

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»**

МДК.01.02 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

**Методические указания и контрольные задания для студентов
заочной формы обучения
по специальности 13.02.11**

**«Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханиче-
ского оборудования (по отраслям)»**

2022

Методические указания составлены для студентов заочной формы обучения для специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»

Методические указания содержат тематическое планирование модуля с вопросами для самопроверки, требования к выполнению и оформлению контрольной работы, варианты контрольных заданий, а также перечень экзаменационных вопросов по МДК.01.02 Электрические аппараты.

Составитель:

Кудряшова Т.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум».

Рассмотрено методическим советом ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Протокол № ____ от « ____ » _____ 2022 г.

Председатель _____ /Е.В. Снежкова/

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО КУРСА	8
1. Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах	9
2. Электромеханические аппараты автоматики	11
3. Электрические аппараты распределительных устройств напряжением до 1000В	11
4. Электрические аппараты распределительных устройств напряжением выше 1000В	12
5. Применение и выбор электрических аппаратов управления и защиты	14
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	15
Методические указания к заданию 1 Выбор плавких вставок предохранителей	15
Методические указания к заданию 2 Выбор расцепителей автоматических выключателей	17
Методические указания к заданию 3 Выбор тепловых реле магнитных пускателей	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А Индивидуальные задания для контрольной работы	21
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Список рекомендуемых источников информации	26
ПРИЛОЖЕНИЕ В Технические данные предохранителей	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Технические данные автоматических выключателей	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Технические данные тепловых реле	31

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебный курс МДК.01.02 Электрические аппараты профессионального модуля ПМ.01 «Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования» является частью профессионального цикла основной профессиональной образовательной программы по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

Одним из основных учебных курсов, формирующих знания по специальности 13.02.11, является МДК.01.02 Электрические аппараты. Программа данного курса предусматривает изучение физические принципы работы, конструкции, технические характеристики, области применения электрических аппаратов.

Преподавание МДК.01.02 Электрические аппараты имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными дисциплинами и профессиональными модулями: ОП.05 «Материаловедение», ОП.06 «Информационные технологии в профессиональной деятельности», ОП.08 «Охрана труда», ОП.09 «Безопасность жизнедеятельности», ОП.10 «Основы энергосбережения», ПМ.02 «Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов», ПМ.04 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих».

Изучение МДК.01.02 «Электрические аппараты» предполагает подготовку будущих специалистов для работы на предприятиях региона. Кроме того, знания, полученные по курсу, позволяют расширить знания по другим смежным дисциплинам и модулям.

Изучение учебного курса предусматривает самостоятельную подготовку студентов с целью овладения теоретическими знаниями и практическими навыками.

Программой предусмотрено выполнение контрольной работы (приложение А), практических заданий, а также сдача экзамена (приложение Б). К экзамену допускаются студенты, получившие «зачет» по контрольной, лабораторным и практическим работам. Практические и лабораторные работы выполняются во время экзаменационных сессий под руководством преподавателя, а контрольная работа – в межсессионный период самостоятельно.

В результате изучения профессионального модуля студент должен освоить основной вид деятельности Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования и соответствующие ему общие компетенции и профессиональные компетенции:

1.1.1. Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ОК 11	Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере

1.1.2. Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ВД 1	Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.1.	Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.2.	Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.3.	Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

1.1.3. В результате освоения МДК.01.02 Электрические аппараты студент должен:

Иметь практический опыт	- выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования; - использования основных измерительных приборов;
уметь	- определять электроэнергетические параметры электрических машин; - оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования
знать	- классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли; - физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; - условия эксплуатации электрооборудования;

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для студента-заочника основным методом изучения учебного курса является самостоятельная работа с источником информации. Учеба должна быть систематической и проводиться по индивидуальному плану, составленному самим заочником в соответствии с учебным графиком.

Нельзя ничего оставлять непонятным при изучении курса; если самому преодолеть затруднения не удастся, необходимо обратиться за консультацией к преподавателю. Серьезное внимание должно быть уделено вопросам для самопроверки, а так же методическим указаниям, помещенных в настоящем пособии.

Цель контрольной работы

Целью контрольной работы является развитие у студентов самостоятельного творческого мышления. Знание и понимание раздела МДК.01.05 Электрический привод, умение применять свои знания на практике, а главное, самостоятельное творческое мышление студента наиболее полно выявляется при решении им специально подобранных задач. Поэтому для каждого студента умение решать задачи является одним из главных требований при изучении МДК.

К решению каждой задачи контрольной работы следует приступать только после изучения соответственного раздела теоретического курса в объеме учебной программы по одному из рекомендованных в ней источников информации.

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы.

1. Студенты специальности 13.02.11 выполняют одну домашнюю контрольную работу.
2. Номер варианта соответствует ПОРЯДКОВОМУ НОМЕРУ в журнале теоретического обучения.
3. Контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради или на формате А4, на обложке должны быть написаны: название контрольной работы, фамилия, имя, отчество рецензента и студента.
4. На каждой странице должны быть оставлены поля шириной не менее 3 см. для замечаний рецензента, а в конце 2-3 страницы для рецензии и работы над ошибками. При оформлении контрольной работы студент не должен пользоваться красными или зелеными чернилами, что затрудняет работу рецензента.
5. Приступая к решению задачи, студент должен изучить ее условие; уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми; записать условие задачи полностью без сокращений; вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи. Контрольное задание выполняется пастой синего (черного) цвета, графическая часть задания (схемы) – карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем необходимо пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ГОСТами.
6. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями.
7. Текст, формулы, числовые выкладки должны быть четкими без помарок. Цифровая подстановка в уравнении должна даваться один раз без промежуточных со-

кращений и расчетов. Численное значение каждого символа должно обязательно занимать то же место в формуле, что и сам символ. Все расчеты необходимо вести в системе СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только возле окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 120 В, 13 А, 100 Вт.

8. В конце контрольной работы необходима подпись автора и дата выполнения работы и список литературы, которым пользовался студент при выполнении домашней контрольной работы.

9. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан исправить ошибки, указанные преподавателем, и представить его на повторную рецензию. При возникновении затруднений при выполнении контрольной работы, студент может обратиться в техникум, для получения консультации.

10. Контрольная работа, выполненная не в полном объеме, не по заданному варианту, небрежно, неразборчивым почерком возвращаются студенту без рецензии, с указанием причин возврата на титульном листе.

11. Студенты, не сдавшие на проверку до начала сессии соответствующих решенных контрольных заданий и не имеющих зачет по практическим работам к сдаче зачета не допускаются.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО КУРСА

2.1 Структура МДК.01.02 Электрические аппараты

Наименование разделов и тем	Макс. нагрузка	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		Всего	в том числе		
			Лабораторные занятия	Практические занятия	
Тема 1 Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах	21	1			20
Тема 2 Электромеханические аппараты автоматики	19	3	2		16
Тема 3 Электрические аппараты распределительных устройств напряжением до 1000 В	36	6		4	30
Тема 4 Электрические аппараты распределительных устройств напряжением выше 1000 В	23	1			22
Тема 5 Применение и выбор электрических аппаратов управления и защиты	15	3	2		12
Консультация	2	2			2
Подготовка к промежуточной аттестации	2				2
Итого:	118	16	4	4	102

Таблица 2 - Перечень практических занятий

№ темы	Темы практических работ	Кол-во часов
3	Расчет и выбор предохранителей.	2
3	Расчет и выбор автоматических выключателей.	2
	Итого	4

Таблица 3 – Перечень лабораторных работ

№ темы	Темы лабораторных работ	Кол-во часов
2	Изучение устройства и принципа работы реле времени.	2
5	Изучение устройства и принципа работы магнитного пускателя	2
	ИТОГО	4

2.2 Содержание учебного курса

Тема 1 Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах

Понятие, классификация и принцип действия электрических аппаратов. Назначение и роль электрических аппаратов в автоматизации производства. Современное состояние отечественной и зарубежной аппаратуры и тенденции развития.

