздачи кормов	Исследование электрической принципиальной схемы управления стационарным кормораздатчиком	Производит сборку, наладку и испытание электрической принципиальной схемы управления установкой для раздачи кормов
Лабораторная работа № 7		

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления стационарным кормораздатчиком	Исследование электрической принципиальной схемы управления мобильным кормораздатчиком	Исследует работу электрической принципиальной схемы управления стационарным кормораздатчиком
Лабораторная работа № 8		
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления установкой для транспортировки навоза в различных режимах	Исследование электрической принципиальной схемы управления установкой для транспортировки навоза	Производит сборку, наладку и исследование работы электрической принципиальной схемы управления установкой для транспортировки навоза в различных режимах
Тема 2.6. **Автоматизированный электропривод в процессах доения коров и первичной обработки молока**		
Сформировать знания об электроприводах доильных установок и машин первичной обработки молока, автоматизации процесса первичной обработки молока. Сформировать знания о порядке расчета мощности, выборе электродвигателей для доильных установок и машин первичной обработки молока	Расчет и выбор мощности электродвигателей для доильных установок и машин первичной обработки молока. Электропривод сепараторов молока. Электропривод вакуумных насосов. Технологические требования к системе управления процессом машинного доения. Автоматизированное оборудование для очистки и хранения молока. Автоматизированное оборудование для тепловой обработки молока. Электрические схемы. Приборы и средства автоматизации	Излагает знания об электроприводе доильных установок и машин первичной обработки молока, управлении процессом первичной обработки молока. Объясняет порядок расчета мощности, выбор электродвигателей для доильных установок и машин первичной обработки молока
Практическая работа № 9		

Цель обучения	Содержание темы	Результат
Сформировать умения рассчитывать мощность и выбирать электропривод, аппаратуру управления и защиты для доильной установки	Определение мощности и выбор электропривода для доильных установок	Рассчитывает мощность и выбирает электропривод, аппаратуру управления и защиты для доильной установки
Тема 2.7. **Автоматизированный электропривод холодильных машин и тепловых насосов**		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе и системах управления холодильными машинами и тепловыми насосами	Электрические холодильные машины с промежуточным теплоносителем. Компрессорные холодильные машины, устройство, принцип работы. Термоэлектрические холодильники. Тепловые насосы, классификация, устройство, принцип работы	Излагает знания об автоматизированном электроприводе и системах управления холодильными машинами и тепловыми насосами
Лабораторная работа № 9		
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления водоохлаждающей установкой	Исследование электрической принципиальной схемы управления водоохлаждающей установкой	Производит сборку, наладку и исследование электрической принципиальной схемы управления водоохлаждающей установкой
Тема 2.8. ***Автоматизированный электропривод в технологических процессах птицеводства***		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе в технологических процессах птицеводства	Расчет мощности и выбор электропривода для технологических процессов в птицеводстве. Особенности автоматизированного электропривода кормораздаточных машин и транспортных установок.	Излагает знания об автоматизированном электроприводе в технологических процессах птицеводства
Обязательная контрольная работа № 2		
Тема 2.9. **Автоматизированный электропривод в технологических процессах хранения и переработки сельскохозяйственной продукции**		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе и схемах	Особенности автоматизированного электропривода технологических	Излагает знания о работе автоматизированного электропривода и схем

Цель обучения	Содержание темы	Результат
управления технологическими процессами в картофелехранилищах и фруктохранилищах	процессов в картофелехранилищах и фруктохранилищах. Схемы управления, приборы и средства автоматизации	управления технологическими процессами в картофелехранилищах и фруктохранилищах
Тема 2.10. **Автоматизированный электропривод машин и агрегатов послеуборочной обработки зерновых и зернобобовых культур**		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе и схемах управлении работой комплексов послеуборочной обработки зерна	Особенности автоматизированного электропривода сортировальных пунктов, зерноочистительных и сушильных машин. Определение мощности и выбор электропривода. Технологические требования к схемам управления. Технологические схемы, схемы управления и средства автоматизации	Излагает знания о работе автоматизированного электропривода и схем управления работой комплексов послеуборочной обработки зерна
Практическая работа № 10		
Сформировать умения анализировать работу электрической принципиальной схемы управления технологическим процессом обработки зерна	Изучение электрической принципиальной схемы управления технологическим процессом обработки зерна	Анализирует работу электрической принципиальной схемы управления по заданному варианту технологического процесса обработки зерна
Лабораторная работа № 10		
Сформировать умения исследовать работу электрической принципиальной схемы управления теплогенератором в различных режимах	Исследование электрической принципиальной схемы управления теплогенератором	Производит сборку, наладку и исследование работы электрической принципиальной схемы управления теплогенератором в различных режимах
Лабораторная работа № 11		
Сформировать умения собирать и исследовать работу электрической принципиальной схемы управления бункером активного вентилирования зерна в	Исследование электрической принципиальной схемы управления бункером активного вентилирования зерна	Собирает и исследует работу электрической принципиальной схемы управления бункером активного вентилирования зерна в различных режимах

Цель обучения	Содержание темы	Результат
различных режимах		
Тема 2.11. **Автоматизированный электропривод в технологических процессах ремонтных мастерских**		
Сформировать знания об автоматизированном электроприводе металло- и деревообрабатывающих станков, подъемных механизмов	Электропривод металлорежущих станков, деревообрабатывающих и грузоподъемных установок	Описывает технологические особенности работы автоматизированных электроприводов металло- и деревообрабатывающих станков, подъемных механизмов

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

ЗАДАНИЕ 1

Пользуясь таблицей 2, дайте письменные ответы на вопросы.
Контрольные вопросы к заданию 1.

1. Основные направления и перспективы развития автоматизации сельского хозяйства.
2. Приведите характеристику основных видов автоматизации (в зависимости от функций выполняемых автоматическими устройствами и в зависимости от степени автоматического управления).
3. Объясните термин "автоматический контроль". Приведите примеры схемных решений данной функции.
4. Объясните термин "автоматическая защита". Приведите примеры схемных решений данной функции.
5. Объясните термин "автоматическое управление", "дистанционное управление", "телемеханическое управление". Приведите примеры.
6. Приведите источники и основные показатели технико-экономической эффективности автоматизации технологических процессов. Чем они обусловлены?
7. Опишите основные особенности и задачи автоматизации сельскохозяйственного производства. Укажите мероприятия повышения надёжности работы электрооборудования.
8. Приведите описание, структурные схемы классификации процессов и объектов автоматизации сельскохозяйственного производства.
9. Поясните, какие объекты автоматизации относятся к простым, а какие к сложным? Приведите структурные схемы объектов автоматизации различной степени сложности.
10. Объясните термин "частичная, комплексная и полная автоматизация". Приведите примеры.
11. Охарактеризуйте основные понятия автоматики "объект управления", "устройства управления", "автоматические управляющие устройства", "автоматическая система управления". Приведите примеры.
12. Изобразите и поясните структурную схему АСУ, построенную по принципу отклонения. Приведите примеры.
13. Изобразите и поясните структурную схему АСУ, построенную по принципу компенсации внешних воздействий. Приведите примеры.
14. Изобразите и поясните структурную схему АСУ, построенную по комбинированному принципу. Приведите примеры.
15. Изобразите и поясните обобщенную структурную схему АСУ.
16. Объясните общий порядок анализа электрических схем.
17. Приведите описание классификации электрических схем по ГОСТ 2701-84. Объясните назначение основных типов схем. Ответ проиллюстрируйте примерами различных типов электрических схем (структурная, функциональная и принципиальная).
18. Изобразите функциональную схему башенной насосной установки. Объясните,

как регулируется уровень воды в водонапорной башне.

19. Опишите виды и назначения сигнализации, применяемой в электрических схемах автоматизации. Укажите основные типы сигнальных аппаратов. Изобразите типовые схемы включения сигнальных ламп.
20. - 30. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройство и принципа работы регуляторов температуры (см. табл. 1).

Таблица 1 - Типы регуляторов температуры.

Вариант	Регулятор	Вариант	Регулятор
20	РТ	26	ТЭ-3
21	РТ-2	27	ПТР-2
22	РТТ-3	28	ПТР-3
23	РТБ-1	29	ПТР-Д-2
24	РТИ-3	30	ПТР-П
25	ТЭ-2П		

31. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы регулятора влажности ВЧ-5109.
32. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы влагорегулятора СПР-104.
33. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы электронного сигнализатора уровня СУС-11.
34. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы реле уровня ПРУ-5.
35. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3.
36. Изобразите электрическую схему и приведите описание устройства и принципа работы гигрометра ГС-210 для контроля влажности воздуха.
37. Изобразите электрическую схему и поясните принцип работы прибора контроля пламени ПКП-ФМ.
38. Изобразите электрическую схему и поясните принцип работы прибора для контроля скорости РС-67.
39. Приведите электрическую принципиальную схему комплектного устройства ЯАА5910 управления навозоуборочными транспортёрами ТСН-3,0Б и ТСН-160. Опишите порядок её работы.
40. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации уборки помёта из птичника при помощи двух скреперных установок, горизонтального и наклонного транспортёров. Опишите порядок их работы.
41. Требования, предъявляемые к схемам автоматического управления поточными линиями.
42. Изобразите электрическую схему управления поточной линией уборки навоза в ручном режиме. Приведите описание принципа её работы.
43. Изобразите электрическую схему управления поточной линией уборки навоза в автоматическом режиме. Опишите принцип работы схемы.

44. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации уборки навоза пневмотранспортированием. Опишите порядок работы схемы в автоматическом режиме.
45. Изобразите электрическую схему управления технологической линией приготовления корнеклубнеплодов. В качестве защитного аппарата используйте защитное устройство типа ФУЗ. Опишите работу схемы.
46. Изобразите и приведите описание принципа работы электрической схемы управления технологической линией приготовления концентрированных кормов. В качестве защитного аппарата используйте защитное устройство типа ФУЗ.
47. Составьте схему управления кормораздатчиком КЭС-1,7. Схема должна обеспечивать защиту от токов короткого замыкания и тепловых перегрузок. В качестве защитного аппарата используйте ФУЗ. Опишите принцип работы схемы.
48. Составьте электрическую принципиальную схему управления электромобильным кормораздатчиком КС-1,5. Предусмотрите защиту от аварийных режимов работы. Опишите принцип работы схемы.
49. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления загрузкой и раздачей кормов комплекта оборудования БКМ-3. Опишите принцип работы схем.
50. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации тросошайбового кормораздаточного транспортёра КШ-0,5. Опишите принцип работы схем.
51. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации транспортёра-кормораздатчика ТВК-80Б. Предусмотрите защиту электродвигателей от токов короткого замыкания и тепловых перегрузок. Для защиты от перегрузок используйте устройство типа УВТЗ-5. Опишите порядок работы схемы.
52. Составьте электрическую принципиальную схему управления кормораздатчиком РКС-3000М в ручном и автоматическом режимах. Предусмотрите остановку электроприводов с двух рабочих мест. Опишите принцип работы схемы.
53. Составьте схему управления клеточной батареей БКМ-3 в ручном режиме. Опишите принцип работы схемы.
54. Составьте схему управления клеточной батареей БКМ-3 в автоматическом режиме. Опишите принцип работы схемы.
55. Составьте схему управления клеточной батареей КБН в ручном и автоматическом режимах. Опишите принцип работы схемы.
56. Приведите электрическую принципиальную схему автоматизации кормления птицы в птичнике с клеточными батареями двух уровней, оборудованными цепными кормораздатчиками. Опишите принцип работы схемы.
57. Составьте и опишите электрическую принципиальную схему управления клеточной батареей ОБН в ручном и автоматическом режимах.
58. Составьте и опишите электрическую принципиальную схему управления навозоуборочным транспортером ТСН-3.0Б в ручном и автоматическом режимах. Горизонтальный транспортер включается в работу с выдержкой времени после включения наклонного.
59. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы

управления кормораздатчиком РКС-3000М. Опишите назначение кормораздатчика и принцип работы схемы автоматизации.

60. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления кормораздатчиком типа РКУ-200. Опишите назначение кормораздатчика и принцип работы схемы управления.
61. Составьте электрическую принципиальную схему управления башенной насосной установкой с электродным датчиком уровня. Предусмотрите защиту от токов короткого замыкания и тепловых перегрузок. Опишите принцип работы схемы.
62. Изобразите электрическую принципиальную схему управления безбашенной насосной установкой с применением электроконтактного манометра. Предусмотрите защиту электродвигателя от аварийного уровня воды в зоне погружного насоса. Опишите принцип работы схемы.
63. Изобразите и приведите описание электрической принципиальной схемы автоматизированной башенной насосной установки. Предусмотрите автоматическое отключение насосного агрегата при исчезновении давления воды в напорном трубопроводе.
64. Изобразите и опишите электрическую принципиальную схему автоматизированной двухагрегатной насосной установки. Предусмотрите защиту электродвигателей от холостого хода.
65. Приведите электрическую принципиальную схему станции управления погружным электронасосом ШЭП. Опишите принцип ее работы.
66. Приведите описание принципа работы и конструктивных особенностей различных типов датчиков уровня воды в водонапорной башне. Ответ иллюстрируйте рисунками.
67. Приведите электрическую принципиальную схему станции ПЭТ управления башенной насосной установкой с управлением по уровню воды в башне. Объясните назначение отдельных элементов и работу схемы.
68. Приведите электрическую принципиальную схему управления погружным электронасосом посредством электроконтактного манометра и опишите ее работу в автоматическом и ручном режимах.
69. Опишите назначение, состав и принцип работы комплектного устройства "Каскад" управления погружным электронасосом. Приведите электрическую блок-схему устройства.
70. Приведите электрическую принципиальную схему станции типа ШЭТ управления погружными электронасосами. Опишите состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схемы.
71. Приведите электрическую схему автоматизации двухагрегатной насосной установки. Опишите состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схемы.
72. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления водоподъемной установки типа ВУ с применением релейно-контактных элементов. Опишите принцип работы установки.
73. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации безбашенной насосной установки с применением бесконтактных

элементов (на тиристорах). Опишите состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схемы управления.

