

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	2
Перечень рекомендуемой литературы.....	4
Примерный тематический план.....	5
Методические рекомендации по изучению тем программы	6
Методические рекомендации по оформлению домашней контрольной работы	12
Методические рекомендации по выполнению практического задания	14
Приложение А Теоретические вопросы	15
Приложения Б Таблица распределения вариантов теоретических вопросов	17
Приложение В Однолинейные электрические схемы.....	18
Приложение Г Данные для выполнения практического задания	20
Приложение Д Пример расчёта эффективности зануления	21
Приложение Е Рекомендации по выбору устройства защитного отключения ...	25

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электробезопасность — система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества (ГОСТ 12.1.009—76 ССБТ «Электробезопасность. Термины и определения»).

Повышение степени электрификации в различных отраслях агропромышленного комплекса: растениеводстве, животноводстве, переработке сельскохозяйственного производства является основным фактором технического прогресса. Грамотное и технически обоснованное выполнение работ по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования способствует успешному решению производственных задач, стабильной работе технологического оборудования, экономии энергии и электроэнергии в частности.

Электробезопасность способствует достижению социального эффекта, т.е. обеспечению безопасности труда, сохранению жизни и здоровья работающих, сокращению количества несчастных случаев и заболеваний на производстве. Таким образом, можно выделить следующие категории значения электробезопасности в современных условиях: экономические, социальные, моральные и научно-прогрессивные. Экономические категории значения связаны с экономическим эффектом от соблюдения требований электробезопасности. Например, исправность средств защиты от поражения электрическим током способствует сохранности электрооборудования. Социальные категории значения электробезопасности обуславливают необходимость создания безопасных условий производства работ в электроустановках. Например, правильное обучение персонала вопросам электробезопасности способствует повышению его квалификации, уровню интеллектуального развития. Моральные категории значения электробезопасности связаны с воспитанием в ходе изучения электробезопасности личной ответственности персонала за качество выполненной работы. Знания электробезопасности стимулируют и научно-технический прогресс - усовершенствование средств защиты от поражения электрическим током.

Предметом дисциплины «Электробезопасность» являются организационные мероприятия, технические средства и технические мероприятия по обеспечению защиты людей от воздействия электрического тока и электрической дуги.

После изучения дисциплины учащийся:

- знает основные требования безопасности при обслуживании электроустановок потребителей;
- организовывает безопасное производство работ в электроустановках;
- выполняет технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ;
- применяет средства защиты людей от поражения электрическим током;
- перечисляет виды ответственности при производстве работ в действующих электроустановках и последствия нарушения правил электробезопасности;
- освобождает пострадавшего от действия электрического тока и оказывает доврачебную помощь.

Изучение дисциплины основывается на знаниях, получаемыми учащимися при изучении физики, электротехники, электроники, автоматики, технологии электромонтажных

работ, электроснабжения, охраны труда, электрооборудования и др.

Контрольная работа - одна из форм проверки теоретических знаний учащихся и их умения практически реализовывать теорию при решении задач. При изучении курса «Электробезопасность» учащиеся заочного отделения специальности 2-74 06 31-01 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)» в соответствии с учебным планом выполняют одну домашнюю контрольную работу.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куценко, Г.Ф. Электробезопасность: практ. пособие / Г.Ф. Ку-ценко. - Мн.; Дизайн ПРО, 2006.- 240 с.: ил.
2. Федорчук, А.И. Охрана труда при эксплуатации электроустано-вок: учеб. Пособие / А.И. Федорчук, Л.П. Филянович, Е.А. Милаш; Под общ. ред. А.И. Федорчука. - Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2003.- 259 с.: ил.
3. Куценко, Г.Ф. Охрана труда в электроэнергетике: практ. пособие / Г.Ф. Куценко. - Мн.; Дизайн ПРО, 2005.- 784 с.: ил.
4. Система противопожарного нормирования и стандартизации. Общие правила пожарной безопасности Республики Беларусь для промышленных предприятий. ППБ РБ 1.01-94.
5. ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
6. ТКП 339-2011 (02230) Наименование. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и обществен-ных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний.
7. Инструкция по тушению пожаров в электроустановках органи-заций Республики Беларусь, утвержденная Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерством энерге-тики Республики Беларусь в редакции 27.03.2006 № 13/25.
8. ТКП 290-2010 (02230) Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.
9. Гурин, В.В., Бабаева ,Е.В. Электропривод. ч1. Проектирование нерегулируемого электропривода. Уч-мет. пособие. Мн: БАТУ. 2006.- 257с.
10. Никулин, А.В. Электроматериаловедение. М.: Высшая школа, 1989. -191с.
11. Безопасность жизнедеятельности : метод. указ. / Л.В. Мисун [и др.]. - Минск : БГАТУ, 2009. - 28 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ **ВВЕДЕНИЕ**