Тепловые процессы в электрических и магнитных цепях: Потери в проводниках с током в электрических и магнитных цепях. Нагрев и охлаждение проводника во времени. Уравнение теплового баланса. Нагрев и охлаждение при продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременных режимах.

Нагрев однородного проводника при коротком замыкании. Нагрев изолированных проводников. Нагрев катушек. Допустимая температура нагрева. Термическая стойкость аппарата. Измерение температуры нагрева.

Электромагнитные взаимодействия в электрических аппаратах: Понятие, функциональное назначение магнитных цепей., Виды и элементы магнитных цепей. Схемы замещения. Проводимость воздушных зазоров. Расчет магнитных цепей: однородных, с воздушным зазором, разветвленных, с учетом и без учета потоков рассеяния. Коэффициент рассеяния. Расчет магнитной цепи при переменном токе. Постоянные магниты, их характеристики.

Основные понятия об электромагнитных механизмах. Классификация электромагнитных механизмов. Определение энергии и индуктивности магнитного поля. Работа, производимая якорем при перемещении. Вычисление сил и моментов электромагнита. Электромагниты переменного тока. Дребезг якоря и способы его устранения. Катушка электромагнитов. Механические характеристики аппарата. Статические и динамические тяговые характеристики электромагнитов. Замедление и ускорение действия. Поляризованные электромагнитные системы.

Электродинамические усилия (ЭДУ) в электрических аппаратах: Основы расчета ЭДУ в электрических аппаратах. Расчет электродинамических усилий по взаимодействию проводника с током и магнитным полем, по изменению запаса электромагнитной энергии контура.

Расчет электродинамических усилий между параллельными, взаимоперпендикулярными проводниками. Расчет ЭДУ в круговом витке и между витками. ЭДУ в проводниках переменного сечения. Силы взаимодействия между проводником с током и ферромагнитной массой. Действие ЭДУ в цепях переменного тока.

Физические явления в электрических контактах: Поверхность соприкосновения. Типы контактов. Переходное сопротивление. Основные конструкции контактных соединений. Параметры контактных соединений. Износ контактов при замыкании и размыкании. Дребезг контактов. Способы компенсации электродинамических усилий в контактах. Материалы для контактных соединений.

Процессы в дуговом промежутке. Вольт-амперные характеристики электрической дуги. Условие гашения электрической дуги постоянного тока. Особенности горения и гашения электрической дуги переменного тока. Восстановление электрической прочности дугового промежутка.

Способы гашения электрической дуги. Магнитное гашение. Способы создания магнитного поля дугогашения. Гашение дуги в продольных щелях. Гашение дуги в дугогасительной решетке. Гашение дуги высоким давлением. Гашение дуги в вакууме.

Гашение дуги в среде элегаза Пламя дуги и борьба с ним. Бездуговая коммутация цепей.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение электрического аппарата
2. Перечислите области применения электрических аппаратов.
3. Какие процессы положены в основу функционирования аппарата.
4. Приведите классификацию аппаратов
5. Назовите основные требования, предъявляемые к аппаратам.
6. Назовите основные материалы, применяемые в аппаратостроении.
7. Дайте определение электрического контакта.
8. Как Вы понимаете понятие «термическая стойкость»
9. Дайте определение понятия «надежность»
10. Охарактеризуйте понятие «работоспособность».
11. Охарактеризуйте понятие «безотказность»
12. Охарактеризуйте понятие «ремонтпригодность»
13. Охарактеризуйте понятие «долговечность»
14. Охарактеризуйте понятие «срок службы»
15. Перечислите и охарактеризуйте группы контактов по возможному перемещению частей контакта относительно друг друга.
16. Дайте определение переходного сопротивления контакта.
17. Назовите факторы, влияющие на переходное сопротивление контакта. Поясните их влияние.
18. Назовите основные конструкции контактов и области их применения. Приведите примеры
19. Что Вы понимаете под износом контактов.
20. Перечислите факторы, влияющие на износ. Поясните их влияние.
21. Расскажите о дребезге контактов и способах борьбы с ним.
22. Охарактеризуйте материалы, применяемые для контактных соединений.
23. Поясните причины возникновения дуги.
24. Дайте характеристику способов гашения дуги
25. Расскажите о влиянии контактов и контактных соединений на работу электроаппаратов
19. Что представляет собой магнитная цепь?
20. Перечислите и охарактеризуйте виды магнитных цепей
21. Какова конструкция магнитных цепей?
22. Перечислите основные требования, предъявляемые к катушкам электромагнитов
23. Что представляет собой постоянный магнит. Каково его назначение и область применения?
24. Что понимают под старением магнитов. Какие виды старения магнитов Вы знаете?
25. Дайте определение электромагнита.
26. Приведите классификацию электромагнитов
27. Как может быть достигнуто замедление или ускорение электромагнита.
28. Охарактеризуйте режимы работы электрических аппаратов.
29. Охарактеризуйте три вида передачи теплоты – теплопроводность, конвекцию, тепловое излучение.

30. Расскажите о потерях в деталях электрических аппаратов.
31. Поясните, чем определяется допустимая температура нагрева частей аппаратов.

Тема 2 Электромеханические аппараты автоматики

Электромеханические реле: Основные термины и определения: уставка по характеристической величине; срабатывание и возврат реле; коэффициенты возврата, запаса; тяговая характеристика.

Электромагнитные реле для промышленных автоматических устройств. Электромагнитные реле защиты. Поляризованные электромагнитные реле.

Магнитоуправляемые герметизированные контакты (герконы) и герконовые реле. Индукционные реле

Применение реле в схемах управления, защиты и автоматики.

Электромеханические датчики и требования, предъявляемые к ним: Классификация датчиков. Пассивные датчики. Активные датчики

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение реле.
2. Какие типы реле Вы знаете?
3. Чем отличается электрическое измерительное реле от электрического логического реле?
4. Что такое коэффициент возврата реле?
5. Какое электрическое реле называется электромагнитным?
6. Расскажите об устройстве и принципе работы измерительного реле прямого действия (реле мгновенного действия РТМ)
7. Расскажите об устройстве и принципе работы измерительного реле прямого действия (реле с выдержкой времени РТВ).
8. Расскажите об устройстве и принципе работы измерительного реле косвенного действия (РТ- 40 или РТ – 80)

Тема 3 Электрические аппараты распределительных устройств напряжением до 1000 В

Основные понятия. Функциональное назначение аппаратов управления, защиты и автоматики. Конструкция катушек электромагнитов. Сила тяги электромагнита. Коэффициент возврата. Время срабатывания электромагнита.

Предохранители Методика выбора плавких вставок предохранителей.

Типы выключателей: кнопочные, универсальные, путевые, конечные. Конструкция и принцип работы аппаратов ручного управления: выключателей, рубильников, переключателей, пакетных выключателей, контроллеров, командоаппаратов

Аппараты тепловой, температурной и токовой защиты: Аппараты тепловой защиты. Аппараты температурной защиты. Аппараты токовой защиты

Категории контакторов: контакторы постоянного и переменного тока; контакторы с бездуговой коммутацией. Конструкция и принцип работы аппаратов дистанционного управления: электромагнитных контакторов, магнитных пускателей.