74. Приведите электрическую принципиальную схему автоматизации комплекта вентиляционного оборудования "Климат-4" (станция управления ШАП-5701). Опишите назначение отдельных элементов и принцип работы схемы.
75. Приведите электрическую блок-схему станции МК-ВАУ3 управления комплектом вентиляционного оборудования "Климат-4" (станция управления). Опишите назначение отдельных блоков и принцип работы станции.
76. Приведите электрическую принципиальную схему регулирования микроклимата по двум параметрам: температуре и влажности воздуха. Опишите порядок ее работы.
77. Составьте электрическую принципиальную схему холодильной установки ТОМ-2А. Опишите принцип работы схемы в различных режимах.
78. Приведите технологическую схему автоматизации доильной установки УДА-24. Опишите ее состав и принцип работы.
79. Приведите электрическую схему управления автоматизированной доильной установкой УДА-24. Опишите принцип ее работы.
80. Приведите электрическую принципиальную схему управления процессом обработки вымени коровы (установки УДА-24). Опишите принцип работы схемы.
81. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления охладительно-пастеризационной установки ОПФ-1. Опишите порядок работы схемы и особенности конструкции отдельных элементов.
82. Изобразите и опишите работу функционально-технологической схемы водоохлаждающей установки типа УВ-10. Поясните конструкцию и работу аварийного датчика давления.
83. Приведите электрическую принципиальную и технологическую схемы водоохлаждающей установки УВ-10. Опишите ее состав, особенности и принцип работы.
84. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления холодильной установкой МХУ-8С. Опишите порядок работы схемы.
85. Опишите технологические схемы автоматизации поения птицы. Ответ иллюстрируйте рисунками различных конструкций автопоилок.
86. Приведите электрическую принципиальную схему инкубатора ИКП-90 "Кавказ". Опишите его состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схемы.
87. Изобразите электрическую схему управления инкубатором типа "Универсал". Приведите описание принципа работы схемы.
88. Приведите технологическую схему полуавтоматической убойной поточной линии, опишите ее состав и порядок работы.
89. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации сбора яиц в птичнике. Опишите принцип ее работы.
90. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации агрегата для приготовления травяной муки АВМ-1,5. Опишите состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схем.
91. Изобразите электрическую схему управления агрегатом витаминной муки АВМ-0,4 в рабочем режиме. Опишите принцип работы схемы.

92. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации оборудования прессования кормов ОПК-2. Опишите состав схем и принцип их работы.
93. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления комбикормового агрегата ОКЦ-15. Опишите состав и принцип работы схем.
94. Привести технологическую и электрическую принципиальную схемы управления дробилкой кормов ДБ-5-1. Опишите состав и порядок работы схем.
95. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления зерноочистительного агрегата ЗАВ-20. Опишите состав и порядок работы схем.
96. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления зерноочистительно-сушильным комплексом КЗС-20Ш. Опишите состав, последовательность включения агрегатов и принцип работы схем.
97. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления шахтной зерносушилкой СЗШ-8(16). Опишите состав и принцип работы схем.
98. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления барабанной зерносушилкой СЗСБ-8(16). Опишите состав схем и принцип их работы.
99. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации бункера активного вентилирования зерна БВ-25. Опишите состав схем и принцип их работы.
100. Приведите классификацию сооружений защищенного грунта. Их характеристика.
101. Опишите способы обогрева сооружений защищенного грунта. Ответ иллюстрируйте рисунками.
102. Приведите электрическую принципиальную схему комплекта парникового оборудования типа КП-1. Опишите его характеристику, принцип работы.
103. Приведите электрическую принципиальную схемы устройства КЭПТ-1УХЛ3.1 для регулирования мощности обогрева почвы в пленочных теплицах. Опишите состав схемы, принцип ее работы.
104. Приведите технологическую схему размещения комплекта оборудования УТ-12 в ангарной теплице. Опишите состав схемы и принцип ее работы.
105. Приведите электрическую принципиальную схему системы автоматического управления температурой воздуха в ангарных теплицах при помощи комплекта УТ-12. Опишите порядок ее работы.
106. Приведите электрическую принципиальную схему управления температурой поливной воды в ангарных теплицах при помощи оборудования УТ-12. Опишите состав схемы и принцип ее работы.
107. Приведите электрическую принципиальную схему управлением поливом в ангарной теплице при помощи оборудования УТ-12. Опишите состав схемы, принцип ее работы.
108. Приведите электрическую принципиальную схему управления концентрацией растворов минеральных удобрений в ангарных теплицах при помощи оборудования УТ-12. Опишите состав, принцип работы.
109. Приведите характеристику овощехранилища как объекта управления

микроклимата.

110. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы станции ШАУ-АВ, автоматизации микроклимата в овощехранилище. Опишите состав и принцип работы схем.
111. Приведите технологическую схему размещения отопительно-вентиляционного оборудования овощехранилища и функциональную схему системы типа "Среда-1". Поясните состав и принцип работы схем.
112. Поясните функциональную схему управления микроклиматом в шампиньонницах.
113. Поясните функциональную схему комплекта оборудования "Тельтов" для управления температурой в теплицах.
114. Приведите функционально-технологические схемы установок для автоматической оптической сортировки клубней картофеля, томатов и яблок. Поясните принцип работы схем.
115. Изобразите и поясните электрическую принципиальную схему устройства типа УПУС-1(2) для управления освещением в птичниках.
116. Изобразите и поясните электрическую принципиальную схему устройства типа ПРУС-1 для управления освещением в птичниках.
117. Изобразите и поясните электрическую принципиальную схему устройства ТИРОС-1 для управления освещением в птичниках.
118. Составьте электрическую принципиальную схему управления освещением в птичнике с использованием двухпрограммного реле времени 2РВМ, имитирующую искусственный "рассвет" и "закат".
119. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизации электроводонагревателя САЗС-400. Опишите состав и принцип работы схем.
120. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления водонагревателем ЭПЗ-100. Опишите состав и принцип работы схем.
121. Приведите функционально-технологическую и электрическую принципиальную схемы управления электроводонагревателем ВЭП-600. Опишите состав и принцип работы схем.
122. Начертите электрическую схему соединений водонагревателя ВЭП-600 адресным методом.
123. Начертите электрическую схему соединений охладительно-пастеризационной установки ОПФ-1 адресным методом.
124. Составьте электрическую схему управления водогрейным котлом КЭВ-0,4 в автоматическом режиме. Опишите принцип работы схемы.
125. Изобразите электрическую принципиальную схему электрокотла КЭПР в автоматическом режиме работы. Опишите принцип работы схемы.
126. Изобразите электрическую принципиальную схему управления электрокотельной. Опишите принцип работы схемы.
127. Составьте электрическую принципиальную схему управления электрокалориферной установкой типа СФОА. Предусмотрите защиту от аварийных режимов работы. Опишите принцип работы схемы.
128. Изобразите электрическую принципиальную схему управления установкой

местного комбинированного обогрева животных, опишите принцип ее работы.

129. Изобразите электрическую принципиальную схему управления электропечью, опишите принцип ее работы.
130. Составьте электрическую принципиальную схему управления теплогенератором ТГ-1,5Ф в автоматическом режиме. Опишите принцип работы схемы.
131. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы управления обкаточно-тормозным стендом ГОСНИТИ. Опишите состав, назначение отдельных элементов и принцип работы схемы.
132. Дайте характеристику различным видам обкатки двигателей внутреннего сгорания. Приведите электрическую принципиальную схему автоматизации обмоточно-испытательного стенда с АВК (асинхронно-вентильным каскадом). Опишите принцип работы схемы.
133. Опишите технологические основы автоматизации технологических процессов мойки, разборки и сборки с. х. техники. Приведите электрическую принципиальную схему управления тельфера, опишите принцип ее работы схемы.
134. Опишите технологию восстановления изношенных деталей с. х. техники гальваническим способом. Приведите электрическую принципиальную схему электролитической установки МИИСП. Опишите принцип работы схемы.
135. Приведите технологическую и электрическую принципиальную схемы автоматизированной электротали. Опишите порядок работы схемы в ручном и автоматическом режимах.

Таблица 2 - Распределение вопросов к заданию 1 по вариантам.

Пред-посл. цифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		29, 77	49, 57	85, 105	27, 113	2, 134	30, 78	22, 58	86, 106	50, 114
1	52, 88	24, 116	3, 108	24, 59	31, 133	51, 87	4, 135	23, 115	32, 79	60, 107
2	33, 110	25, 61	53, 89	53, 117	5, 81	34, 111	26, 62	54, 90	55, 118	6, 83
3	7, 56	35, 56	63, 84	21, 91	1, 119	8, 112	36, 130	18, 64	46, 92	74, 120
4	12, 65	40, 93	68, 121	9, 96	9, 124	65, 122	37, 94	66, 121	38, 115	10, 93
5	40, 90	12, 62	34, 96	68, 118	6, 120	39, 87	67, 124	11, 60	32, 95	4, 123
6	41, 88	69, 116	3, 125	31, 97	7, 59	6, 71	35, 70	63, 126	14, 91	15, 119
7	8, 72	36, 128	16, 64	44, 92	47, 100	42, 131	19, 127	59, 99	43, 103	33, 98
8	20, 45	73, 104	48, 101	48, 129	17, 76	30, 130	18, 73	46, 101	74, 129	75, 102
9	61, 131	5, 103	75, 117	19, 102	5, 47	20, 58	45, 104	86, 132	48, 114	17, 76

ЗАДАНИЕ 2

Пользуясь таблицами 3 и 5, начертите согласно варианту электрическую схему управления. Составьте функционально-технологическую схему объекта. Раскройте содержание буквенных обозначений принятых на функциональной схеме.

Таблица 3 - Распределение заданий по вариантам.

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

ЗАДАНИЕ 3

Пользуясь таблицами 4 и 5, начертите согласно варианту принципиальную схему управления технологическим оборудованием. Составьте электрическую схему подключения (внешних соединений).

Таблица 4 - Распределение заданий по вариантам

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

Таблица 5 - Перечень электрических схем для выполнения заданий 2-3.

Номер схемы	Наименование электрической схемы	N рисунка	Литература
1	2	3	4
1	Схема управления асинхронным э.д.	3.42	(3)
2	Схема управления погрузчиком	14.11	(4)
3	Схема динамического торможения э.д.	3.43	(3)
4	Схема управления пуском асинхронного э.д.	3.44	(3)
5	Схема управления насосной станцией	14.9	(4)
6	Схема управления погружным насосом	9.4	(2)
7	Схема управления станцией ПЭТ	3.52	(3)
8	Схема управления башенной насосной установкой	3.53	(3)
9	Схема управления башенной насосной установкой с применением ЭКМ	3.55	(3)
10	Схема автоматизации погружного насоса	9.5	(2)
11	Схема управления устройством "КАСКАД"	9.6	(2)
12	Схема управления двухагрегатной насосной установкой	9.7	(2)
13	Схема управления токарно-винторезным станком	14.12	(4)
14	Схема управления стендом КИ1363ГОСНИТИ	14.13	(4)
15	Схема управления стендом для испытания пусковых двигателей	14.14	(4)
16	Схема управления стендом для испытания агрегатов трансмиссии	I4.15	(4)
17	Схема управления станцией "КЛИМАТИКА-1"	10.2	(2)
18	Схема управления поточной линией приготовления корнеклубнеплодов	11.1	(2)
19	Схема управления поточной линией приготовления концентрированных кормов	3.67	(3)
20	Схема управления дробилкой ДБ-5	11.2	(2)
21	Схема управления кормораздатчиком	14.10	(4)
22	Схема управления кормораздатчиком КШ-0,5	12.3	(2)
23	Схема управления кормораздатчиком ТВК-80	3.69	(3)
24	Схема управления зерноочистительным отделением КЗС-10	15.2	(4)
25	Схема управления зерноочистительным агрегатом КЗС-20	15.2	(2)
26	Схема управления агрегатом АВМ-1,5	15.4	(4)
27	Схема управления агрегатом АВМ-1,5	15.5	(4)
28	Схема управления раздачей корма в клеточной батарее БКМ-3	12.4	(2)
29	Схема управления кормораздатчиком КС-1,5	12.6	(2)
30	Схема управления кормораздатчиком КЭС-1,7	12.7	(2)