В ходе изучения дисциплины необходимо четко уяснить цели и задачи. Выяснить связь дисциплины с другими учебными дисциплинами и уметь приводить примеры значения дисциплины в системе подготовки специалиста.

При изучении актуальности проблемы обеспечения безопасных условий труда и предотвращения электротравматизма, обратите внимание на состояние электробезопасности на рабочем месте. Система нормативно-правовых актов Республики Беларусь в области электробезопасности и охраны труда требует четких знаний по названию актов, их назначению и области действия.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите цели и задачи дисциплины.
2. Установите связь дисциплины с ранее изученными.
3. Назовите нормативно-правовые акты Республики Беларусь в области электробезопасности и охраны труда.

Раздел 1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Тема 1.1. Общие сведения об электробезопасности

При изучении темы необходимо выучить основные термины и понятия в области электробезопасности.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение, что называется электробезопасностью, электротравмой, электрическим ударом.

Тема 1.2. Организация труда и электробезопасность

Ознакомьтесь со структурой службы охраны труда организации. Выясните виды ответственности при производстве работ в электроустановках. Установите последствия нарушений правил электробезопасности. При изучении темы необходимо знать обязанности и права административно-технического персонала по электробезопасности, а так же изучить основные требования по электробезопасности к лицу, ответственному за электрохозяйство, электротехническому, электротехнологическому, не электротехническому персоналу.

При рассмотрении вопроса «Классификация электроустановок и производственных помещений по степени опасности поражения электрическим током», необходимо записать признаки помещений.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные структурные звенья службы охраны труда.
2. Перечислите виды ответственности при нарушении правил электробезопасности.
3. Перечислите основные требования по электробезопасности к лицу, ответственному за электрохозяйство.
4. Приведите примера причины электротравм и виды профилактики поражения электрическим током.

Раздел 2. Электротравматизм и защитные меры

Тема 2.1. Электротравмы и первая помощь пораженному электрическим током

Электрический ток и электрическая дуга могут вызвать повреждение организма, которое называется электротравмой. Различают электротравмы, вызванные прохождением электрического тока через тело человека, и электротравмы, при которых не возникает электрической цепи через тело человека

При изучении данного вопроса сформулируйте определение «электрический удар», запомните названия местных электротравм. Выучите четыре степени электрического удара в зависимости от возникающих последствий. Запомните определение «фибриляция».

По памяти перечислите все факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.

Запомните пороговые значения силы переменного тока частотой 50 Гц.

Запомните величину общего сопротивления человека, сопротивление его внутренних тканей и сопротивление тела человека, которое принимают при различных расчетах.

Установите математическую зависимость между продолжительностью воздействия электрического тока на организм человека и его допустимым значением.

Запомните значения предельно допустимых токов при определенной продолжительности воздействия.