Автоматические выключатели: Токоограничение в автоматических выключателях. Устройство универсального автоматического выключателя. Расцепители. Разно-

видности автоматических выключателей. Методика выбора уставок расцепителей автоматических выключателей.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о назначении и об устройстве низковольтных предохранителей.
2. Поясните принцип работы предохранителя.
3. Перечислите и поясните на примере условия выбора предохранителя.
4. Какую форму имеет плавкая вставка в предохранителях типов ПР и ПН? Для какой цели принята такая форма?
5. Расскажите о назначении, устройстве и принципе работы предохранителя-выключателя.
6. Расскажите о назначении и об устройстве неавтоматических выключателей (рубильник и пакетные выключатели и переключатели).
7. Поясните принцип работы пакетного выключателя.
8. Расскажите о назначении и об устройстве однополюсного установочного автомата марки АБ 25.
9. Поясните принцип работы автомата АБ 25.
10. Сравните выключатель и предохранитель.
11. Расскажите о назначении и об устройстве автоматического выключателя серии АЕ.
12. Поясните принцип работы автомата АЕ.
13. Перечислите и поясните на примере условия выбора автоматов.
14. Расшифруйте условное обозначение АЕ-2053М-УЗ.
15. Сравните выключатели марки АЕ и ВА.

Тема 4 Электрические аппараты распределительных устройств напряжением выше 1000 В

Выключатели высокого напряжения: Назначение и классификация аппаратов высокого напряжения. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним. Основные параметры выключателей высокого напряжения

Назначение, устройство и области применения воздушных выключателей. Принцип действия воздушных выключателей и дугогасительные устройства. Элегазовые выключатели: Физико-химические свойства элегаза. Дугогасительные устройства. Конструкции элегазовых выключателей. Характеристики и маркировки. Приводы выключателей.

Назначение, области применения масляных выключателей. Принцип действия и дугогасительные устройства. Конструкции масляных выключателей. Характеристики и маркировки. Приводы выключателей. Выбор и проверка выключателей напряжением 1...220 кВ

Назначение, области применения электромагнитных выключателей. Назначение, области применения вакуумных выключателей. Физические основы существования дуги в вакууме. Конструкции вакуумных выключателей.

Назначение, области применения, устройство, основные технические характеристики, принцип работы и основные элементы конструкции разъединителей, токоограничивающих реакторов, разрядников, ограничителей перенапряжения. Приводы

разъединителей. Выбор и проверка разъединителей, отделителей, короткозамыкателей. Выбор и проверка реакторов

Назначение, области применения, устройство, основные технические характеристики, принцип работы схемы включения, режим работы, погрешности, классы измерительных трансформаторов высокого напряжения. Характеристики и маркировка.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите классификацию электрических аппаратов высокого напряжения по функциональному признаку.
2. Дайте пояснение коммутационного аппарата
3. Какие способы гашения дуги применяются в аппаратах выше 1 кВ?
4. Каково назначение масла в масляных баковых и маломасляных выключателях?
5. В чем заключаются достоинства вакуумных выключателей по сравнению с масляными и воздушными?
6. Расскажите о назначении и устройстве масляных выключателей ВМП 10.
7. Поясните принцип работы выключателя ВМП-10.
8. Чем осуществляется гашение дуги в воздушных и элегазовых выключателях?
9. Расскажите о процессе гашения дуги с помощью минерального масла.
10. Расскажите о назначении и об устройстве трехполюсного разъединителя РВ-10/600 .
11. Поясните принцип работы разъединителя РВ- 10/600 .
12. Расскажите о назначении и об устройстве высоковольтных предохранителей.
13. Поясните принцип работы предохранителя.
14. Перечислите и поясните на примере условия выбора предохранителя.
15. Какую форму имеет плавкая вставка в предохранителях.? Для какой цели принята такая форма?
16. Расскажите о назначении, устройстве и принципе работы предохранителя с автогазовым гашением дуги.
17. Расскажите о назначении и об устройстве вентильного разрядника.
18. Поясните принцип работы вентильного разрядника РВС.
19. Сколько витков имеет вторичная обмотка одновиткового трансформатора тока с коэффициентом трансформации 600/5?
20. Как изменятся погрешности трансформатора тока, если вторичная нагрузка увеличится вдвое по сравнению с номинальной?
21. Почему в схемах контроля изоляции нельзя применять трехфазные трехстержневые трансформаторы напряжения?
22. . Чем отличаются однофазные трансформаторы напряжения
23. ЗНОМ-35 от НОМ-35?
24. Дайте определение реактора.
25. Приведите классификацию реакторов.
26. Устройство бетонного сухого реактора.
27. Назначение фильтровых (сглаживающих) реакторов.
28. Назначение заземляющих реакторов.
29. Назначение шунтирующих реакторов.

Тема 5 Применение электрических аппаратов управления и защиты

Аварийные режимы в цепях и способы защиты: Способы и эффективность защиты электрических цепей и потребителей. Особенности сетей 0.4 кВ. Основные технические параметры электрических аппаратов управления и защиты.

Низковольтные комплектные устройства: Общие сведения о низковольтных комплектных устройствах. Режимы работы низковольтных комплектных устройств. Выбор габаритных размеров низковольтных комплектных устройств.

Методика выбора контакторов и магнитных пускателей для управления и защиты электрических двигателей

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение контактора.
2. Приведите классификацию контакторов.
3. Поясните причину широкого применения электромагнитных контакторов.
4. Перечислите основные требования, предъявляемые к контакторам.
5. Расскажите и поясните назначение основных элементов, из которых состоят контакторы.
6. Расскажите о назначении и об устройстве контактора типа КТ.
7. Поясните принцип работы контактора типа КТ.
8. Дайте определение магнитного пускателя.
9. Поясните в чем отличие пускателя от контактора.
10. Расскажите об устройстве и принципе работы пускателя.
11. Дайте определение реостата.
12. Назовите виды реостатов в зависимости от назначения.
13. Расскажите об устройстве металлических реостатов с воздушным и масляным охлаждением.
14. Дайте определение контроллера.
15. Какие типы контроллеров Вы знаете? Расскажите об устройстве и принципе работы одного из них.
16. Расскажите о назначении и группах командоаппаратов.
17. Поясните принцип работы одного из командоаппаратов.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Методические указания к заданию 1 Выбор плавких вставок предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (I_p).

$$I_{н.вст} \geq I_p \quad (3.1)$$

и по условию перегрузок пиковыми токами

$$I_{н.вст} \geq \frac{I_n}{\alpha} \quad (3.2)$$

где I_n — пиковый (максимальный кратковременный) ток;

α — коэффициент кратковременной тепловой перегрузки; $\alpha = 2,5$ — для легких пусков с длительностью пуска до 5 с, а также при редких пусках (насосы, вентиляторы, станки и т. п.) и при защите магистрали; $\alpha = 2$ — для тяжелых условий пуска, а также при частых (более 15 раз в час) пусках (краны, дробилки, центрифуги и т. п.); $\alpha = 1,6$ — для ответственных электроприемников.

При выборе предохранителя для одиночного электроприёмника в качестве I_p , принимается его номинальный ток i_n , а в качестве I_n — пусковой ток $i_{пуск}$.