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
31	Схема управления механизмами сенажной башни и кормораздачи	15.8	(4)
32	Схема управления транспортёром ТСН-160	12.8	(2)
33	Схема управления кормораздатчиком РКС	3.70	(3)
34	Схема управления установкой ТСН-3,0	15.15	(4)
35	Схема управления поточной линией уборки навоза	12.9	(2)
36	Схема управления транспортёром ТСН	3.75	(3)
37	Схема управления уборкой и удалением навоза	15.17	(4)
38	Схема управления уборкой помёта	15.18	(4)
39	Схема управления кормораздачей в клеточных батареях типа КБН	3.71	(3)
40	Схема управления кормораздачей в клеточной батарее типа ОБН	3.73	(3)
41	Схема автоматизированной облучательной установки	4.2	(4)
42	Схема управления автоматизации установки УО-4	2.25	(3)
43	Электрическая принципиальная схема управления электроводонагревателем САЗС-400/90-И1	18.2	(2)
44	Схема управления водонагревателем ЭПЗ	18.4	(2)
45	Схема управления кормораздатчиком РС-5А	13.74	(3)
46	Схема управления инкубатором	20.5	(4)
47	Схема управления котлом КЭВ-0,4	18.8	(2)
48	Схема управления котлом КПЭ-60	21.4	(4)
49	Схема управления котлом КЭПР-250	18.10	(2)
50	Схема управления водонагревателем ЭПВ	4.14	(3)
51	Схема управления холодильной установкой	23.2	(4)
52	Схема управления электрокотельной	18.12	(2)
53	Схема управления водонагревателем ВЭП	4.16	(3)
54	Схема управления устройством КЭПТ-1УХЛ	19.9	(2)
55	Схема управления инкубатором ИКП-90	19.7	(2)
56	Схема управления оборудованием ОРТХ	19.10	(2)
57	Схема управления бункером активного вентилирования зерна	20.2	(2)
58	Схема управления камерной электропечью	22.2	(2)
59	Схема управления электрокалорифером	19.2	(2)
60	Схема управления местного комбинированного электрообогрева молодняка	19.6	(2)
61	Схема управления установкой ультрафиолетового облучения УО-4	28.1	(2)
62	Схема изменения светового потока групповым включением и отключением равномерно размещенных в помещении источников	26.5	(2)

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
63	Схема управления электроталью	16.6	(2)
64	Схема управления обкаточно-тормозным стендом	16.3	(2)

ЗАДАЧА 1

Приведите электрическую принципиальную схему управления погружным насосом рисунок 1 (описание схемы см. /2/ с.142, рис.9.4).

Для данной схемы произведите расчет и выбор мостового полупроводникового выпрямителя (VD5-VD8), промежуточного реле KV2 и добавочных резисторов R4, R5 и R6. Контактную нагрузку реле, напряжение питания реле, напряжение питания сигнальной лампы, номинальный ток лампы принять в соответствии с вариантом из таблицы 6.

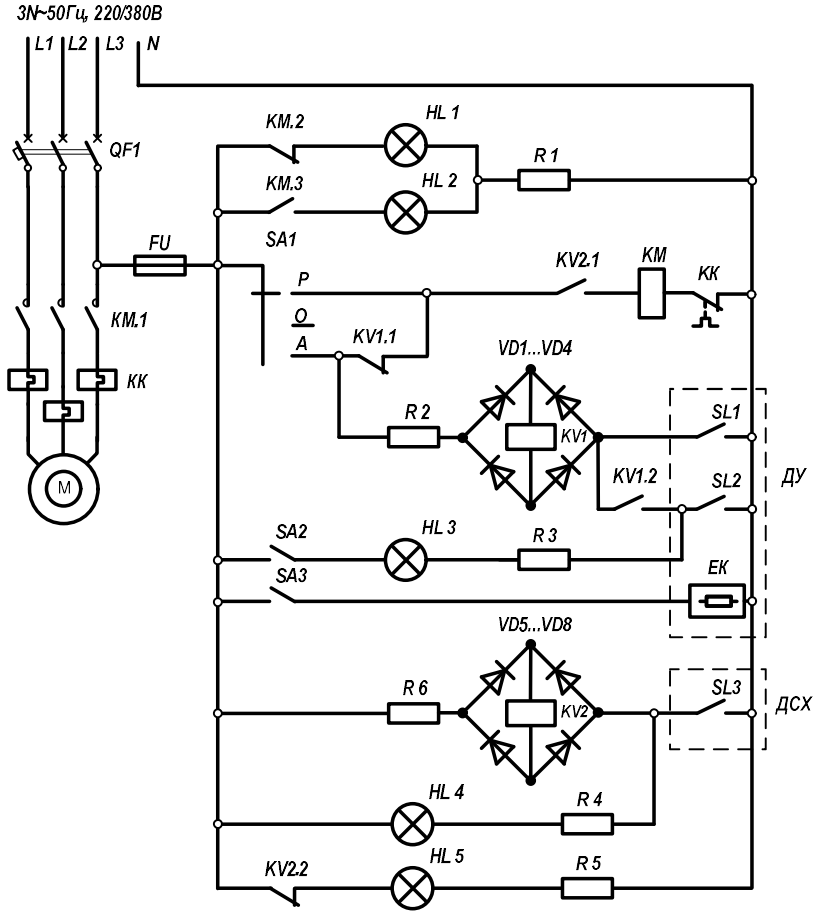


Рисунок 1 - Электрическая принципиальная схема управления погружным насосом.

ЗАДАЧА 2

Выбрать тиристоры для управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Электродвигатель работает в продолжительном режиме. Условия эксплуатации тиристоров (охлаждение, температура), тип электродвигателя приведены в таблице 6. Приведите схему управления электродвигателем на тиристорах.

Таблица 6 - Исходные данные для решения задач 1 и 2.

Вариант	Напряжение питания реле, Uн, В	Контактная нагрузка, Iк, А	Напряжение питания сигнальн. лампы, Uл, В	Номинальн. ток сигн. лампы, Iл, мА	Тип электродвигателя	Условия эксплуатации		
						наличие радиатора	наличие обдува	температура, t°C
01; 00	24	2,5	66	20	АИР180М6У3	х	-	70
02; 99	48	2,6	74	60	АИР160S4У3	х	х	20
03; 98	36	2,9	98	30	АИР100S4У3	х	-	35
04; 97	24	2,2	86	35	АИР180S2У3	-	-	10
05; 96	48	2,7	80	20	АИР100S2У3	х	-	25
06; 95	96	0,45	20	65	АИР180S2У3	х	х	35
07; 94	78	1,8	30	75	АИР80В2У3	х	-	55
08; 93	12	1,25	42	20	АИР90L2У3	-	х	75
09; 92	24	1,0	14	80	АИР180М4У3	х	-	60
10;91	12	2,3	127	50	АИР180М6У3	х	-	35
11;90	36	2,7	98	45	АИР200М6У3	х	х	60
12; 89	6	2,0	92	30	АИР160М6У3	х	-	20
13; 88	96	1,75	110	40	АИР200L2У3	-	-	15
l4; 87	12	2,7	14	65	АИР80А2У3	х	х	30
15; 86	18	2,6	38	55	АИР180М4У3	-	х	60
16; 85	12	1,75	68	25	АИР200М6У3	х	-	40
l7;84	6	2,0	56	85	АИР90L6У3	х	-	75
18; 83	6	2,7	12	65	АИР100L6У3	-	-	15
19; 82	48	2,0	86	50	АИР80В2У3	х	х	40
20; 81	36	1,45	54	65	АИР112М6У3	-	-	70
21; 80	12	1,9	98	75	АИР132S6У3	х	х	55
22;79	6	2,7	127	25	АИР160S6У3	-	х	5
23;78	96	2,8	36	55	АИР200L2У3	х	х	40
24;77	48	1,5	42	95	АИР100S4У3	х	х	15
25;76	12	0,45	60	95	АИР180S4У3	х	х	5
26;75	36	0,8	72	90	АИР160S4У3	-	-	75
27;74	60	0,75	84	85	АИР132М4У3	х	х	60
28;73	60	1,7	96	80	АИР132S4У3	-	х	35
29; 72	24	1,5	127	75	АИР112М4У3	х	-	20
30;71	6	0,5	12	70	АИР180М4У3	-	х	75
31;70	12	0,7	24	65	АИР200L2У3	х	х	70
32;69	18	0,6	36	55	АИР100L6У3	х	-	5
33;68	24	0,8	66	60	АИР160М6У3	х	х	25
34;67	30	0,55	78	90	АИР112М6У3	-	х	40
35;66	36	0, 95	90	105	АИР132S6У3	х	х	60
36;65	30	1,0	110	110	АИР160S6У3	х	-	75
37;64	48	1,8	6	95	АИР90L2У3	х	х	15

38;63	18	1,9	18	115	АИР100S2Y3	-	**х**	30
39;62	42	1,45	30	120	АИР100L2Y3	**-**	**-**	45
40;61	48	0,9	42	100	АИР160М2Y3	**х**	**-**	70
41;60	36	1,1	60	85	АИР160М2Y3	-	**х**	5
42; 59	60	1,3	66	80	АИР160М2Y3	х	**х**	20
43; 58	66	1,3	72	75	АИР200L2Y3	-	**х**	35
44;57	78	1.9	80	70	АИР132S4Y3	х	**х**	40
45;56	6	1,45	86	65	АИР180S4Y3	**х**	**-**	30
46;55	36	1,5	92	60	АИР80А2Y3	**х**	**х**	20
47;54	18	1,65	98	55	АИР100L2Y3	**х**	**-**	10
48;53	30	0,5	50	48	АИР180М4Y3	**-**	**-**	25
49; 52	24	1,55	44	56	АИР112М4Y3	**х**	**-**	20
50;51	84	1,8	20	50	АИР132М4Y3	**х**	**х**	5

Примечание: список источников приведен в методических указаниях к выполнению контрольной работы (см. МУ с.54); справочные данные по электроприводам, промежуточным реле постоянного тока, резисторам, тиристорам и диодам приведены в методически указания (см. Приложение 4-7 с.59-61).

Методические указания к выполнению контрольной работы №1

ЗАДАНИЕ 2

При проектировании систем автоматизации технологических процессов все основные технические решения по автоматизации установок, агрегатов или отдельных узлов технологического процесса отображается на функциональных схемах автоматизации.

Функциональная схема является основным техническим документом, определяющим структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами контроля и управления процессом.

Функциональную схему выполняют в виде чертежа, на котором схематически, условными изображениями показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, представляемые как правило функциональными блоками, функциональными группами и элементами.

В процессе разработки функциональных схем на основании анализа условий работы технологического оборудования и агрегатов, законов и критериев управления объектом должны быть решены следующие основные вопросы:

1. Определение оптимального объема (уровня) автоматизации технологического процесса.

2. Установление технологических параметров, подлежащих автоматическому регулированию и контролю, уточнение пределов их измерений и выбор

методов измерения этих параметров с целью последующего отбора технических средств для их реализации.

3. Определение технологического оборудования, управляемого автоматически или дистанционно.

4. Выбор основных технических средств автоматизации наиболее полно отвечающих предъявляемым требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта.

5. Размещение приборов и аппаратуры на щитах и пультах центральных пунктов управления, диспетчерских пунктов, непосредственно агрегатов и т.д. и определение способов представления операторам требуемой информации о ходе технологического процесса (необходимость мнемосхем, графических панелей и т.п.).

На функциональных схемах показываются:

а) технологическая схема (схема цепи аппаратов) или упрощенное изображение агрегатов, подлежащих автоматизации;

б) приборы, средства автоматизации и управления, изображаемые условными обозначениями по действующим стандартам, а также линии связи между ними;

в) таблица условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами;

г) необходимые пояснения к схеме.

Условные графические и буквенные обозначения приборов и средств автоматизации на функциональных схемах по ГОСТ 21.404 – 85 (схемах автоматизации).

Технологические коммуникации и трубопроводы жидкости и газа изображают условными обозначениями в соответствии с приложением 3 – ГОСТ 14202-69 (см. приложение 1).

Приборы, средства автоматизации и элементы вычислительной техники на функциональных схемах изображаются в соответствии с ГОСТ21.404-85 "Автоматизация технологических процессов. Обозначение условных приборов и средств автоматизации в схемах". Система условных обозначений, принятая в этом стандарте (Приложение 2), аналогична системам условных обозначений, применяемых во многих странах мира.

По виду измеряемой величины и функциональному назначению приборы различают при помощи прописных букв латинского алфавита, вписываемых внутри условного графического обозначения. Причем одни и те же буквы могут быть применены для обозначения как измеряемой величины, так и функционального признака прибора (Приложение 3). Так, например, букву S используют для обозначения скорости и частоты, но в то же время она может указывать такие функциональные признаки прибора, как включение, отключение, переключение.

Порядок расположения буквенных обозначений (слева направо) должен соответствовать расположению, изображенному на рисунке 2.

Буквенные обозначения располагают в следующем порядке:

обозначение основной измеряемой величины (см. Приложение 3) (буквы A, B, C, I, J, N, O, Y и Z являются резервными и могут быть использованы в случаях не предусмотренных стандартом);

обозначение, уточняющее (если это необходимо) основную измеряемую величину, буквами D, F, J и Q;

обозначение функционального признака прибора буквами A, I, R, C, S, H, L; если прибор, изображаемый на функциональных схемах автоматизации, характеризуется несколькими функциональными признаками, то буквы, обозначающие их, проставляют в верхней части условного графического изображения в следующей последовательности: I R C S A (показание – регистрация – регулирование или управление – включение, отключение, переключение – сигнализация).