Приведите примеры возможных путей протекания тока через тело человека.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите четыре степени электрического удара в зависимости от возникающих последствий.
2. Дайте определение «фибриляция».
3. Перечислите факторы, влияющие на исход поражения электрическим током.
4. Назовите пороговые значения силы переменного тока частотой 50 Гц.
5. Назовите значения предельно допустимых токов при определенной продолжительности воздействия.

Тема 2 .2. Анализ опасности электроустановок

Ознакомьтесь, с видами работ в электроустановках. При определении опасности поражения током используйте различные схемы «включения» человека в сеть. При этом необходимо уметь рассчитывать ток через тело человека и давать оценку опасности полученного значения.

При изучении вопроса «Организационные и технические мероприятия,

обеспечивающие безопасность работ» необходимо знать порядок их выполнения.

Вопросы для самоконтроля

1. Зарисуйте схему однофазного прикосновения человека и рассчитайте ток через тело человека при протекании электрического тока по пути «рука- рука» и «рука-нога».
2. Перечислите первичные критерии электробезопасности.
3. Приведите порядок допуска к работе в электроустановках.
4. Приведите порядок установки и снятия переносных заземлителей.

Тема 2.3. Меры защиты в электроустановках

При изучении темы привести классификацию мер защиты по принципу действия и указать основные характеристики.

Вопросы «Зануление» и «Рабочее и защитное заземление» рассматривать по следующей схеме: определение, принцип действия, область применения, недостатки, конструктивное выполнение. Повторное заземление провода.

Вопрос «Устройство защитного отключения» рассматривать по следующей схеме: состав изделия, принцип действия, основные типы, область применения.

При изложении вопроса необходимо сделать схемы, поясняющие принцип работы.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения: «Зануление», «Рабочее заземление», «Защитное заземление», «Защитное отключение».
2. Запишите формулу расчета сопротивления заземляющего устройства.
3. Запишите формулы расчета эффективности зануления.
4. Запишите порядок расчёта и выбора устройства защитного отключения.

Тема 2 .4. Средства защиты в электроустановках

При рассмотрении вопроса «Средства защиты в электроустановках», необходимо описать конструкцию и требования, предъявляемые к средствам защиты в электроустановках, выучить порядок проверки перед началом работы и требования к правильному применению. В конспекте желательно иметь рисунки, поясняющие конструкцию. Нормативные требования к комплектованию электроустановок защитными средствами необходимо изучать по ТКП 290-2010 (02230) Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.

Вопросы для самоконтроля

1. Изложите классификацию электрозакщитных средств.
2. Объясняет назначение ограждающих и изолирующих электрозакщитных средств.
3. Приведите примеры основных и дополнительных изолирующих электрозакщитных средств, используемых в электроустановках до 1 кВ.

Раздел 3. ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Тема 3.1. Статическое электричество и защита от него

Ознакомить с причинами возникновения статического электричества.

Дать понятие о мероприятиях по защите от статического электричества, видах и категориях молниезащиты.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите причины возникновения статического электричества.
2. В каких случаях обязательно защитное заземление корпуса технологической установки при накоплении статического электричества.
3. Назовите виды молниезащиты.
4. Опишите принцип реализации третьей категории молниезащиты.

Тема 3.2. Защита от воздействия электрических и электромагнитных полей

При изучении данного вопроса необходимо ознакомить с видами электрических и электромагнитных полей, причинами их возникновения, а так же иметь чёткое представление о их воздействии на организм человека. Дать понятие о методах защиты от воздействия электрических и электромагнитных полей.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите виды электрических и электромагнитных полей.
2. Приведите примеры причин возникновения электрических и электромагнитных полей.
3. Приведите комплектацию средствами защиты электромонтеров при работе на воздушных линиях электропередач напряжением 330кВ.