Для линий, питающих группу электроприемников, максимальный пиковый ток определяется:

$$I'_n = I'_{пуск} + I'_p \quad (3.3)$$

где $I'_{пуск}$ — пусковой ток электроприемника или группы одноименно включаемых электроприемников, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины;

I'_p — длительный расчетный ток, определяемый без учета рабочего тока пускаемых электроприемников.

При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_n = I_{пуск\ max} + (I_p - k_u \cdot I_{нп}) \quad (3.4)$$

где $I_{пуск\ max}$ — наибольший пусковой ток электроприемника группы;

I_p — расчетный по нагреву ток группы электроприемников;

$I_{нп}$ — номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током;

k_u — коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I_{н.вст} \geq 1,2 \cdot I_{нс} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (3.5)$$

где $I_{нс}$ — номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения ($ПВ$).

Пример 1 Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 3.1.. Известны номинальная мощность каждого электроприемника: $P_{H1} = 19,6$ кВт; $P_{H2} = 17,3$ кВт; $P_{H3} = 3,2$ кВт, коэффициент мощности каждого потребителя: $\cos \varphi_1 = 0,7$; $\cos \varphi_2 = 0,6$; $\cos \varphi_3 = 0,6$ и коэффициент спроса $K_c = 0,8$

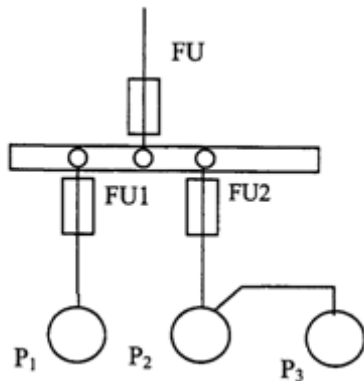


Рисунок 3.1 - Схема распределительной сети

Решение

1. Определяются величины номинального тока.

$$I_{H1} = \frac{P_{H1}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_1} = \frac{19,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 42,59 \text{ A}$$

$$I_{H2} = \frac{P_{H2}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_2} = \frac{17,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 43,86 \text{ A}$$

$$I_{H3} = \frac{P_{H3}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_3} = \frac{3,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 8,11 \text{ A}$$

2. Определяются величины номинального и длительного расчетного тока

$$I_{p1} = K_c \cdot I_{H1} = 0,8 \cdot 42,59 = 34,1 \text{ A}$$

$$I_{p2} = K_c \cdot I_{H2} = 0,8 \cdot 43,86 = 35,1 \text{ A}$$

$$I_{p3} = K_c \cdot I_{H3} = 0,8 \cdot 8,11 = 6,5 \text{ A}$$

3 Длительный расчетный ток магистральной линии (потребители 2 и 3)

$$I'_p = I_{p2} + I_{p3} = 31,5 + 6,5 = 38 \text{ A}$$

- Длительный расчетный ток всей системы

$$I_p = I_{p1} + I_{p2} + I_{p3} = 34,1 + 31,5 + 6,5 = 72,1 \text{ A}$$

4. Для машин постоянного тока кратность пускового тока составляет 3, а для асинхронного двигателя 6-7 Определим пусковой ток $I_{пуск}$.

$$I_{пуск 1} = K_p \cdot I_{н1} = 3 \cdot 42,59 = 127,8 \text{ А}$$

$$I_{пуск 2} = K_p \cdot I_{н2} = 3 \cdot 43,86 = 131,6 \text{ А}$$

$$I_{пуск3} = K_p \cdot I_{н3} = 3 \cdot 8,13 = 24,39 \text{ А}$$

5. При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I_{н2,3} = I_{пуск нб 2,3} + I'_p = 131,6 + 38 = 169,6 \text{ А}$$

$$I_{н 1-3} = I_{пуск нб 1-3} + I_p = 131,6 + 72,1 = 203,7 \text{ А}$$

6. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (I_p).

$$I_{н.вст} \geq I_p$$

и по условию перегрузок пиковыми токами ($\alpha=2,5$ — для легких пусков)

$$I_{н.вст} \geq \frac{I_n}{\alpha}$$

7. При выборе предохранителя для одиночного электроприёмника в качестве I_p , принимается его номинальный ток $I_{н}$, а в качестве I_n — пусковой ток $I_{пуск}$. По [7] табл.2.24 с.81 выбираем предохранители

$$\text{FU1: } I_{н.вст 1} \geq \frac{I_{пуск 1}}{\alpha} = \frac{127,8}{2,5} = 51,1 \text{ А; выбираем ПН 2 –100 при } I_{н.вст 1} = 60 \text{ А}$$

$$\text{FU2: } I_{н.вст 2} \geq \frac{I_{н 2,3}}{\alpha} = \frac{169,6}{2,5} = 67,8 \text{ А; выбираем ПН 2 –100 при } I_{н.вст 2} = 80 \text{ А}$$

$$\text{FU: } I_{н.вст} \geq \frac{I_{н 1-3}}{\alpha} = \frac{203,7}{2,5} = 81,4 \text{ А; выбираем ПН 2 –250 при } I_{н.вст 1} = 120 \text{ А}$$

Методические указания к заданию 2 Выбор расцепителей автоматических выключателей

Номинальные токи расцепителей выбирают по длительному расчетному току линии:

$$I_{н.p} \geq I'_p \quad (3.6)$$

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя ($I_{ср.э}$) проверяется по пиковому току линии $I_{кр}$:

$$I_{ср.э} \geq K_n I_{кр}, \quad (3.7)$$

где K_n —коэффициент надежности отстройки отсечки от пикового тока, учитывающий: наличие апериодической составляющей в пиковом токе; возможный разброс тока срабатывания отсечки относительно уставки; некоторый запас по току. Значения K_n принимаются в зависимости от типа автомата. При отсутствии таких данных можно принять: $K_n = 1,25 \dots 1,5$.

Селективность срабатывания последовательно включенных автоматических выключателей обеспечивается в тех случаях, когда их защитные характеристики не пересекаются. При отсутствии защитных характеристик каждый автомат на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток расцепителя не менее чем на ступень выше, чем предыдущий.

Пример 2 Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 2). $P_1 = 16,1$ кВт; $P_2 = 14,3$ кВт; $P_3 = 7,3$ кВт, $\cos \varphi_1 = 0,8$; $\cos \varphi_2 = 0,8$; $\cos \varphi_3 = 0,6$ $K_c = 0,85$

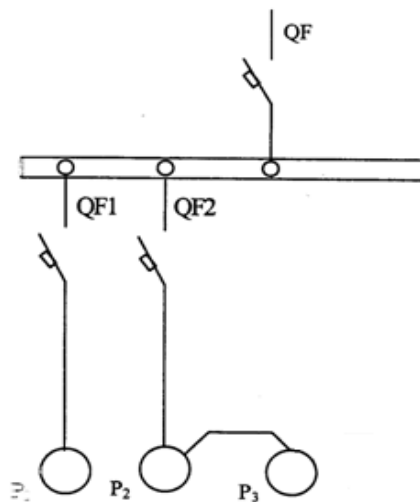


Рисунок 2 - Схема распределительной сети

Решение.