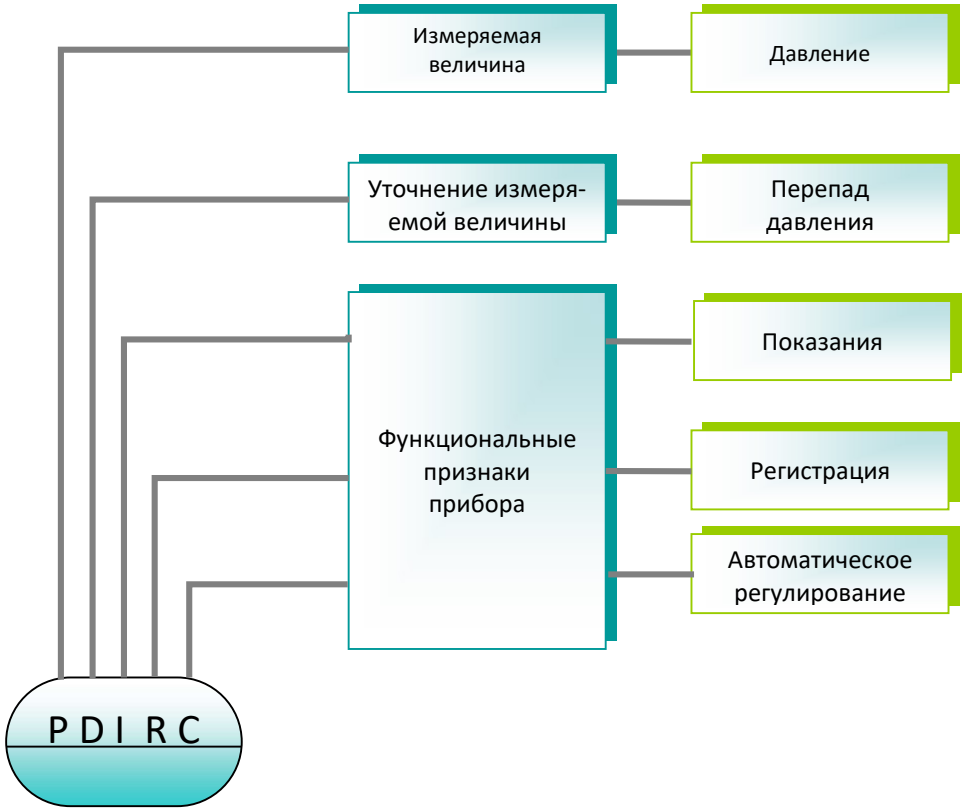


Рисунок 2 - Пример построения условного обозначения прибора на функциональной схеме.

При построении условных обозначений приборов следует указывать не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме. Например: при обозначении показывающих и самопишущих приборов (если функция "показание" не используется) следует писать TR вместо TIR ; PR вместо PIR и т.п..

Пример компоновки и построения функциональной схемы автоматизации приведен на рисунке 3

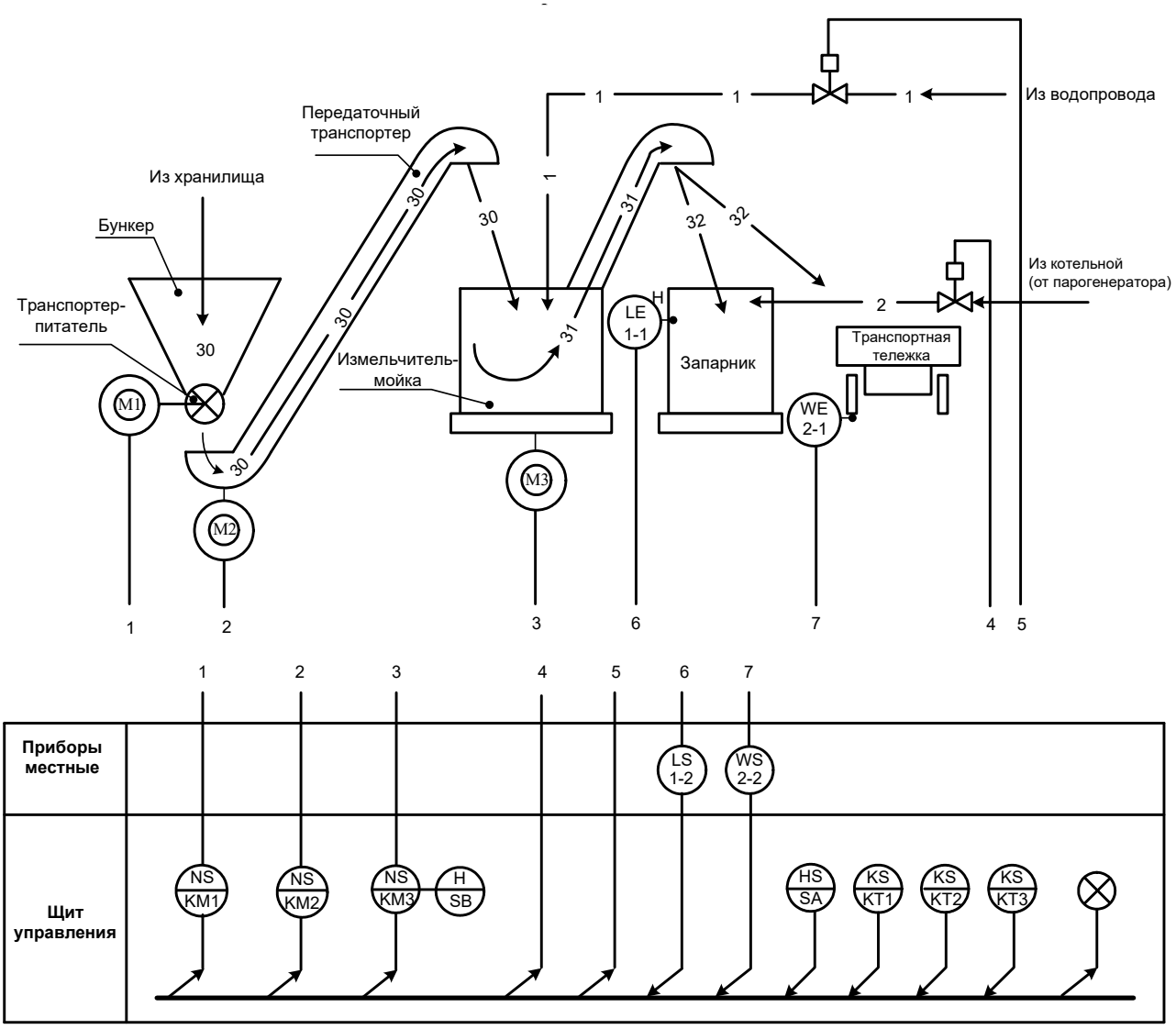


Рисунок 3 - Функциональная схема автоматизации поточной линии приготовления корма.

Условные обозначения, принятые на схеме автоматизации, раскрыты в таблице 7.

Таблица 7 - Условные обозначения, принятые на схеме автоматизации

Позиционное обозначение	Наименование
1	2
H	Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная на щите
HS	Ключ управления, предназначенный для выбора режима работы поточной линии, установленный на щите
NS	Пусковая аппаратура, предназначенная для управления электродвигателями поточной линии, установленная на щите

Продолжение таблицы 7

1	2
	Прибор для управления в автоматическом режиме, по временной программе, установленный в щите
	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту
	Прибор для измерения уровня, бесшкальный, с контактным устройством, установленный по месту
	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения массы, установленный по месту
	Прибор для измерения массы, бесшкальный, с контактным устройством, установленный по месту
	Прибор световой сигнализации, установленный на щите
-1-	Трубопровод с водой
-2-	Трубопровод с паром
-30-	Транспортный поток – корнеклубнеплоды неочищенные
-31-	Транспортный поток – корнеклубнеплоды очищенные
-32-	Транспортный поток – корнеклубнеплоды измельченные

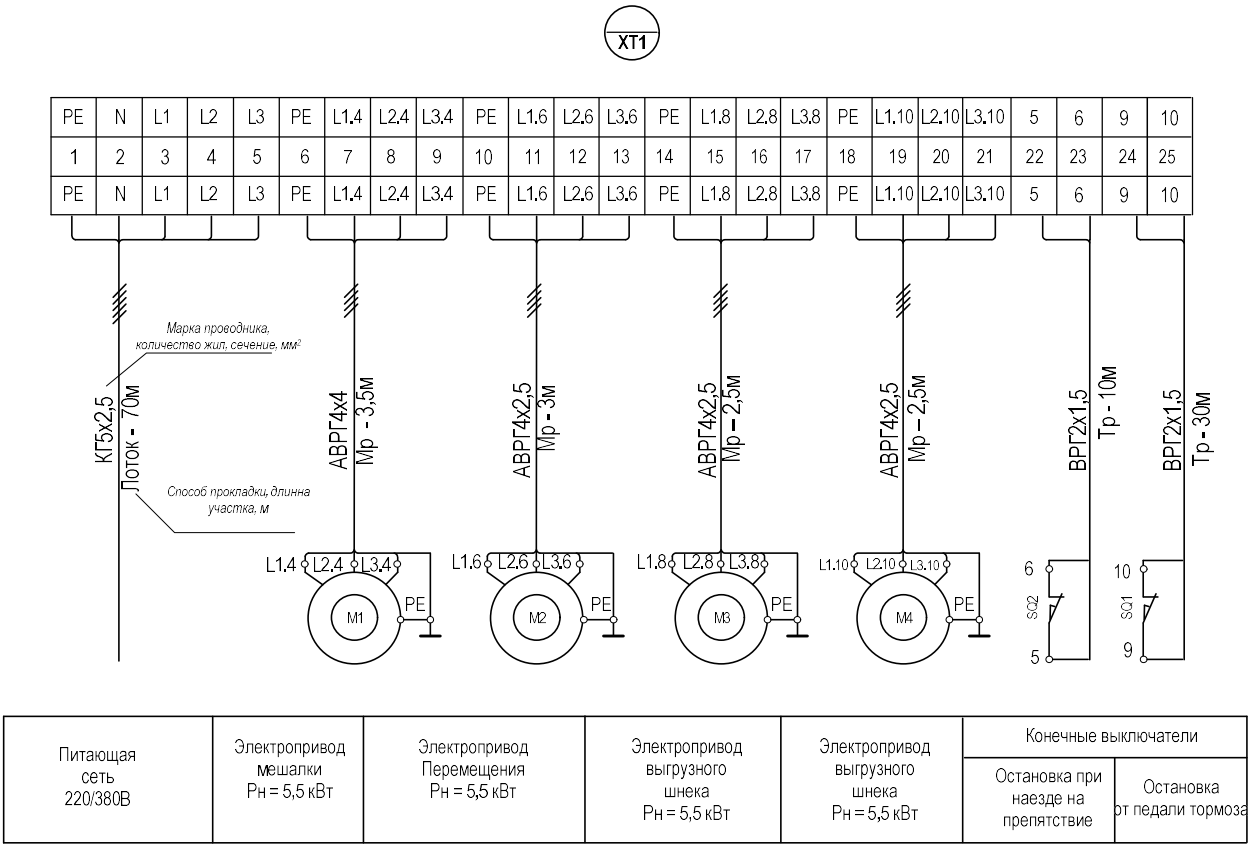
ЗАДАНИЕ 3

Схемы подключений показывают внешние соединения между отдельными сборочными единицами, т.е. показывают, каким способом выполняют внешние соединения шкафов, щитов управления, датчиков и исполнительных механизмов.

Электрические связи в таких схемах изображают сплошными линиями в однолинейном исполнении и лишь в местах присоединения к элементам цепи разделяют, чтобы показать их маркировку. На этих линиях указывают номер электропроводки, марку, сечение и длину кабеля (провода). Шкафы, щиты, пульты управления и т.п. на таких схемах условно обозначают прямоугольниками, а электродвигатели - кружками. Для облегчения понимания схемы делают надписи (обычно в форме таблицы), поясняющие функциональное назначение элементов.

Например, шкаф управления башенной водоподъёмной установкой запитывается через клемную колодку ХТ1 кабелем АВРГ4х6 длиной 25 м от сети 3х-фазного переменного тока напряжением 380/220 В. К клеммам 5...8 подсоединяется кабель КРПТ4х4 длиной L=40 м для запитки электродвигателя насосного агрегата. К клеммам 10, 11, 12 подсоединены датчики уровня (SL1 нижнего уровня и SL2 - верхнего уровня), клеммы 4, 8, 9, 11 соединены между собой и нулевым проводом.

Пример схемы подключений, выполненный графическим способом показан на рисунке 4.



Питающая сеть 220/380В	Электропривод мешалки Рн = 5,5 кВт	Электропривод Перемещения Рн = 5,5 кВт	Электропривод выгрузного шнека Рн = 5,5 кВт	Электропривод выгрузного шнека Рн = 5,5 кВт	Конечные выключатели	
					Остановка при наезде на препятствие	Остановка от педали тормоза

Рисунок 4- Схема подключений щита управления.