Раздел 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ГРУДА В ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВАХ

Тема 4.1. Техника безопасности при монтаже и наладке электрооборудования

Основные технические, организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при монтаже и наладке электрооборудования рекомендуется рассматривать на примере определённого вида работ, например монтаж и наладка электрооборудования сверлильного станка. Изучение вопроса «Меры безопасности при монтаже и наладке электрооборудования» следует начинать с установки вредных и опасных факторов. Далее рекомендуется рассмотреть пути устранения этих факторов и привести примеры безопасного использования инструментом и приспособлениями.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите примеры основных организационных мероприятия, обеспечивающие

безопасность работ при монтаже и наладке электрооборудования.

2. Назовите технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при монтаже и наладке электрооборудования.

3. Назовите требования к конструкции инструментов и приспособлений, используемых при монтаже и наладке электрооборудования.

Т е м а 4. 2. Безопасность эксплуатации действующих электроустановок

Вопросы «Оперативное обслуживание», «Осмотр цеховых электроустановок», «Оперативные переключения» необходимо начинать рассматривать с требований к электротехническому персоналу. Рекомендуется изучить порядок проведения этих работ, а затем только правила безопасного их выполнения.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите требования к электротехническому персоналу, занимающемуся осмотром действующих электроустановок.
2. Назовите нормативный документ, устанавливающий допустимое расстояние приближения к токоведущим частям под напряжением.
3. Назовите изолирующие средства, которые должен иметь работник, при снятии предохранителей под напряжением в установках до 1 кВ и свыше 1 кВ.

Тема 4.3. Требования безопасности при ремонте электрооборудования

При изучении вопроса «Основные технические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при ремонте электрооборудования» необходимо знать не только перечень этих мероприятий, но и порядок их выполнения.

При изучении вопросов, связанных с безопасными приемами работы по ремонту воздушных линий и кабельных линий, установите вредные и опасные производственные факторы и разработайте мероприятия по их устранению.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при ремонте электрооборудования.
2. Назовите основные технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при ремонте электрооборудования.
3. Перечислите требования к инструменту и приспособлениям для ремонта электрооборудования.
4. Опишите порядок безопасной разделки кабеля.
5. Перечислите требования безопасности при работе в кабельных колодцах.

Тема 4.4. Меры безопасности при выполнении отдельных видов работ в электроустановках

Рекомендуется рассмотреть меры безопасности при работах на высоте, такелажных работах, эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов, электротермических установок, электросварочных установок и аккумуляторных батарей, при использовании ручных электрических машин и переносных светильников.

Раздел 5. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В БЫТУ

Тема 5.1. Электробезопасность вне помещения

Рекомендуется рассмотреть особенности требований безопасности при эксплуатации электрооборудования на садовых участках, вблизи воздушных линий электропередачи. При изучении данной темы необходимо четко усвоить мероприятия, обеспечивающие электробезопасность при использовании электрифицированной бытовой техники вне помещения, в частности электроинструменты и электронасосы.

Тема 5.2. Электробезопасность при использовании электроэнергии в быту

В начале изучения вопроса установите причины электротравматизма в быту, в домовых, квартирных и коммунальных сетях. Постарайтесь на каждую причину разработать мероприятия по их недопущению электротравматизма в быту. При изучении вопроса «Правила использования и установки бытовой электротехники» можно пользоваться эксплуатационными инструкциями.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Программой дисциплины предусматривается изучение организации работы электротехнического персонала, производства работ в электроустановках, организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ в электроустановках, техники безопасности при обслуживании действующих электроустановок.

Домашняя контрольная работа проводится с целью текущего контроля за самостоятельной работой учащихся заочной формы обучения и координации их работы над учебным материалом в межсессионный период.

Выполненные в соответствии с заданием домашние контрольные работы высылаются в учебное заведение на рецензирование в сроки, установленные учебным графиком.

При выполнении домашней контрольной работы темы дисциплины следует изучать в той последовательности, которая дана в методических рекомендациях по изучению дисциплины. В ходе самостоятельного изучения дисциплины рекомендуется вести конспект.