1 Определяем номинальные и длительные расчетные токи

$$I_{n1} = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_1} = \frac{16,1 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 30,6 A; \quad I_{p1} = K_c \cdot I_{n1} = 0,8 \cdot 30,6 = 24,5 A$$

$$I_{n2} = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_2} = \frac{14,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 27,2 A; \quad I_{p2} = K_c \cdot I_{n2} = 0,8 \cdot 27,2 = 21,8 A$$

$$I_{n3} = \frac{P_3}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_3} = \frac{7,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,6} = 18,5 A; \quad I_{p3} = K_c \cdot I_{n3} = 0,8 \cdot 18,5 = 14,8 A$$

2 Длительный расчетный ток магистральной линии 2-3 и всей системы

$$I_{p2-3} = I_{p2} + I_{p3} = 21,8 + 14,8 = 36,6 A$$

$$I_{p\Sigma} = I_{p1} + I_{p2-3} = 24,5 + 36,6 = 61,1 A$$

3 Определим пусковой или максимальный кратковременный ток $i_{пуск}$. Для машин постоянного тока кратность пускового тока составляет 3. а для АД 6-7

$$I_{п1} = K_I \cdot I_{н1} = 3 \cdot 30,6 = 91,8 \text{ А}$$

$$I_{п2} = K_I \cdot I_{н2} = 3 \cdot 27,2 = 81,6 \text{ А}$$

$$I_{п3} = K_I \cdot I_{н3} = 3 \cdot 18,5 = 55,5 \text{ А}$$

4 Пусковой ток магистралей 2- 3 и 1-3 определяется из условий пуска

$$I_{п2-3} = I'_{пуск} + I'_p$$

$$I_{пик2-3} = I_{п2} + I_{п3} = 81,6 + 14,8 = 96,4 \text{ А}$$

$$I_{пик\Sigma} = I_{п1} + I_{п2} + I_{п3} = 91,8 + 21,8 + 14,8 = 128,4 \text{ А}$$

5 Выбираем автоматические выключатели из условия

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}; I_{н.р} \geq I'_p$$

Автомат QF – $I_{н.р.} \geq 61,1 \text{ А}$ выбираем по [7]. С. 82. табл 2.25 А 3134 – 100 с $I_{н.р.} = 63 \text{ А}$. Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{ср. эл.} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске

$$I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot I_{кр} \quad I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot 128,4 = 160,5 \text{ А} \quad 150 \dots 1000 \text{ А} \geq 160,5 \text{ А}$$

Автомат QF1 – $I_{н.р.} \geq 24,5 \text{ А}$ выбираем по [7] А 3114 – 100 с $I_{н.р.} = 31,5 \text{ А}$. Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{ср. эл.} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске

$$I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot I_{кр} \quad I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot 91,8 = 114,8 \text{ А} \quad 150 \text{ А} \geq 114,8 \text{ А}$$

Автомат QF2 – $I_{н.р.} \geq 36,6 \text{ А}$ выбираем по Л1 А 3114 – 100 с $I_{н.р.} = 40 \text{ А}$. Установка на ток мгновенного срабатывания – $I_{ср. эл.} = 150 \dots 1000 \text{ А}$. Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске

$$I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot I_{кр} \quad I_{ср.э} \geq 1,25 \cdot 96,4 = 120,5 \text{ А} \quad 150 \text{ А} \geq 120,5 \text{ А}$$

Методические указания к заданию 3 Выбор тепловых реле магнитных пускателей

Тепловая защита отключает электродвигатель от электрической сети, если вследствие протекания в электрической цепи повышенных токов имеет место более высокий нагрев его обмоток.

Такая перегрузка возникает при увеличении нагрузки на валу электродвигателя или при обрыве одной из фаз трехфазного электродвигателя.

Тепловая защита от перегрузки двигателей может быть осуществлена с помощью тепловых реле, которые устанавливаются в комплекте с электромагнитными пускателями.

Номинальные токи тепловых элементов реле выбирают по длительному расчетному току (I_p) или номинальному току электродвигателя (I_n):

$$I_{н.т.} \geq I_p \text{ или } I_{н.т.} \geq I_n$$

Пример 3 Рассчитать ток электроприемника и выбрать тепловое реле магнитного пускателя. Тип двигателя – 4АС200Л4У3 мощностью 40 кВт, коэффициент мощности $\cos \varphi_n = 0,93$, КПД двигателя 89 %, продолжительность включения ПВ = 40 %

Решение

1 Определяем номинальный и длительный токи двигателя

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta} = \frac{40 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,93 \cdot 0,89} = 73,5 \text{ A};$$

2 Определяются данные и выбирается тепловое реле для линии с электродвигателем

$$I_{н.т.} \geq 1,25 \cdot I_{дл} = 1,25 \cdot 46,5 = 58,1 \text{ A}$$

Выбираем РТЛ-80, $I_{ср.} = 60 \text{ A}$, диапазон (54 ÷ 66)
А

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Индивидуальные задания для контрольной работы

Защита электрических сетей и электроприёмников напряжением до 1 кВ

Задание 1 Выбор плавких вставок предохранителей.

Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 3.

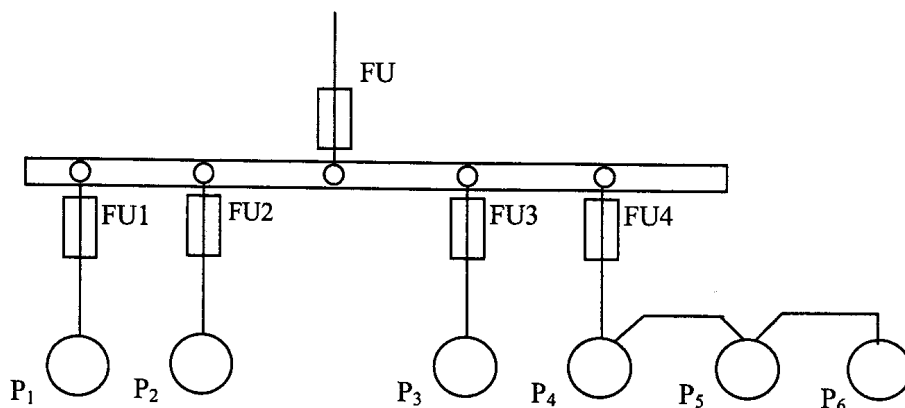


Рис. 3 - Схема распределительной сети

Таблица 6 - Исходные данные к заданию 1

№ вар	P ₁ , кВт	P ₂ , кВт	P ₃ , кВт	P ₄ , кВт	P ₅ , кВт	P ₆ , кВт	Cos φ ₁	Cos φ ₂	Cos φ ₃	Cos φ ₄	Cos φ ₅	Cos φ ₆	K _c
1	19,6	17,3	3,7	4,3	11,0	9,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,80
2	18,1	14,0	7,3	2,5	16,0	21,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,80
3	13,0	19,3	9,2	4,3	7,8	5,9	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
4	7,3	14,2	7,0	2,1	23,2	4,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,85
5	9,2	7,3	1,1	0,75	14,5	28,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
6	4,0	13,5	7,2	3,0	9,8	19,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	0,80
7	17,5	9,2	3,0	2,2	7,3	8,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,80
8	3,5	7,1	5,3	2,3	6,1	19,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,80
9	8,4	1,3	7,5	4,0	14,6	3,4	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,80
10	11,6	25,3	3,6	0,75	9,3	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,85
11	10,3	16,1	7,4	3,1	4,9	9,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,8	0,85
12	17,1	6,3	0,75	0,75	5,7	20,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85
13	4,0	9,3	2,8	1,7	17,1	14,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,80
14	12,8	7,3	4,1	0,8	19,3	6,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,80
15	14,5	14,5	10,0	4,1	7,5	2,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,80
16	4,3	11,0	9,3	19,6	17,3	3,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,85
17	2,5	16,0	21,0	18,1	14,0	7,3	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,85
18	4,3	7,8	5,9	13,0	19,3	9,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,85
19	2,1	23,2	4,5	7,3	14,2	7,0	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,80
20	0,75	14,5	28,0	9,2	7,3	1,1	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	0,6	0,80
21	3,0	9,8	19,3	4,0	13,5	7,2	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,80
22	2,2	7,3	8,4	17,5	9,2	3,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,80