Задача №1

При выборе всех электротехнических изделий, аппаратов необходимо принимать во внимание степень защиты изделия от попадания во внутрь оболочки твердых посторонних предметов и воды согласно ГОСТ 14254-80. Для обозначения степени защиты применяют буквы IP и следующие за ним две цифры. Первая цифра после IP 0...6 означает степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, от попадания инородных тел. Вторая цифра - 0...8 - степень защиты от попадания воды.

Выбор промежуточного реле необходимо проводить по роду тока, напряжению катушки, по значению коммутирующего тока, по исполнению. При выборе реле постоянного тока необходимо также определить коэффициент, запаса К3, характеризующий надежность срабатывания реле.

$$К_З = I_р/I_{ср}, \quad (1)$$

где $I_р$ - рабочий ток реле, А;

$I_{ср}$ -ток срабатывания реле, А.

Рабочий ток реле определяется по выражению

$$I_р = U_н/ R_{об}, \quad (2)$$

где $U_н$ -напряжение питания реле, В;

$R_{об}$ - сопротивление обмотки реле, Ом.

Коэффициент запаса должен находиться в пределах $К_З$= 1,5...3.

Мощность, потребляемая обмоткой реле определяется по формуле:

$$P_{об} = U^2_н/R_{об} , \quad (3)$$

Мощность, потребляемая обмоткой реле, должна быть не более 2Вт для длительного режима работы, и не более 7 Вт для импульсного режима.

Справочные данные по реле постоянного тока некоторых типов приведены в приложении 4.

Если необходимо эксплуатировать реле в длительном режиме, то необходимо последовательно с обмоткой включить добавочный резистор, величина которого определяется по формуле

$$R_{доб} = (U_н^2 - R_{об} P_{доп}) / P_{доп}, \quad (4)$$

где $P_{доп}$ - допустимая мощность обмотки, Вт.

Мощность резистора определим по формуле:

$$P = I_p R_{доб}, \quad (5)$$

При расчете и выборе выпрямителей переменного тока, следует принимать во внимание, что основными параметрами полупроводниковых диодов являются допустимый ток $I_{доп}$., на который рассчитан, и обратное напряжение $U_{обр}$., которое выдерживает диод без пробоя в непроводящий период.

Ток потребителя I_d (т. е. проходящий через диод) равен:

$$I_d = P_d/U_d , \quad (6)$$

где P_d - мощность потребителя, Вт ;

U_d - напряжение потребителя , В.

Для однополупериодного выпрямителя ток, проходящий через диод, равен току потребителя, т.е. необходимо соблюдение условия:

$$I_{доп} = I_d , \quad (7)$$

Для двухполупериодной и мостовой схем выпрямления:

$$I_{доп} > 0{,}5 I_d , \quad (8)$$

и для трехфазного выпрямителя:

$$I_{доп} > 1/3 I_d , \quad (9)$$

Напряжение, действующее на диод в непроводящий период $U_в$, также зависит от схемы выпрямления, которая применяется в конкретном случае. Так для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей:

$$U_в = \pi U_d, \quad (10)$$

для мостового выпрямителя:

$$U_в = (\pi U_d/2) = 1{,}57\ U_d , \quad (11)$$

и для трехфазного выпрямителя:

$$U_в = 2{,}1\ U_d, \quad (12)$$

При выборе диода должно соблюдаться условие

$$U_{обр} > U_в \,, \qquad (13)$$

Справочные данные некоторым типам полупроводниковых диодов приведены в приложении 5.

Выбор резисторов для питания ламп световой сигнализации осуществляется на основе закона Ома. При этом необходимо учитывать как величину сопротивления резистора, так и мощность его рассеивания.

Справочные данные по проволочным резисторам типа ПЭ и ПЭВ и их характеристикам приведены в приложении 6 и 7.

Задача №2

Выбор тиристоров для управления электродвигателями заключается в следующем:

-определяют расчетный ток тиристора

$$I_{рт.} = I_н / K_о K_t, \qquad (14)$$

где $I_н$ - номинальный ток электродвигателя, А (см. приложение 8) ;

$K_о$ - коэффициент, учитывающий условия охлаждения тиристора: без радиатора и обдува $K_0 = 0{,}15$, при наличии радиатора, но без обдува $K_0 = 0{,}5$, с радиатором и обдувом $K_0 = 1{,}0$;

K_t - коэффициент загрузки тиристора в зависимости от температуры окружающей среды (таблица 8)

- выбирают по току предварительно тиристор (см. приложение 9);
- определяют перегрузочную способность тиристора:

$$K_п = I_{пуск} / I_{н.т.}, \qquad (15)$$

где $I_{пуск}$.- пусковой ток электродвигателя, А ;

$I_{н.т.}$.- номинальный ток выбранного тиристора, А .

- определяют номинальное напряжение тиристора по формуле:

$$U_н = \sqrt{2} \cdot U_c, \qquad (16)$$

где U_c - напряжение сети, В.

- по каталогу выбирают тиристор и определяют его класс.

Таблица 8 - Значение коэффициента K_t в зависимости от температуры окружающей среды

$T_{окр}$, °С	до 20	до 40	до 60	до 80	до 100
K_t	1,0	0,98	0,8	0,4	0,16

Длительный ток тиристоров зависит от условий охлаждения. При естественном воздушном охлаждении допустимый ток нагрузки тиристоров серии Т составляет всего 35 % значения номинального тока. Например, тиристор Т-100 при естественном охлаждении допускает длительную нагрузку 35 А. Тиристоры

допускают кратковременную перегрузку по току. Так, тиристоры серии Т допускают 25 % перегрузки по току в течение 30 с , 50 % -в течении 5 с и 100% - в течении 1 с.

Пример 1

Выбрать реле постоянного тока для длительного режима работы. Реле должно иметь 2 переключающих контакта. Контактная нагрузка 2 А, напряжение питания $U_н$ =24 В.

Решение. Пусть в нашем распоряжении имеются малогабаритные электромагнитные реле РЭС-47, РЭС-22 и РЭС-48. Из каталога определяем, что эти реле имеют сопротивление обмоток от 39 до 8000 Ом, коммутируемые токи до 3 А и имеют 2 и 3 переключающих контакта. Массы этих реле равны соответственно 36,8 и 15,5 г. При прочих равных показателях реле РЭС-47 самое малогабаритное. Таким образом, выбираем реле РЭС-47. В каталоге приводятся технические данные пяти реле. Какое же из них выбрать? Выбираем реле с большим сопротивлением обмотки. Такое реле будет потреблять меньше электроэнергии, т.е. будет экономичным. Поэтому выбираем реле с паспортом РФ4.500.417, у которого сопротивление обмотки 650 Ом и ток срабатывания 23 мА.

Проверяем параметры выбранного реле.

Рабочий ток реле:

$$I_р = U_н / R_{об} ,$$

$$I_р = 24 / 650 = 37 \text{ мА}.$$

Значение коэффициента запаса определяем по формуле:

$$Кз = Iр / Iср,$$

$$Кз = 37 / 23 = 1,6.$$

Как показала практика, коэффициент запаса не должен быть меньше 1,5. В данном случае это условие выполняется. Реле будет срабатывать надежно.

Определяем мощность, потребляемую обмоткой

$$P_{об}=U_п^2 / Rоб. \quad ,$$

$$P_{об} =24\cdot 24 / 650 = 0,9\text{Вт},$$

что допустимо для любого режима работы реле.

Можно ли включить выбранное реле на напряжение 60В?

Определим мощность обмотки реле в этом случае

$$P_{об.}= 60 \cdot 60 / 650 = 5,5 \text{ Вт}.$$

Реле можно эксплуатировать только в импульсном режиме, т. к.

$$7 \text{ Вт} > P_{об.} > 2 \text{ Вт}.$$

Если мы хотим эксплуатировать реле в длительном режиме, то необходимо последовательно с обмоткой включить добавочный резистор, величина которого определяется по формуле

$$R_{доб.}= (U^2_н - R_{об.} P_{доп.}) / P_{доп.},$$

$$R_{доб.} = (60 \cdot 60 - 650 \cdot 2) / 2 = 1150 \text{ Ом}.$$

Определяем мощность рассеивания резистора по формуле:

$$P_R = U_R \bullet Ip,$$

$$P_R = (60 - 24) \cdot 0{,}037 = 1{,}33 \text{ Вт}.$$

Выбираем резистор типа МЛТ-2 с сопротивлением 1200 Ом >1150 Ом, мощностью 2 Вт>1,33Вт.

Пример 2

Для мостового выпрямителя произвести расчет и выбор диодов. Мощность потребителя P_d= 300 Вт, напряжение потребителя U_d = 200 В.

Решение. Выбираем из каталога соответствующие диоды и выписываем их параметры (таблица 9):

Таблица 9- Номинальные данные диодов.

Тип диода	$1_{доп.}$,> А	$U_{обр.}$, В
Д 218	0,1	1000
Д 222	0,4	600
КД 202 Н	1,0	500
Д 215 Б	2,0	200

Определяем ток потребителя:

$$I_d = P_d/U_d = 300/200 = 1{,}5 \text{ А}.$$

Определяем напряжение действующее на диод в непроводящий период для мостовой схемы выпрямителя:

$$U_в = l{,}57\ U_d = 1{,}57 \cdot 200 = 314 \text{ В}.$$

Выбираем диод из условий:

$$I_{доп} > 0{,}5 I_d \text{ и } U_{обр} > U_в$$

$$I_{доп.} > 0{,}5 \cdot 1{,}5 = 0{,}75 \text{ А},$$

$$U_{обр} > 314 \text{ В}.$$

Этим условиям удовлетворяет диод КД 202 Н. Диоды Д218 и Д222 подходят по напряжению, но не подходят по допустимому току, а диод Д215Б, наоборот подходит по допустимому току, но не подходит по обратному напряжению.

Пример 3

Произведем выбор тиристоров для управления электродвигателем, который работает в продолжительном режиме, условия охлаждения тиристоров естественные, без принудительного обдува.

Определяем расчетный ток тиристора:

$$I_{р.т.} = I_{ном} / K_0 \cdot K_t,$$

где $I_{ном}$ =18 А - номинальный ток электродвигателя (приложение
K_o=0,35 - коэффициент, учитывающий условия охлаждения тиристора,
K_t =1,0 - коэффициент загрузки тиристора в зависимости от температуры охлаждающей среды.

$$I_т=18/0,35 \cdot 1 = 51,4 \text{ А}.$$

Выбираем предварительно тиристор Т-100 с $I_{Т.СТ}$=100А.
Проверяем перегрузочную способность тиристора Т-100

$$K_п = I_{пуск} / I_{н.ст.},$$

$$K_п= 18 \cdot 6 / 100=1,008$$

Такую перегрузку тиристор Т-100 выдержит в течение 30 с, что допустимо. Определяем номинальное напряжение тиристора

$$U_н= \sqrt{2} \cdot Uc = \sqrt{2} \cdot 380 = 536 \text{ В}.$$

Принимаем Up = 600 В. Окончательно выбираем тиристор типа Т-100.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

ЗАДАНИЕ 1

Пользуясь таблицами 10 и 14, начертите согласно варианту электрическую схему управления. Опишите назначение всех элементов схемы и укажите их марку, с учетом реальных технических данных объектов.

Марку элементов указать в форме таблицы «Перечень элементов» (см. форму таблица 16):

Таблица 10 - Распределение заданий по вариантам

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

ЗАДАНИЕ 2

Пользуясь таблицами 11 и 14, начертите согласно варианту принципиальную схему управления технологическим оборудованием. Составьте схему соединений щита управления (монтажную) табличным способом.

Форму и пример заполнения см. таблицу 18.

Таблица 11- Распределение заданий по вариантам

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

ЗАДАНИЕ 3

Пользуясь таблицами 12 и 14, начертите согласно варианту принципиальную схему управления технологическим оборудованием. Составьте схему подключения щита управления табличным способом.

Форму и пример заполнения см. таблицу 19.

Таблица 12 - Распределение заданий по вариантам

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

ЗАДАНИЕ 4

Пользуясь таблицами 13 и 14, начертите согласно варианту принципиальную схему управления технологическим оборудованием. Произведите расчет основных показателей надежности схемы управления. Исходные данные и результаты расчетов оформить в виде таблицы (см. форму таблица 20).