Конспект - это краткое, связное изложение учебного материала. Конспект рекомендуется выполнить по вопросам приведенным в приложении А. По своей структуре и последовательности конспект должен соответствовать содержанию дисциплины. В конспекте не должно быть механического переписывания текста без продумывания его содержания и

смыслового анализа. Запись лучше всего делать по прочтении не одного - двух абзацев текста, а целого параграфа или главы (если она небольшая).

Для повышения разборчивости (читаемости) записи оставляют интервалы между строками, абзацами. Новую мысль начинают с красной строки. При записи широко используют различные сокращения и условные знаки, но не в ущерб смыслу записанного. Рекомендуется применять общеупотребительные сокращения, например: м.б. - может быть, б.ч. - большей частью, гос. - государственный, д.б. - должно быть и т.д.. Не следует сокращать имена и названия, кроме очень часто повторяющихся.

В конспект необходимо записывать основные положения изучаемого материала, определения, формулы расчетов, иллюстрировать изучаемый материал необходимыми чертежами, схемами и рисунками, с тем, чтобы при подготовке к экзамену можно было быстрее найти нужный материал. Контрольную работу следует выполнять после изучения теоретического материала.

Методические указания и задания на контрольную работу составлены по типовой программе «Электробезопасность». Задание для контрольной работы состоит из теоретических вопросов и практического задания.

Выбор номера варианта теоретических вопросов контрольной работы осуществляется по таблице прил. Б. Содержание теоретических вопросов приводится в прил. А.

Вариант практического задания соответствует номеру в журнале учебных занятий.

В домашней контрольной работе приводится список источников, которыми учащейся пользовался при написании контрольной работы. Запись списка источников приводится в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». В тексте контрольной работы должны присутствовать ссылки на источники информации.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Тема: Расчёт технических способов обеспечения электробезопасности

Цель работы: Научиться рассчитывать и выбирать средства защиты от поражения электрическим током.

1. Последовательность выполнения работы

- 1.1. Ознакомьтесь с содержанием задания.
- 1.2. Повторите учебный материал.
- 1.3. Установите вариант индивидуального задания по журналу учебных занятий.
- 1.4. По прил. В определите номер однолинейной электрической принципиальной схемы питания электропотребителей (далее «схема»).
- 1.5. Из прил. Г зарисуйте схему в тетрадь.
- 1.6. Из прил. В выпишите данные для расчета.
- 1.7. Выполните расчет эффективности зануления для электроприемника, корпус которого оказался под напряжением. На схеме пробой изоляции изображен значком «^». Пример расчета приводится в прил. Д.
- 1.8. Если зануление в результате расчета - не эффективно, необходимо предложить вариант повышения эффективности защитного действия зануления.
- 1.9. Рассчитайте и выберите устройство защитного отключения (УЗО) для защиты персонала от токов утечки. УЗО устанавливается на вводе ящика управления, после аппарата защиты от токов короткого замыкания. Рекомендации по выбору УЗО приводится в прил. Е.

Приложение А

(обязательное)