23	2,3	6,1	19,5	3,5	7,1	5,3	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,85
24	4,0	14,6	3,4	8,4	1,3	7,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,85
25	0,75	9,3	2,2	11,6	25,3	3,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
26	3,1	4,9	9,5	10,3	16,1	7,4	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,80
27	0,75	5,7	20,4	17,1	6,3	0,75	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,6	0,80
28	1,7	17,1	14,0	4,0	9,3	2,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,80
29	0,8	19,3	6,5	12,8	7,3	4,1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,85
30	4,1	7,5	2,8	14,5	14,5	10,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,85

Критерии оценивания задания 1

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	5
Определены номинальные и длительные расчетные токи	10
Определены длительный расчетный ток магистральной линии и всей системы	2
Определены пусковой ток каждого электроприемника	5
Рассчитан пиковый ток магистралей	2
Выбор аппаратов защиты	5
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	34

Задание 2 Выбор расцепителей автоматических выключателей

Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 4).

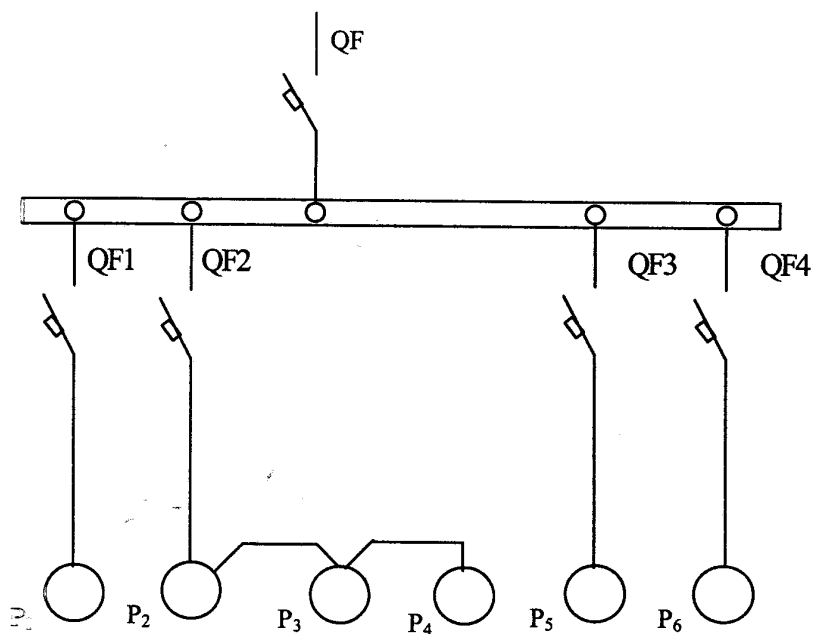


Рисунок 4 - Схема распределительной сети

Таблица 7 - Исходные данные к заданию 2

№ вар.	P ₁ , кВт	P ₂ , кВт	P ₃ , кВт	P ₄ , кВт	P ₅ , кВт	P ₆ , кВт	cosφ ₁	cosφ ₂	cosφ ₃	cosφ ₄	cosφ ₅	cosφ ₆	K _c
1	16,1	14,3	7,3	2,2	21,3	9,2	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85
2	3,8	14,0	2,7	4,0	18,5	3,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,80
3	12,5	10,3	7,5	1,1	5,2	4,0	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,85
4	1,9	7,3	0,73	0,73	19,3	22	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,80
5	19,0	7,5	4,0	2,2	13,0	5,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85
6	4,2	23,1	2,0	2,0	4,9	9,1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
7	13,3	12,0	2,2	1,1	4,9	8,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,80
8	10,0	7,8	2,7	0,75	3,8	2,2	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,80
9	23,0	3,0	8,3	0,3	4,8	11,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,80
10	9,3	10,0	3,2	0,75	5,5	18,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,80
11	7,3	13,5	7,5	3,0	13,0	2,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,85
12	14,5	7,5	3,0	0,75	3,5	18,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,85
13	10,2	8,5	4,0	0,9	18,0	3,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,85'
14	8,4	12,6	7,7	3,0	18,5	7,3	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,80
15	15,8	11,0	4,8	2,2	3,9	19,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,85
16	14,3	7,3	2,2	21,3	16,1	14,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,85
17	14,0	2,7	4,0	18,5	3,8	14,0	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,80
18	10,3	7,5	1,1	5,2	12,5	10,3	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,85
19	7,3	0,73	0,73	19,3	1,9	7,3	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,85
20	7,5	4,0	2,2	13,0	19,0	7,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,80
21	23,1	2,0	2,0	4,9	4,2	23,1	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,6	0,80
22	12,0	2,2	1,1	4,9	13,3	12,0	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,80
23	7,8	2,7	0,75	3,8	10,0	7,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,80
24	3,0	8,3	0,3	4,8	23,0	3,0	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,85
25	10,0	3,2	0,75	5,5	9,3	10,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,85
26	13,5	7,5	3,0	13,0	7,3	13,5	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,85'
27	7,5	3,0	0,75	3,5	14,5	7,5	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,80
28	8,5	4,0	0,9	18,0	10,2	8,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,85
29	12,6	7,7	3,0	18,5	8,4	12,6	0,9	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	0,85
30	11,0	4,8	2,2	3,9	15,8	11,0	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,80

Критерии оценивания задания 2

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	5
Определены номинальные и длительные расчетные токи	10
Определены длительный расчетный ток магистральной линии и всей системы	2
Определены пусковой ток каждого электроприемника	5
Рассчитан пиковый ток магистралей	2
Выбор аппаратов защиты	5
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	34

Задание 3 Выбор тепловых реле магнитных пускателей

Рассчитать ток и выбрать уставки тепловых реле магнитных пускателей для защиты электродвигателей от перегрузки.

Таблица 8 - Технические данные электродвигателей

№ варианта	Тип электродвигателя	P_n , кВт	$\cos\varphi_n$	η_n , %
1	4A71A4Y3	0,55	0,70	70,5
2	4A71B4Y3	0,75	0,73	72,0
3	4A80A4Y3	1,10	0,81	75,0
4	4A80B4Y3	1,50	0,83	77,0
5	4A90L4Y3	2,20	0,83	80,0
6	4A100S4Y3	3,00	0,83	82,0
7	4A100L4Y3	4,00	0,84	84,0
8	4A132S4Y3	7,50	0,86	87,5
9	4A132M4Y3	11,00	0,87	87,5
10	4A160S4Y3	15,00	0,88	88,5
11	4A160M4Y3	18,50	0,88	89,5
12	4A180S4Y3	22,00	0,90	90,0
13	4A180M4Y3	30,00	0,89	91,0
14	4A200M4Y3	37,00	0,90	91,0
15	4A200L4Y3	45,00	0,90	92,0
16	AIP71A2Y3	0,75	0,83	78,5
17	AIP71B4Y3	0,75	0,76	73,0
18	AIP90L6Y3	1,50	0,72	76,0
19	AIP80A4Y3	1,10	0,81	75,0
20	AIP90LB6Y3	1,10	0,70	72,0
21	AIP100S4Y3	3,00	0,83	82,0
22	AIP100L4Y3	4,00	0,84	85,0
23	AIP132M6Y3	7,50	0,81	85,5
24	AIP160S6Y3	11,00	0,83	88,0
25	AIP180M8Y3	15,00	0,82	89,0
26	AIP160M4Y3	18,50	0,89	90,5
27	AIP180S2Y3	22,00	0,89	90,5
28	AIP200L6Y3	30,00	0,85	90,0
29	AIP250S8Y3	37,00	0,78	92,5
30	AIP250M8Y3	45,00	0,79	92,5