Таблица 13 - Распределение заданий по вариантам

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

Таблица 14 - Перечень электрических схем для выполнения заданий 1 - 4

Номер схемы	Наименование электрической схемы	N рисунка	Литература
1	2	3	4
1	Схема управления асинхронным э.д.	3.42	(3)
2	Схема управления погрузчиком	14.11	(4)
3	Схема динамического торможения э.д.	3.43	(3)
4	Схема управления пуском асинхронного э.д.	3.44	(3)
5	Схема управления насосной станцией	14.9	(4)
6	Схема управления погружным насосом	9.4	(2)
7	Схема управления станцией ПЭТ	3.52	(3)
8	Схема управления башенной насосной установкой	3.53	(3)
9	Схема управления башенной насосной установкой с применением ЭКМ	3.55	(3)
10	Схема автоматизации погружного насоса	9.5	(2)
11	Схема управления устройством "КАСКАД"	9.6	(2)
12	Схема управления двухагрегатной насосной установкой	9.7	(2)
13	Схема управления токарно-винторезным станком	14.12	(4)
14	Схема управления стендом КИ1363ГОСНИТИ	14.13	(4)
15	Схема управления стендом для испытания пусковых двигателей	14.14	(4)
16	Схема управления стендом для испытания агрегатов трансмиссии	I4.15	(4)
17	Схема управления станцией "КЛИМАТИКА-1"	10.2	(2)
18	Схема управления поточной линией приготовления корнеклубнеплодов	11.1	(2)
19	Схема управления поточной линией приготовления концентрированных кормов	3.67	(3)
20	Схема управления дробилкой ДБ-5	11.2	(2)
21	Схема управления кормораздатчиком	14.10	(4)
22	Схема управления кормораздатчиком КШ-0,5	12.3	(2)
23	Схема управления кормораздатчиком ТВК-80	3.69	(3)
24	Схема управления зерноочистительным отделением КЗС-10	15.2	(4)
25	Схема управления зерноочистительным агрегатом КЗС-20	15.2	(2)
26	Схема управления агрегатом АВМ-1,5	15.4	(4)
27	Схема управления агрегатом АВМ-1,5	15.5	(4)
28	Схема управления раздачей корма в клеточной батарее БКМ-3	12.4	(2)
29	Схема управления кормораздатчиком КС-1,5	12.6	(2)

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
30	Схема управления кормораздатчиком КЭС-1,7	12.7	(2)
31	Схема управления механизмами сенажной башни и кормораздачи	15.8	(4)
32	Схема управления транспортёром ТСН-160	12.8	(2)
33	Схема управления кормораздатчиком РКС	3.70	(3)
34	Схема управления установкой ТСН-3.0	15.15	(4)
35	Схема управления поточной линией уборки навоза	12.9	(2)
36	Схема управления транспортёром ТСН	3.75	(3)
37	Схема управления уборкой и удалением навоза	15.17	(4)
38	Схема управления уборкой помёта	15.18	(4)
39	Схема управления кормораздачей в клеточных батареях типа КБН	3.71	(3)
40	Схема управления кормораздачей в клеточной батарее типа ОБН	3.73	(3)
41	Схема автоматизированной облучательной установки	4.2	(4)
42	Схема управления автоматизации установки УО-4	2.25	(3)
43	Электрическая принципиальная схема управления электроводонагревателем САЗС-400/90-И1	18.2	(2)
44	Схема управления водонагревателем ЭПЗ	18.4	(2)
45	Схема управления кормораздатчиком РС-5А	13.74	(3)
46	Схема управления инкубатором	20.5	(4)
47	Схема управления котлом КЭВ-0,4	18.8	(2)
48	Схема управления котлом КПЭ-60	21.4	(4)
49	Схема управления котлом КЭПР-250	18.10	(2)
50	Схема управления водонагревателем ЭПВ	4.14	(3)
51	Схема управления холодильной установкой	23.2	(4)
52	Схема управления электрокотельной	18.12	(2)
53	Схема управления водонагревателем ВЭП	4.16	(3)
54	Схема управления устройством КЭПТ-1УХЛ	19.9	(2)
55	Схема управления инкубатором ИКП-90	19.7	(2)
56	Схема управления оборудованием ОРТХ	19.10	(2)
57	Схема управления бункером активного вентилирования зерна	20.2	(2)
58	Схема управления камерной электропечью	22.2	(2)
59	Схема управления электрокалорифером	19.2	(2)
60	Схема управления местного комбинированного электрообогрева молодняка	19.6	(2)
61	Схема управления установкой ультрафиолетового облучения УО-4	28.1	(2)

Окончание таблицы 14

1	2	3	4
62	Схема изменения светового потока групповым включением и отключением равномерно размещенных в помещении источников	26.5	(2)
63	Схема управления электроталью	16.6	(2)
64	Схема управления обкаточно-тормозным стендом	16.3	(2)

ЗАДАЧА 1

В соответствии с исходными данными (по варианту – таблица 15) произвести необходимые расчеты и выбрать насосный агрегат и электропривод насосной установки. Составить схему автоматизации насосной установки с защитой электропривода от неполнофазных режимов. Произвести расчет и выбор пусковой и защитной аппаратуры (автоматический выключатель, магнитный пускатель, ФУЗ-М).

Таблица 15 – Исходные данные для расчета и выбора электронасосного агрегата.

№ шифра	$Q_{ср.сут}$, $м^3 \cdot ч^{-1}$	Н, кПа	Т, ч	№ шифра	$Q_{ср.сут}$, $м^3 \cdot ч^{-1}$	Н, кПа	Т, ч
1	2	3	4	5	6	7	8
01,00	55	850	17	26,75	35	500	17
02,99	40	655	18	27,74	20	1250	11
03,98	45	1100	11	28,73	65	500	12
04,97	85	1000	15	29,72	30	1300	13
05,96	90	1400	10	30,71	24	2300	17
06,95	80	2200	12	31,70	24,5	2350	16
07,94	70	880	17	32,69	25	1200	14
08,93	41	1250	15	33,68	60	1000	15
09,92	68	1400	16	34,67	15	1150	16
10,91	16,5	1300	17	35,66	26	1850	17
11,90	64,5	670	11	36,65	15	2350	18
12,89	48	1000	11	37,64	42	650	16
13,88	56	1300	14	38,63	64	400	11
14,87	58	1200	15	39,62	260	700	12
15,86	75	1250	16	40,61	100	1200	14
16,85	16	700	14	41,60	44	1200	16
17,84	95	680	15	42,59	62	1350	18

18,83	23	650	16	43,58	76	2000	15
19,82	41,5	900	10	44,57	37	950	17
20,81	15,5	800	12	45,56	28	1250	12
21,80	66	700	19	46,55	24	1180	13
22,79	25,5	1900	13	47,54	22	2350	14
23,78	96	1340	14	48,53	26	750	15
24,77	37	1150	15	49,52	65,5	1320	16
25,76	150	1050	16	50,51	94,5	1020	10

Методические указания к выполнению контрольной работы №2

ЗАДАНИЕ 1

Таблица 16 - Форма и пример заполнения таблицы перечня элементов схемы управления.

Поз. обозн.	Наименование	Кол-во	Примечание
1	2	3	4
KV1	Реле промежуточное ПЭ-37-22У3	1	$U_н$=220 В, 2з+2р

ЗАДАНИЕ 2

Схемы соединений - это схемы, на которых изображают соединения составных частей автоматизируемой установки или изделия, а также показывают провода, кабели, жгуты или трубопроводы.

Применяют три способа составления схем соединений: графический, адресный и табличный.

Табличный способ составления схем соединений щита управления применяют в двух вариантах. Для первого составляют монтажную таблицу, где указывают номера каждой электрической цепи. В свою очередь, для каждой цепи последовательно перечисляют условные буквенно-цифровые обозначения всех приборов, аппаратов и их контактов, к которым эти цепи присоединены (таблица 17).

Так, для цепи 7 запись означает, что зажим 6 прибора КМ1 соединяется с зажимом 4 прибора КМ2, который, в свою очередь, должен быть соединен с зажимом 3 устройства КТ4.

Таблица 17 - Фрагмент таблицы соединений

Номер цепи	Соединения
7	КМ1/6 _ КМ2/4 _ КТ4/3
8	КМ4/2 _ ХТ1/29
9	ХТ1/28 _ HL1/1 _ КМ2/12 _ ХТ2/3

Второй вариант заполнения таблиц соединений отличается от первого тем, что в таблицу проводники вписывают по возрастанию номеров маркировки цепей принципиальных электрических схем (таблица 18).

Таблица 18 - Таблица соединений проводок

Проводник	Откуда идет	Куда поступает	Данные провода	Примечание
1	2	3	4	5
1	ХТ3/1	SA1/1	ПВ1 х 0,75	
2	SA1/1	SA1/3	ПВ1 х 0,75	п
3	SB1/13	SB1/13	ПВ1 х 0,75	п
4	SB1/13	ХТ3/1	ПВ1 х 0,75	

Направление прокладки проводов, как и для первого варианта, записывают в виде дроби. В примечании для более четкого распознавания проводников принято использовать дополнительные обозначения. Например, перемычка, выполняемая в аппарате, обозначается буквой «п».

В контрольной работе следует выполнить схему соединений по второму варианту (см. таблицу 18).

ЗАДАНИЕ 3

Схемы подключений, показывающие внешнее подключение аппаратов, установок, щитов, пультов и т. д., выполняют на основании функциональных, принципиальных электрических схем автоматизации, принципиальных схем питания, спецификаций приборов и оборудования, а также чертежей производственных помещений с расположением технологического оборудования и трубопроводов.

Схемы подключений используют при монтаже проводок, при помощи

которых установку, прибор, аппарат подключают к источникам питания, щитам, пультам и т. п.

На практике применяют два варианта составления схем подключений: графический и табличный.

Пример составления схемы подключения табличным способом приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Таблица подключения щита управления.

Кабель, провод		Направление проводок								
		откуда				Номер жилы	куда			
номер	марка	позиция	тип прибора	сборка зажимов	номер зажима		номер зажима	сборка зажимов	позиция	тип прибора
4	КВРГ4х1,5	М2	АИР...	ХТ1	1	138	1	ХТ2	А2	СК-32
					2	140	2			
					3	142	3			

Примечание: Позицией А2 обозначена соединительная коробка типа СК-32.

ЗАДАНИЕ 4

Основными количественными показателями, характеризующими надежность, безотказность, долговечность и эффективность, являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, наработка на отказ (среднее время безотказной работы), срок службы, технический ресурс.

Для практических целей наиболее важными параметрами надежности являются: наработка на отказ Тср, интенсивность $\lambda(t)$ или частота $v(t)$ отказов, вероятность безотказной работы в течение заданного времени $P(t)$.

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что при определенных режимах и условиях в пределах установленной (заданной) продолжительности работы системы отказ не возникнет.

Интенсивность отказов — это вероятность отказа невосстанавливаемой системы в единицу времени после данного момента времени при условии, что до этого момента отказ не возникал.

Наработка на отказ — это наработка восстанавливаемой системы между двумя последовательно возникшими отказами.

Для расчета надежности автоматического управляющего устройства необходимо знать: 1) тины элементов, входящих в изделие; 2) число элементов каждою типа**;** 3) интенсивность отказов элементов λ_i, входящих в изделие.

Выполнению расчетов предшествует составление таблицы по форме 20.

Данные выписывают по группам: резисторы, конденсаторы, диоды, триоды, тиристоры, трансформаторы, дроссели, реле, разъемы, переключатели, предохранители, соединения, провода, источники питания, электродвигатели, СВЧ-устройства и т. д.

При составлении таблицы сравнивают элементы по надежности. Значения интенсивностей отказов приведены в таблице 21 методической разработки.

Если схема управления содержит элементы, не приведенные в таблице 21, следует самостоятельно принять среднее значение номинальной интенсивности отказа, сопоставив данный элемент с элементами, приведенными в таблице близкими по конструктивным особенностям.

Если данных об условиях работы элементов схемы управления нет, то температуру принимают номинальной для данного элемента, а коэффициент нагрузки $к_н = 1$.

Таблица 20 - Форма таблицы для расчета показателей надежности.

Наименование элемента		Автомат. выкл.	Магн пуск	Реле врем.	Конечн выключ	…
Обозначение по схеме		QF, SF	KM1-KM4	KT	SQ1	
Число элементов, n_i		2	4	1	1	
Интенсивность отказа номинальная, $\lambda oi \cdot 10^{-6}$,1/ч		0,22	10			
Режим работы	коэф. нагрузки,	1	1			
	температура,°С	20	…			
Поправочный коэффициент, a_i		1,1				
Поправочный коэф., П k_i		1,03				
Интенсивность отказов для 1 элемента, $a_i \lambda o_i 10^{-6}$, 1/ч		0,249				
Интенсивность отказов для N элементов, 1/ч		0,498				

Интенсивность отказа элемента с учетом условий эксплуатации определяют по формуле:

$$\lambda i = ai \lambda o i \Pi ki,, \qquad (17)$$

где a_i — поправочный коэффициент, учитывающий влияние электрической нагрузки и температуры;

λo_i — номинальная интенсивность отказов, 1/ч;

k_i — поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических факторов и окружающей среды (см. таблицы 22 и 23).

$$\Pi k_i = k_1 k_2 k_3 , \qquad (18)$$

Таблица 21 - Номинальная интенсивность отказов основных элементов АСУ

Элементы АСУ	$\lambda_{ср} \cdot 10^{-6}$, 1/ч
Автоматы	0,22
Выпрямитель двухполупериодный	1,0
Датчик температуры	4,5
Датчик уровня	2,5
Датчик давления	5,0
Дроссель	0,25
Диоды	1,0...1,5
Ключи управления	0,6
Кнопки управления, выключатели	14
Конденсаторы	1,8
Лампы накаливания	20
Логические элементы	1...5
Предохранители	0,7
Провода и кабели	0,1
Пускатели	10
Резисторы	1,5...8
Реле постоянного тока	4...8
Реле переменного тока	3
Реле времени	20
Рубильники	6,6
Тиристоры	1,8
Транзисторы	0,7...5
Трансформаторы	6
Электродвигатели	10...22
Элементы нагревательные	0,3

Таблица 22 - Значения поправочных коэффициентов в зависимости от воздействия механических факторов

Условия эксплуатации аппаратуры	Поправочный коэффициент, учитывающий	
	вибрацию k_1	удельные нагрузки k_2
Лабораторные	1,0	1,0
Стационарные	1,04	1,03
Транспортные	1,35	1,08
Полевые	1,4	1,1

Номинальные значения интенсивности отказов определяют при нормальных условиях эксплуатации: температуре +25...± 10°С, относительной влажности 45 ... 80%, атмосферном давлении 98 кПа, отсутствии механических воздействий и агрессивной газовой среды, номинальном электрическом режиме.