Теоретические вопросы

№ вопроса	Содержание вопроса
1.	Цели и задачи учебной дисциплины «Электробезопасность», ее связь с другими учебными дисциплинами, значение в системе подготовки специалиста.
2.	Актуальность проблемы обеспечения безопасных условий труда и предотвращения электротравматизма. Система нормативно-правовых актов Республики Беларусь в области электробезопасности и охраны труда.
3.	Служба охраны труда. Обязанности и права административно - технического персонала по электробезопасности. Контроль за соблюдением правил и норм по электробезопасности. Допуск персонала.
4.	Основные требования по электробезопасности к лицу, ответственному за электрохозяйство, электротехническому, электротехнологическому, не электротехническому персоналу.
5.	Классификация электроустановок и производственных помещений по степени опасности поражения электрическим током. Причины электротравм и профилактика поражения электрическим током.
6.	Характеристика поражения организма человека электрическим током.
7.	Первая (доврачебная) помощь пострадавшим от электрического тока. Способы освобождения от действия электрического тока в электроустановках напряжением до 1000 В и свыше 1000 В.
8.	Виды работ и электроустановках. Характеристика опасности поражения током в различных электрических сетях.
9.	Первичные критерии электробезопасности. Схемы прикосновения в различных электрических сетях.
10.	Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.
11.	Классификация мер защиты по принципу действия, их основные характеристики.
12.	Зануление: определение, принцип действия, область применения, недостатки, конструктивное выполнение. Повторное заземление провода.
13.	Рабочее и защитное заземление: определение, принцип действия, область применения, недостатки, конструктивное выполнение.
14.	Устройство защитного отключения: состав изделия, принцип действия, основные типы, область применения.
15.	Меры защиты от поражения электрическим током из-за прикосновений к токоведущим частям под напряжением.
16.	Основные требования безопасности при обслуживании электроустановок.
17.	Классификация электрозащитных средств, их назначение, способы

	применения.
18.	Нормативные требования к комплектованию электроустановок защитными средствами.
19.	Причины возникновения зарядов статического электричества. Мероприятия по защите от статического электричества.
20.	Молниезащита: виды, категории.
21.	Характеристика электрических и электромагнитных полей, причины их возникновения, воздействие на человека.
22.	Методы защиты от воздействия электрических и электромагнитных полей.
23.	Основные технические, организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность бот при монтаже и наладке электрооборудования.
24.	Меры безопасности при монтаже и наладке электрооборудования.
25.	Правила пользования инструментом и приспособлениями при монтаже электропроводки и электрооборудования.
26.	Оперативное обслуживание электроустановок.
27.	Осмотр цеховых электроустановок.
28.	Оперативные переключения.
29.	Основные технические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при ремонте электрооборудования.
30.	Работы по ремонту воздушных линий.
31.	Работы по ремонту кабельных линий.
32.	Меры безопасности при работах на высоте.
33.	Меры безопасности при такелажных работах.
34.	Меры безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов
35.	Меры безопасности при эксплуатации электротермических установок.
36.	Меры безопасности при эксплуатации электросварочных установок.
37.	Меры безопасности при эксплуатации аккумуляторных батарей.
38.	Меры безопасности при эксплуатации ручных электрических машины и переносных светильников.
39.	Безопасность эксплуатации электросети сельской местности, на садовых участках.
40.	Безопасность выполнения работ вблизи воздушных линий электропередачи.
41.	Основные мероприятия, обеспечивающие электробезопасность вне помещения.
42.	Особенности электротравматизма в домовых, квартирных и коммунальных сетях. Правила использования и установки бытовой электротехники

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица распределения вариантов теоретических вопросов

		Последняя цифра варианта																			
		0				1				2				3				4			
Предпоследняя цифра варианта	0					1	10	20	30	2	11	21	31	3	12	22	32	4	13	23	33
	1	10	19	29	39	11	20	30	40	12	21	31	41	13	22	32	42	15	24	34	1
	2	8	18	35	16	9	19	36	17	10	20	37	18	11	21	38	19	13	23	40	2

		Последняя цифра варианта																			
		5				6				7				8				9			
Предпоследняя цифра варианта	0	5	14	24	34	6	15	25	35	7	16	26	36	8	17	27	37	9	18	28	38
	1	17	26	36	3	19	28	38	5	21	30	40	7	23	32	42	9	25	34	1	11
	2	15	25	42	4	17	27	44	6	19	29	31	8	21	1	33	10	23	33	2	12

ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное)
Однолинейные электрические схемы