Критерии оценивания задания 3

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	2
Определен номинальный ток	1
Выбор теплового реле	1
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	7

Итоговая оценка за выполненную контрольную работу выставляется в соответствии с универсальной шкалой оценивания

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Качественная оценка индивидуальных образова- тельных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	68 - 75	5	отлично
80 ÷ 89,9	60 - 67	4	хорошо
70 ÷ 79,9	52 - 59	3	удовлетворительно
менее 70	менее 52	2	не удовлетворительно

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Список рекомендуемых источников информации

Основные источники:

1. Девочкин О.В. Электрические аппараты: учебник / О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В. Меркулов, Е.Н. Смолин. – М.: Академия, 2015. – 402с.

Дополнительные источники

1. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам: учебное пособие. / М.М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2017. - 480с.
2. Электронный ресурс «Библиотека электроэнергетика» Форма доступа: <http://elektroinf.narod.ru/>
3. Электронный ресурс «Глоссарий». Форма доступа: www.glossary.ru
4. Электронный ресурс «Публичная интернет-библиотека. Специализация: отечественная периодика». Форма доступа: www.public.ru
5. Электронный ресурс «Энергетика. Электротехника. Связь. Первое отраслевое электронное СМИ ЭЛ № ФС77-70160» Форма доступа <https://www.ruscable.ru/info/pue/>

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Технические данные предохранителей

Таблица В.1 - Технические данные предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Характеристика предохранителя
ПР-2	15	6,10,15	Трубчатый, с закрытым неразборным патроном, без наполнителя, токоограничивающий
	60	15,20,25,35, 45,60	
	100	60,80, 100	
	200	100, 125, 160 200	
	350	200, 225, 260 300, 350	
	600	350, 430, 500 600	
	1000	600, 700, 850 1000	
НПН-2	15	6, 10; 15	Трубчатый, с закрытым неразборным патроном с наполнителем, безынерционный
	60	15,20,25,35, 45, 60	
ПН-2	100	30, 40, 50, 60 80, 100	Фарфоровый насыпной (наполнитель – кварцевый песок)
	250	80, 100, 120, 150 200, 250	
	400	200, 250, 300, 350, 400	
	600	300, 400, 500 600	
	1000	500, 600, 750, . 800, 1000	
ПНБ-3	100	63, 100	Трубчатый, с закрытым патроном, с наполнителем, быстродействующий.
	150	150	
	200	200	
	300	250, 300	

	500	400, 500	
ПНБ-5	100	40,63,100	
	250	160, 250	
	400	315,400	
	630	500,630	

Таблица В.2 – Трубчатые предохранители с закрытыми патронами

Тип	U _{ном} , В	I _{ном} плавкой вставки, А	I _{пред} отключаемый, кА при U переменного тока	
			380 В	500 В
НПН2-60	~380; -220	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63	10	-
ПН2-100	~380*; -220	30; 40; 50; 60; 80; 100	100	50
ПН2-250		80; 100; 120; 150; 200; 250	100	50
ПН2-400		200; 250; 300; 400	40	25
ПН2-600		300; 400; 500; 600	25	25
ПП17-39 (1000)	~380*; -220	500; 630; 800; 1000	120	64
ПП18-33 (160)	~660; -440	50; 63; 80; 100; 125; 160	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Технические данные автоматических выключателей

Таблица Г.1 - Технические данные автоматических выключателей

Серия автомата	Число полюсов	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя $I_{н.р}$, А	Пределы тока мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А
АП-50	2, 3	50	1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16 25;40;50	11-350
АЕ-1000	1	10	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,3; 4	(12-18) $I_{н.р}$
		25	6; 10; 16; 25	
АЕ-2000	3	25	0,1; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	12 $I_{н.р}$
		63	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
		100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	
А3160	1,2,3	50	15; 20; 25; 30; 40; 50	10 $I_{н.р}$
А3110	2,3	100	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100	
А3120	2,3	100	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80 ;100	430-300
А3130	2,3	200	120; 140; 170; 200 '	840-1400.
А3140 Г	2, 3	600	250; 300; 350; 400; 500;600	1750-4200
А3710	2,3	160	20-160	400-1600
А3720	2,3	250	160-250	1600-2500
А3730	2,3	400	160-400	2500-400
А3740	2,3	400, 630	160-400 250-630	4000-6300
АВМ-10	3	750	500; 600; 750	4000-8000
АВМ-15	3	1500	1000; 1150; 1200; 1400; 1500	8000; 10000
АВМ-20	3	2000	1000; 1200; 1500; 1800; 2000	8000; 10000

Таблица Г.2 - Трехполюсные автоматические выключатели серии ВА

Тип	Номинальный ток, А		Кратность уставки		I _{откл} , кА
	I _{н.а} , А	I _{н.р.} , А	K _{у(тр)}	K _{у(эпр)}	
ВА 51-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	1,20	14	3,0
		2,0; 2,5; 3,15; 4; 5			1,5
		6,3; 8	1,35	7; 10	2,0
		10; 12,5			2,5
		16; 20; 25			3,0
ВА 51-31-1 ВА 51Г-31	100	6,3; 8; 10; 12	1,25	3; 7; 10	2,0
		10			2,5
		20; 25			3,5
		31,5; 40; 50; 63			5,0
		80; 100			6,0
		6,3; 8			2,0
		10; 12,5			2,5
		31,5; 40; 50; 63			3,8
		80; 100			6,0
					7,0
ВА 51-33 ВА 51Г-33	160	80; 100; 125; 160		10	12,5
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250		12	15
ВА 51-37	400	250; 320; 400		10	25
ВА 51-39	630	400; 500; 630	35		
ВА 52-31 ВА 52Г-31	100	164 20; 25	1,35	3; 7; 10	12
		31,5; 40			15
		50; 63	18		
		80; 100	25		
ВА 52-33	160	80; 100	1,25	10	28
ВА 52Г-33		125; 160			35
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250		12	30
ВА 52-37	400	250; 320; 400		10	40
ВА 52-39	630	250; 320; 400; 500; 630			

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Технические данные тепловых реле