Таблица 23 - Значения поправочного коэффициента k_3 в зависимости от влажности и температуры окружающей среды

Влажность, %	Температура, °С	Поправочный коэффициент k_3	Влажность, %	Температура, °С	Поправочный коэффициент k_3
60 ... 70	20 ... 40	1,0	80 ... 90	30 ... 40	1,8
70 ... 80	20 ... 30	1,25	90 ... 98	20 ... 25	2,0
70 ... 80	30 ... 40	1,45	90 ... 98	25 ... 30	2,2
80 ... 90	20 ... 30	1,4	90 ... 98	30 ... 40	2,5

Коэффициент нагрузки $к_н$ оценивает электрический режим работы элемента и определяется отношением значения параметра в рабочем режиме к номинальному значению параметра.

Вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P = e^{-\lambda to}, \quad (19)$$

где λ - интенсивность отказов устройств, 1/ч;

t_o — время, для которого определяется интенсивность отказов, ч.

Величина t_o определяется цикличностью плановых ремонтов и технологическими условиями. Например, для автоматики сельскохозяйственных машин она равна числу часов работы в течение сезона, для животноводческих помещений - продолжительности стойлового периода, для системы управления микроклиматом животноводческих помещений $t_o = 4000$ ч.

Интенсивность отказов устройств определяется:

$$\lambda = \sum \lambda_i n_i, \quad (20)$$

где λ_i — интенсивность отказов i-го элемента, 1/ч;

n_i — количество i-х элементов, шт.;

k — число групп элементов.

Автоматика считается надежной, если $P > 0,9$.

Средняя наработка на отказ определяется из соотношения:

$$T_{ср} = 1/\lambda, \quad (21)$$

Это время должно быть, по крайней мере, больше, чем 10 to, т.е.

$$T_{ср} > 10\ to, \quad (22)$$

Если расчетные характеристики надежности уступают требуемым, то необходимо принять меры к повышению надежности.

ЗАДАЧА 1

Для того чтобы выбрать тип и мощность электронасосной установки и их число, необходимо исходя из местных условий решить вопрос о схеме водоснабжения.

Исходными данными для выбора насосной установки при выполнении

практической работы служат: расчетный напор, который должен создать насос, среднесуточный расход воды на объекте водоснабжения и время потребления воды (см. табл.15).

Зная среднесуточный расход воды, определяют максимальный часовой и секундный расходы.

Часовой расход:

$$Q_{макс.\ ч} = К_{сут} \cdot К_{ч} \cdot Q_{ср.\ сут} / (Т \cdot \eta_{с}), \quad м^3 \cdot ч^{-1}, \qquad (23)$$

где $К_{сут}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение суток (принимают равным 1,3);

$К_{ч}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение часа (для животноводческих ферм Кч=2,5);

Т — время потребления воды (для типового графика водопотребления Т = 14...16 ч);

$\eta_{с}$ — коэффициент, учитывающий потери воды в системе водоснабжения, $\eta_{с} = 0,9$.

Ссекундный расход:

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

По значениям часового расхода и расчетного напора выбирают насос (см. приложение 10), а по значениям секундного расхода и напора определяют мощность двигателя:

$$Р_{р} = О_{макс.\ с} \cdot Н_{р} /(\eta_{н} \cdot \eta_{п}), \qquad (24)$$

где $Р_{р}$ – расчетная мощность электродвигателя, кВт;

$\eta_{н}$ - КПД насоса, для центробежных насосов $\eta_{н} = 0,4...0,8$;

$\eta_{п}$ - КПД передачи, при соединении муфтой $\eta_{п} \approx 1$;

В соответствии с расчетной мощностью производят выбор электродвигатель (см. табл.2).

Определяют запас мощности по соотношению:

$$\Delta Р = \frac{Р_{ном} - Р_{р}}{Р_{ном}} * 100\%, \qquad (25)$$

Рекомендуемые значения запаса мощности погружных электродвигателей приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Рекомендуемые значения запаса мощности погружных электродвигателей

Номинальная мощность электродвига-	до 1,5	1,5... 3,5	3,5.. .35	Более 35
Запас мощности, %	50	20	15	10

Произвести расчет и выбор пусковой и защитной аппаратуры для схемы питания электропривода насосного агрегата.

Автоматический выключатель выбирают по типу, по напряжению и номинальному току, по способу установки, по номинальному току теплового расцепителя $I_{н.р.}$, который равен:

$$I_{н.р.} > I_{р.}, \quad (26)$$

Если автоматический выключатель встроен в шкаф, то следует учесть изменившиеся условия его охлаждения, вводя поправочный коэффициент
к = 1,1...1,5, тогда

$$I_{н.р.} > (1,1...1,5)\, I_{р.}, \quad (27)$$

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя при защите автоматическим выключателем группы электродвигателей $I_{ср.р.}$ равен:

$$I_{ср.р.} > (1,25...1,8)\,(\sum I_{н} + I_{пуск.н.}), \quad (28)$$

где $\sum I_{н}$ - сумма номинальных токов электродвигателей не включая номинальный ток электродвигателя, имеющего максимальную мощность, А;
$I_{пуск.н}$ – пусковой ток электродвигателя, имеющего максимальную мощность, А;

$$I_{пуск.н} = k_i \cdot I_{н}, , \quad (29)$$

где k_i - кратность пускового тока;
$I_{н}$ - номинальный ток электродвигателя, имеющего максимальную мощность, А;

Расчетный ток срабатывания $I_{ср.р}$ не должен превышать каталожного значения тока срабатывания

$$I_{ср.р.} < I_{ср.кат.}, \quad (30)$$

Если данное условие не выполняется, то возможны ложные срабатывания автоматического выключателя при включении потребителей.

Электромагнитные пускатели выбирают с учетом степени защиты и климатического исполнения, по номинальному току и напряжению, а также по конструктивному исполнению. Пускатели серии ПМЛ допускают установку одной дополнительной контактной приставки ПКЛ (с замыкающими и размыкающими контактами) и пневмоприставки (с замедлением при срабатывании) ПВЛ.

Выбор фазочувствительного устройства защиты ФУЗ-М осуществляется по номинальному току электродвигателя, с последующей настройкой на требуемое значение номинального тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М.: Агропромиздат, 1986.
2. Кудрявцев И.Ф, и др. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. М.: Агропромиздат, 1988.
3. Кудрявцев И.Ф. и др. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах. М.: Колос, 1979.
4. Герасимович Л.С и др. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. М.: Колос, 1980.
5. Яницкий С.В. Применение электрической энергии и основы автоматизации технологических процессов. М.: Колос, 1977.
6. Бохан Н.И. Элементы и устройства сельскохозяйственной автоматики. Мн.: "Ураджай", 1989.
7. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. М.: Колос, 1984.
8. Шеповалов В.Д. и др. Средства автоматизации промышленного животноводства. М.: Колос, 1981.
9. Каминский Е.А. Практические приемы чтения схем электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. Фурсенко С.Н. и др. Автоматизация технологических процессов. Мн.:БГАТУ, 2007.
11. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. М.:КолосС, 2004.
12. Усатенко С.Т и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД (Справочник) М.: Издательство стандартов 1989.

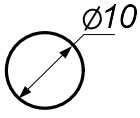
Приложение 1- Условные обозначения трубопроводов, в зависимости от транспортируемой среды

Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество	Цифровые обозначения	Транспонируемое вещество
1	2	3	4
1	Вода	3	Воздух
1.1	Питьевая	3.1	Атмосферный
1.2	Техническая	3.2	Кондиционированный
1.3	Горячая (водоснабжение)	3.3	Циркуляционный
1.4	Горячая(отопление)	3.4	Г орячий
1.5	Питательная	3.5	Сжатый
1.6	Резерв	3.6	Пневмотранспорта
1.7	Резерв	3.7	Кислород
1.8	Конденсат	3.8	Вакуум
1.9	Прочие виды воды	3.9	Прочие виды воздуха
1.0	Отработанная, сточная	3.0	Отработанный
2	Пар	4	Г азы горючие
2.1	Низкого давления (до 2 кгс/см^2)	4.1	Светильный
		4.2	Генераторный
2.2	Насыщенный	4.3	Ацетилен
2.3	Перегретый	4.4	Аммиак
2.4	Отопление	4.5	Водород и газы его содержащие
2.5	Влажный (соковый)	4.6	Углеводороды и их производные
2.6	Отборный	4.7	Окись углерода и газы ее содержащие
2.7	Резерв	4.8	Резерв
2.8	Вакуумный	4.9	Прочие виды горючих газов
2.9	Прочие виды пара	4.0	Отработанные горючие газы
2.0	Отработанный		
5	Г азы негорючие	6	Кислоты
5.1	Азот и газы его содержащие	6.1	Серная
5.2	Резерв	6.2	Соляная
5.3	Хлор и газы его содержащие	6.3	Азотная
5.4	Углекислый газ и газы его содержащие	6.4	Резерв
5.5	Инертные газы	6.5	Неорганические кислоты и их растворы
5.6	Сернистый газ и газы его содержащие	6.6	Органические кислоты и их растворы
5.7	Резерв	6.7	Растворы кислых солей
5.8	Резерв	6.8	Резерв
5.9	Прочие виды негорючих газов	6.9	Прочие жидкости кислотной реакции
5.0	Отработанные негорючие газы	6.0	Отработанные кислоты и кислые стоки (при pH < 6,5)

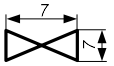
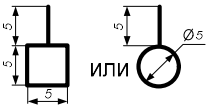
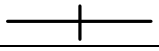
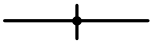
Продолжение приложения 1

1	2	3	4
7	Щелочи	8	Жидкости горючие
7.1	Натриевые	8.1	Жидкости категории А ($t_{в.п.}$< 28°С)
7.2	Калийные	8.2	Жидкости категории Б ($t_{в.п.}$< 120°С)
7.3	Известковые	8.3	Жидкости категории В ($t_{в.п.}$>120°С)
7.4	Известковая вода	8.4	Смазочные масла
7.5	Неорганические щелочи и их растворы	8.5	Прочие органические горючие жидкости
7.6	Органические щелочи и их растворы	8.6	Взрывоопасные жидкости
		8.7	Резерв
7.7	Резерв	8.8	Резерв
7.8	Резерв	8.9	Прочие горючие жидкости
7.9	Прочие жидкости щелочной реакции	8.0	Горючие стоки
7.0	Отработанные щелочи и щелочные стоки (pH>8,5)		
9	Жидкости негорючие	0	Прочие вещества
9.1	Жидкие пищевкусовые продукты	0.1	Порошкообразные материалы
9.2	Водные растворы (нейтральные)	0.2	Сыпучие материалы зернистые
		0.3	Смеси твердых материалов с воздухом
9.3	Прочие растворы (нейтральные)	0.4	Гели
9.4	Водные суспензии	0.5	Пульпы водяные
9.5	Прочие суспензии	0.6	Пульпы прочих жидкостей
9.6	Эмульсии	0.7	Резерв
9.7	Резерв	0.8	Резерв
9.8	Резерв	0.9	Резерв
9.9	Прочие негорючие жидкости	0.0	Отработанные твердые материалы
9.0	Негорючие стоки (нейтральные)		

Приложение 2 - Условные графические обозначения приборов и средств автоматизации на функциональных схемах

Наименование	Обозначение
1	2
Первичный измерительный преобразователь (датчик); прибор, устанавливаемый по месту: на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции.	
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте.	

Продолжение приложения 2

1	2
Отборное устройство без постоянно подключенного прибора (служит для эпизодического подключения приборов во время наладки, снятие характеристик и т.п.).	
Регулирующий орган.	
Исполнительный механизм. Общие назначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не регламентируется.	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.	
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи |энергии или управляющего сигнала.	
Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении.	
Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом (обозначение могут применятся в сочетании с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.)	
иния связи.	
Пересечение линий связи без соединения друг с другом.	
Пересечение линий связи с соединением между собой.	