Вариант 1	
Вариант 2	
Вариант 3	
Вариант 4	
Вариант 5	

Таблица 1 - Расшифровка обозначений в приложении В

ТП - трансформаторная подстанция

ВЛ - воздушная линия электропередач

КЛ - кабельная линия электропередач
 ПР - пункт распределительный
 ВУ - вводное устройство
 ВРУ - вводное распределительное устройство
 ЯУ - ящик управления
 М - электродвигатель
 ЕК - секции нагревательных элементов
 QF - автоматический выключатель
 FU - плавкий предохранитель

Таблица 2 - Расшифровка обозначений в прил. Г

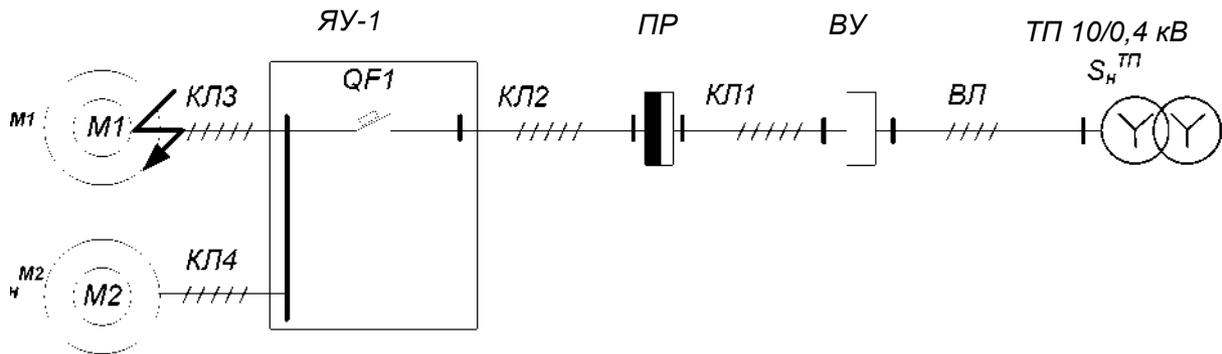
S	ТП	- номинальная полная мощность трансформатора, кВА;
L _н	ВЛ	- длина воздушной линии электропередач, м;
^КЛ1	^КЛ4	- длина участков 1.. 4 кабельной линии электропередач, м;
y M1 y		- номинальный ток электродвигателя M1, M2, А;
M2 -И, -н		- номинальный ток электродвигателя M1, M2, А;
т ЕК		- номинальный ток нагревательных элементов, А;
н		- номинальный ток нагревательных элементов, А;
т QF1	у QF2	- номинальный ток автоматических выключателей QF1, QF25
QF3 ₅ н	н	QF3, А;
у QF1 ₅	у QF4	- номинальный ток теплового расцепителя автоматических
н.р	н.р	выключателей QF ₁₅ QF ₂₅ QF3, А;
н.р	н.р	- номинальный ток плавкого предохранителя, А;
-FU		- ток плавкой вставки, А.
н		
- FU		