Таблица Д.1 – Выбор теплового реле

	Обозначение типоразмера	Номинальный ток, А	Диапазон токовой уставки, А		Условное обозначение диапазона токовой уставки	Потребляемая мощность одним полюсом реле, Вт, не более	Мощность электродвигателя, кВт, при напряжении, В, 50 Гц, 60 Гц			Номинальное сечение присоединяемых проводов, мм	
			реле	реле исполнения 1			220	380	660	медь	алюминий
	РТЛ-1001	25	0,1 – 0,16	0,1 – 0,17	001	2,5	-	-	-	1,0	2,5
	РТЛ-1002		0,16 – 0,25	0,16 – 0,26	002		-	-	-	1,0	2,5
	РТЛ-1003		0,25 – 0,4	0,25 – 0,4	003		-	-	-	1,0	2,5
	РТЛ-1004		0,4 – 0,63	0,38 – 0,65	004		-	-	0,37	1,0	2,5
	РТЛ-1005		0,63 – 1,0	0,61 – 1,0	005		-	-	0,75	1,0	2,5
	РТЛ-1006		1 – 1,6	0,95 – 1,6	006		-	0,37	1,1	1,0	2,5
	РТЛ-1006Д		1,25 – 2	-	006Д		0,37	0,75	1,5	1,0	2,5
	РТЛ-1007		1,6 – 2,5	1,5 – 2,6	007		0,37	0,75	1,5	1,0	2,5
	РТЛ-1008		2,5 – 4,0	2,4 – 4,0	008		0,75	1,5	3,0	1,0	2,5
	РТЛ-1010		4,0 – 6,0	3,8 – 6,0	010		1,1	2,2	4,0	1,0	2,5
	РТЛ-1012		5,5 – 8,0	5,5 – 8,0	012		1,8	3,0	5,5	1,0	2,5
	РТЛ-1014		7 – 10	7 – 10	014		2,2	4,0	7,5	1,5	2,5
	РТЛ-1016	36	9 – 13	9,5 – 14	016	3,0	3,0	5,5	10	1,5	2,5
	РТЛ-1021		12 – 18	13 – 19	021		4,0	7,5	15	2,5	4,0
	РТЛ-1022		17 – 25	18 – 25	022		5,5	11	18,5	4,0	6,0
	РТЛ-1023		23 – 32	-	023		7,5	15	22	6,0	10,0
	РТЛ-2053Д	36	25 – 32	-	053Д	2,5	7,5	15	22	6,0	10,0
	РТЛ-2055Д		28 – 36	-	055Д	3,5	10	18,5	30	10,0	16,0
	РТЛ-2053	100	23 – 32	23 – 32	053		7,5	15	22	6,0	10,0
	РТЛ-2055		30 – 40	30 – 41	055		10	18,5	30	10,0	16,0
	РТЛ-2057		37 – 50	38 – 52	057		11	22	37	10,0	16,0
	РТЛ-2059		48 – 65	47 – 64	059	4,5	15	25	45	16,0	25,0
	РТЛ-2061		55 – 70	54 – 74	061		18,5	30	55	25,0	25,0
	РТЛ-2063		63 – 80	63 – 86	063	6,0	22	37	7,6	25,0	35,0
	РТЛ-2064		80 – 100	-	064		30	59	110	35,0	50,0
	РТЛ-3125	250	-	74-125	125	2,5	30	59	110	50,0	70,0
	РТЛ-3170		-	102-170	170		45	80	140	70,0	120
	РТЛ-3270		-	165-270	270		65	110	200	120	-
	РТЛ-4410	500	-	250-410	410		110	185	335	240	-
	РТЛ-4510		-	310-510	510		140	257	445	2x150	-

Таблица Д.2 – Таблица выбора теплового реле на напряжение 380 В

Таблица выбора теплового реле			
Номинальный ток пускателя, А	Тип реле	Диапазон регулирования тока несрабатывания, А	Мощность Эдвиг кВт, 380В
10	РТЛ-1007	1,5 ... 2,6	0,75
	РТЛ-1008	2,4 ... 4	1,5
	РТЛ-1010	3,8 ... 6	2,2
	РТЛ-1012	5,5 ... 8	3
	РТЛ-1014	7 ... 10	4
25	РТЛ-1016	9,5 ... 14	5,5
	РТЛ-1021	13 ... 19	7,5
	РТЛ-1022	18 ... 25	11,0
40	РТЛ-2053	23 ... 32	15
	РТЛ-2055	30 ... 41	18,5
63	РТЛ-2057	38 ... 52	22
	РТЛ-2059	47 ... 64	25
	РТЛ-2061	54 ... 74	30

Таблица Д.3 – Таблица выбора теплового реле на напряжение 220-660 В

Обозначение типоразмера	Номинальный ток, А	Диапазон токовой уставки реле, А	Условное обозначение диап- зона токовой уставки	Потреб- ляемая мощность одним полюсом реле, Вт, не более	Мощность электро- двигателя, кВт, при напряжении, В, 50 Гц, 60 Гц			Номинальное сечение присоеди- няемых про- водов, мм	
					220	380	660	медь	алюми- ний
РТЛ-1001	25	0,1-0,16	001	2,5	-	-	-	1,0	2,5
РТЛ-1002		0,16-0,25	002		-	-	-	1,0	2,5
РТЛ-1003		0,25-0,4	003		-	-	-	1,0	2,5
РТЛ-1004		0,4-0,63	004		-	-	0,37	1,0	2,5
РТЛ-1005		0,63-1,0	005		-	-	0,75	1,0	2,5
РТЛ-1006		1-1,6	006		-	0,37	1,1	1,0	2,5
РТЛ-1006Д		1,25-2	006Д		0,37	0,75	1,5	1,0	2,5
РТЛ-1007		1,6-2,5	007		0,37	0,75	1,5	1,0	2,5
РТЛ-1008		2,5-4,0	008	3,0	0,75	1,5	3,0	1,0	2,5
РТЛ-1010		4,0-6,0	010		1,1	2,2	4,0	1,0	2,5
РТЛ-1012		5,5-8,0	012		1,8	3,0	5,5	1,0	2,5
РТЛ-1014		7-10	014		2,2	4,0	7,5	1,5	2,5
РТЛ-1016		9-13	016		3,0	5,5	10	1,5	2,5
РТЛ-1021		12-18	021		4,0	7,5	15	2,5	4,0
РТЛ-1022		17-25	022		5,5	11	18,5	4,0	6,0
РТЛ-1023		23-32	023		7,5	15	22	6,0	10,0
РТЛ-2053Д	36	25-32	053Д	2,5	7,5	15	22	6,0	10,0
РТЛ-2055Д		28-36	055Д		10	18,5	30	10,0	16,0
РТЛ-2053		23-32	053	3,5	7,5	15	22	6,0	10,0
РТЛ-2055		30-40	055		10	18,5	30	10,0	16,0
РТЛ-2057	100	37-50	057	4,5	11	22	37	10,0	16,0
РТЛ-2059		48-65	059		15	25	45	16,0	25,0
РТЛ-2061		55-70	061	6,0	18,5	30	55	25,0	25,0
РТЛ-2063		63-80	063		22	37	7,6	25,0	35,0
РТЛ-2064		80-100	064		30	59	110	35,0	50,0

Таблица Д.4 – Таблица выбора теплового реле на напряжение 1000 В

Наименование	Тип контактора	Номинальное напряжение (V)	Номинальный ток реле (A)	Рабочий ток теплового элемента (A)	
				Номинальный ток (A)	Диапазон регулирования (A)
РТЛ-Т5357	КТЛ-1151~1851	1000	265	50	30-50
РТЛ-Т5363				80	48-80
РТЛ-Т5367				100	60-100
РТЛ-Т5369				150	90-150
РТЛ-Т5371	КТЛ-2651			220	132-220
РТЛ-Т7375	КТЛ-4001, 6301		630	330	200-330
РТЛ-Т7379				500	300-500
РТЛ-Т7381				630	380-630
Соответствие стандартам		ГОСТ Р 50030.4.1-2002, МЭК 60947-4-1-2002			