Приложение 3 - Буквенные обозначения на функциональных схемах автоматизации (ГОСТ 21.404-85)

Обозначение	Измеряемая величина		Функции выполняемые прибором		
	Основное значение первой буквы	Дополнительное, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
A	-	-	Сигнализац.	-	-
B	-	-		-	-
C	-	-	-	Регулирование, управление	-
D	Плотность	Разность, перепад,	-	-	-

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6
E	Любая электрическая величина	-	-	-	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	Размер, положение, перемещение	-	-	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
I	-	-	Показание	-	-
J	-	Автоматическое переключение.	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	-	-
L	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины
M	Влажность	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-
O	-	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-
Q	Величина, характеризующая качество, состав, концентрацию	Интегрирование,суммирование по времени	-	-	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение	-
T	Температура	-	Дистанционная передача сигнала	-	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вязкость	-	-	-	-
W	Масса	-	-	-	-

Приложение 4 - Основные технические данные некоторых малогабаритных электромагнитных реле постоянного тока

Тип и паспорт реле	Сопротивление обмотки, Ом	Ток срабатывания, мА	Тип и количество контактов	Сила коммутируемого тока
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
РЭС-6				
РФО.452.130	2500	5	1 зам+1 разм.	до 6 А
РФО.452.131	1250	21		
РФО.452.132	850	25		
РФО.452.133	550	30		
РФО.452.134	300	42		
РФО.452.135	200	55		
РФО.452.136	125	62		
РЭС-10				
РС4.524.301	4500	8	1 переключающий	до 1 А
РС4.524.302	630	22		
РС4.524.303	120	50		
РС4.524.304	45	80		
РЭС -22				
РФ4.500.125	2800	11	4 переключающих	до 2 А
РФ4.500.129	175	36		
РФ4.500.130	2500	10.5		
РФ4.500.131	650	20		
РФ4.500.163	700	21		
РФ4.500.225	650	19		
РФ4.500.231	700	21		
РЭС-47				
РФ4.500.408	650	26	2 переключающих	5
РФ4.500.409	165	45.5		
РФ4.500.417	650	23		
1	2	3		
РФ4.500.419	165	45.5		до 2 А
РФ4.500.421	39	90		
РЭС-48				
РС4.590.201	600	23	2 переключающих	ДоЗ А
РС4.590.202	100	52		
РС4.590.203	350	30		
РС4.500.204	42	79.5		
РС4.500.205	8000	7.2		
РС4.500.213	600	23		
РС4.500.214	100	52		
РС4.500.215	350	30		
РС4.590.216	42	79.5		

Приложение 5 - Выпрямительные диоды малой и средней мощности

Тип диода	$I_{доп}$, А	Uобр,В

Д229А	0.4	200
Д229Б	0.4	400
Д229В	0.4	100
Д229И	0.7	200
Д229К	0.7	300
Д231А	10	300
Д231Б	5	300
Д242А	10	100
Д242Б	5	100
Д245А	10	300
Д246А	10	400
Д226А	0.3	300
Д226Б	0.3	400
Д226Д	0.3	100
Д206	0.1	100
Д209	0.1	400

Приложение 6 - Проволочные резисторы типа ПЭ, ПЭВ.

Тип резистора	$P_{ном}$, Вт	Диапазон номиналов
ПЭ-7.5	7,5	3 Ом... 5,1 кОм
ПЭ-15	15	3 Ом... 5,1 кОм
ПЭ-20	20	2,40м... 5,1 кОм
ПЭ-25	25	4,7 Ом... 5,6 кОм
ПЭ-50	50	1 Ом... 16 кОм
ПЭ-75	75	1 Ом... 30 кОм
ПЭ-150	150	1 Ом... 51 кОм
ПЭВ -2.5	2.5	43 Ом... 430 Ом
ПЭВ-3	3	1 Ом... 3,3 кОм
ПЭВ - 7,5	7,5	1,80 Ом... 10 кОм
ПЭВ - 10	10	3,90 Ом... 15 кОм
ПЭВ -15	15	4,70 Ом... 20 кОм
ПЭВ -20	20	10 Ом... 24 кОм
ПЭВ -25	25	10 Ом... ЗО кОм
ПЭВ - 30	30	18 Ом... 51кОм
ПЭВ -40	40	18 Ом... 51 кОм
ПЭВ -50	50	47 Ом... 56 кОм
ПЭВ - 75	75	47 Ом... 56 кОм
ПЭВ .-100	100	47 Ом... 56 кОм
ПЭВР-10	10	3 Ом... 220 Ом
ПЭВР -15	15	5,1 Ом... 220 Ом
ПЭВР -20	20	10 Ом... 430 Ом
ПЭВР -25	25	10 Ом... 510 Ом
ПЭВР -30	30	15 Ом... 1 кОм
ПЭВР - 50	50	22 Ом... 1,5кОм
ПЭВР -100	100	47 Ом... 2,7 кОм

Примечание. В цепях с повышенной мощностью (в блоках питания и др.) обычно применяются проволочные резисторы типов ПЭ (проволочные эмалированные), ПЭВ (проволочные эмалированные влагостойкие) и регулируемые - ПЭВР. Для указанных типов резисторов $T_{ном}$ = 40 °С, а $T_{мах}$= 155 ° С.

Приложение 7 - Характеристика резисторов.

Класс точности	I	II	III
Допускаемое отклонение	-5%	- 10%	- 20%
Номинальные сопротивления Ом, кОм , МОм	1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1	1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,75; 5,6; 6,8; 8,2	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8.

Приложение 8 – Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт (по данным Интерэлектро)

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, $мин^{-1}$	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		пускового	максимального	минимального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
АИР56В2У3	0,25	2720	0,73	68	0,78	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63А2У3	0,37	2730	0,91	72	0,86	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63В2У3	0,55	2730	0,31	75	0,85	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР71А2У3	0,75	2820	1,75	78,5	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР71В2У3	1,1	2800	2,55	79	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР80А2У3	1,5	2850	3,31	81	0,85	7,0	2,1	2,2	1,6
АИР80В2У3	2,2	2850	4,63	83	0,87	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР90L2У3	3,0	2850	6,13	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100S2У3	4,0	2850	7,94	87	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР100L2У3	5,5	2850	10,7	88	0,89	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР112М2У3	7,5	2900	14,8	87,5	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР132М2У3	11	2910	21,0	88	0,90	7,5	1,6	2,2	1,2
АИР160S2У3	15	2910	28,5	90	0,89	7,0	1,8	2,7	1,7
АИР160М2У3	18,5	2910	34,5	90,5	0,90	7,0	2,0	2,7	1,8
АИР180S2У3	22	2920	41,5	90,5	0,89	7,0	2,0	2,7	1,9
АИР180М2У3	30	2920	55,5	91,5	0,90	7,5	2,2	3,0	1,9
АИР200М2У3	37	2940	70,6	91,5	0,87	7,0	1,6	2,8	1,5
АИР200L2У3	45	2940	86,5	92	0,88	7,5	1,8	2,8	1,5

Продолжение приложения 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

АИР225М2У3	55	2940	99,3	92,5	0,91	7,5	1,8	2,6	1,5
АИР250S2У3	75	2940	136	93	0,90	7,5	1,8	3,0	1,6
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
АИР63А4У3	0,25	1320	0,83	68	0,67	5,0	2,1	2,2	1,8
АИР63В4У3	0,37	1320	1,18	68	0,70	5,0	2,1	2,2	1,8
АИР71А4У3	0,55	1360	1,69	70,5	0,70	5,0	2,3	2,2	1,8
АИР71В4У3	0,75	1360	2,14	73	0,73	5,0	2,2	2,2	1,6
АИР80А4У3	1,1	1395	2,75	75	0,81	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР80В4У3	1,5	1395	3,52	78	0,83	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР90L4У3	2,2	1400	5	81	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6
АИР100S4У3	3,0	1410	6,7	82	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L4У3	4,0	1410	8,5	85	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР112М4У3	5,5	1430	11,4	85,5	086	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S4У3	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	7,5	1,9	2,2	1,6
АИР132М4У3	11	1450	22,0	87,5	0,87	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР160S4У3	15	1455	28,5	90	0,87	7,0	2,0	2,9	1,8
АИР160М4У3	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	1,8
АИР180S4У3	22	1460	42,5	90,5	0,89	7,0	1,7	2,4	1,5
АИР180М4У3	30	1470	56,9	92	0,87	7,0	1,7	2,7	1,5
АИР200М4У3	37	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР200L4У3	45	1470	83,0	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР225М4У3	55	1470	101	93	0,89	7,0	1,7	2,6	1,6
АИР250S4У3	75	1480	138	94	0,89	7,5	1,7	2,5	1,4
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
АИР63В6У3	0,25	860	1,04	59	0,62	4,0	2,0	2,2	1,6
АИР71А6У3	0,37	915	1,31	65	0,65	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР71В6У3	0,55	915	1,74	68,5	0,70	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80А6У3	0,75	920	2,26	70	0,72	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80В6У3	1,1	920	3,05	74	0,74	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР90L6У3	1,5	925	4,2	76	0,72	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L6У3	2,2	945	5,6	81	0,74	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112МА6У3	3,0	950	7,1	81	0,76	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112МВ6У3	4,0	950	9,2	82	0,81	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S6У3	5,5	960	12,3	85	0,80	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР132М6У3	7,5	960	16,5	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР160S6У3	11	970	22,9	88	0,83	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР160М6У3	15	970	31	88	0,85	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР180М6У3	18,5	980	37	89,5	0,85	6,5	1,8	2,4	1,6
АИР200М6У3	22	980	44,7	90	0,83	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР200L6У3	30	975	59,6	90	0,85	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР225М6У3	37	980	72,7	91	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250S6У3	45	980	87	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250М6У3	55	980	105	92,5	0,86	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР280S6У3	75	980	137	92,5	0,90	6,5	1,3	2,2	1,0
Синхронная частота вращения 750 об/мин									
АИР80А8У3	0,25	690	1,04	56	0,65	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80В8У3	0,37	700	1,54	60	0,61	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LA8У3	0,55	700	2,07	64	0,63	4,0	1,8	1,9	1,4

Окончание приложения 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

АИР90LB8У3	0,75	700	2,47	70	0,66	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР100LB8У3	1,1	700	3,32	72	0,70	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР112МА8У3	1,5	705	4,1	76	0,73	5,5	1,6	1,7	1,2
АИР112МВ8У3	2,2	710	6,2	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132S8У3	3,0	710	7,8	79	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132М8У3	4,0	715	10,5	83	0,70	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160S8У3	5,5	710	13,6	83	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160М8У3	7,5	725	11,5	87	0,75	5,5	1,6	2,4	1,4
АИР180М8У3	11	725	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	1,4
АИР200М8У3	15	730	31,2	89	0,82	5,5	1,6	2,2	1,5
АИР200L8У3	18,5	730	39,0	89	0,81	6,0	1,6	,23	1,4
АИР225М8У3	22	730	45,8	90	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР250S8У3	30	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	1,3
АИР250М8У3	37	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	1,4
АИР200S8У3	45	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	1,0
АИР280М8У3	55	725	106	92	0,86	6,0	1,3	2,2	1,0
АИР315S8У3	75	725	141	93	0,87	6,0	1,4	2,2	1,0

Приложение 9 - Силовые тиристоры и симисторы

Тип прибора	Номинальные величины				
	Прямой ток, А	Напряжение, В	Ток утечки, мА	Напряжение управления, В	Ток управления, А
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
Силовые тиристоры серии Т					
Т10	10	50... 1200	5	5	0,2
Т25	25	50...1200	10	5,5	0,2
Т50	50	50...1200	15	7,0	0,3
Т100	100	50... 1200	20	7,0	0,3
Т160	160	50...1200	20	7,0	0,3
Т250	250	100...2200	50	5,0	0,3
Т320	320	100...1600	40	8,0	0,4
Тиристоры малой мощности					
КУ101А-Е	0,075	50... 150	0.3	-	0.015
Д238А-Е	5,0	50...150	20	-	0.35
КУ201А-Л	2,0	25...300	5.0	-	0.2
КУ201А-Н	10	25...400	10	10	0.3
Симисторы					
ТС 10	10	50...800	3	5	0.1
ТС 80	80	50...800	60	7	0.4
ТС 125	125	50...800	60	7	0.4
ТС 160	160	50...800	60	7	0.4

Приложение 10 - Технические данные центробежных электронасосов.

Насос			Электродвигатель			
Тип	$Q_н$, $м^3 \cdot ч^{-1}$	$H_н$, кПа	Тип	$P_{ном}$, кВт	$I_{ном}$, А	k_i
ЭЦВ6-4-90	4	900	ПЭДВ-2-140	2,0	5,1	5,7
ЭЦВ4-4-70	4	700	ПЭДВ-1,6-95	1,6	4,2	5,7
ЭЦВ6-4-130	4	1300	ПЭДВ-2,8-140	2,8	7,0	5,7
ЭЦВ6-4-190	4	1900	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЭЦВ6-6,3-125	6,3	1250	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЭЦВ6-10-50	10	500	ПЭДВ-2,8-140	2,8	7,0	5,7
ЭЦВ6-10-80	10	800	ПЭДВ-4,5-140	4,5	10,5	6,1
ЗЦВ6-10-140	10	1400	ПЭДВ-8-140	8,0	18,5	5,5
ЭЦВ6-10-185	10	1850	ПЭДВ-8-140	8,0	18,5	5,5
ЭЦВ6-10-235	10	2350	ПЭДВ-11-180	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ6-16-75	16	750	ПЭДВ-5,5-140	5,5	13,0	6,1
ЗЦВ8-16-140	16	1400	ПЭДВ-11-140	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ8-25-100	25	1000	ПЭДВ-11-180	11,0	25,0	5,5
ЭЦВ8-25-150	25	1500	ПЭДВ-16-480	16,0	36,0	7,4
ЭЦВ10-63-65	63	650	ПЭДВ-22-230	22,0	47,0	7,4