Приложение Г (обязательное) Данные для выполнения практического задания

Варианты для практических заданий (прил.В)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
№ схемы		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
Трансформатор 10/0,4	S _н , TM , кВА	100	160	250	400	100	160	250	400	100	160	250	400	100	160	250	400	100	160	250	400	100	160
	схема соединения обмоток	звезда-звезда нулем	звезда-зигзаг нулем																				
ВЛ	L _л , м	50	55		55	60	65	70		5	10	15	20		5	10	15	20		5	10	15	20
	марка	АС	АС		АС	АС	АС	АС		АС	АС	АС	АС		АС	АС	СИП	АС		СИП	СИП	АС	АС
	сечение, мм ²	16	35		75	16	35	50		16	35	50	75		35	50	25	16		50	70	16	35
КЛ1	L _л , м	6	8	55	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10
	марка	АВВГ																					
	сечение, мм ²	4	6	75	10	25	4	6	10	25	4	6	10	25	4	6	10	25	4	6	10	25	4
КЛ2	L _л , м	18	12	36	9	16	21	15	39	6	19	11	18	22	9	22	14	21	15	12	16	17	24
	марка	КГ	АВВГ	АВВГ	КГ	АВВГ																	
	сечение, мм ²	4	6	10	4	6	4	6	10	4	6	4	6	10	4	6	4	6	10	4	6	10	6
КЛ3	L _л , м	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	12	16
	марка	АВВГ																					
	сечение, мм ²	4	6	10	4	6	10	4	6	10	4	6	10	4	6	10	4	6	10	4	6	10	6
КЛ4	L _л , м	7	9	11		2	4	6	8		2	7	9	11		2	4	6	8		2	5	8
	марка	АВВГ	АВВГ	АВВГ		АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ		АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ		АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ		АВВГ	АВВГ	АВВГ
	сечение, мм ²	4	6	10		6	10	4	6		4	6	10	4		10	4	6	10		6	10	6
M1	I _н ^{M1} , А	1,33	2,48	4,63	9,16	2,17	3,57	6,70	1,04	14,80	3,05	5,65	9,16	2,23	24,20	5,44	5,68	5,93	6,18	6,43	6,67	0,96	2,15
M2	I _н ^{M2} , А	1,7	3,31				3,57	8,62				7,41	1,74			5,22	5,41					6,15	1,34
EK	I _н ^{EK} , А			24		16			16		24			6		18			34		42		
QF1	I _к ^{QF1} , А	63	63	63		63	63	63	63		63	63	63	63		63	63	63	63		63	63	63
	W ²ⁿ , А	4	6	32		20	8	16	20		32	16	10	6		25	16	16	16		50	8	4
	марка, серия	ВА 47	ВА 47	ВА 47		ВА 47	ВА 47	ВА 47	ВА 47		ВА 47	ВА 47	ВА 47	ВА 47		ВА 47	ВА 47	ВА 47	ВА 47		ВА 47	ВА 47	ВА 47
QF2	I _н ^{QF2} , А		63	63		63		63	63		63		63	63		63		63	63		63		63
	I _н ^{QF2} А		3	6		3		8	2		3		10	3		5		6	8		6		3
	марка		ВА 47	ВА 47		ВА 47		ВА 47	ВА 47		ВА 47		ВА 47	ВА 47		ВА 47		ВА 47	ВА 47		ВА 47		ВА 47
QF3	I _н ^{QF3} , А		63	63				63	63				63	63				63	63				63
	I _к ^{QF3} , А		4	25				10	16				2	6				6	40				2
	марка		ВА 47	ВА 47				ВА 47	ВА 47				ВА 47	ВА 47				ВА 47	ВА 47				ВА 47
FU	I _н ^{FU} , А				63					15					100						63		
	I _н ^{FU} А				10					15					30						10		
	марка				ПП-31					ПР2					ПН 2						ПП-31		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное)
 Пример расчета эффективности зануления

Рисунок 1 - Однолинейная электрическая принципиальная схема питания



электроприемников

Таблица 1- Данные для расчета

Трансформатор		ВЛ			КЛ1			КЛ2		
$U_{\text{ТП}}$, кВ	схема соединения	l , м	марка	сечение, мм ²	$B_{\text{КЛ1}}$, м	марка	сечение, мм ²	$L_{\text{КЛ2}}$, м	марка	сечение, мм ²
400	Звезда/ звезда с нулевым проводом	100	АС	95	35	АВВГ	95	8	АВВГ	10
КЛ3			КЛ4			M1	M2	QF1		
$B_{\text{КЛ3}}$, м	марка	сечение, мм ²	$B_{\text{КЛ4}}$, м	марка	сечение, мм ²	I_{M1} , А	I_{M2} , А	I_{QF1} , А	$A_{\text{н.р. QF1}}$, А	марка, серия
25	КГ	4	11,2	АВВГ	10	11,2	11,2	25	25	АЕ 2000

Решение

- Используя данные задания составляем расчетную схему рис.2.

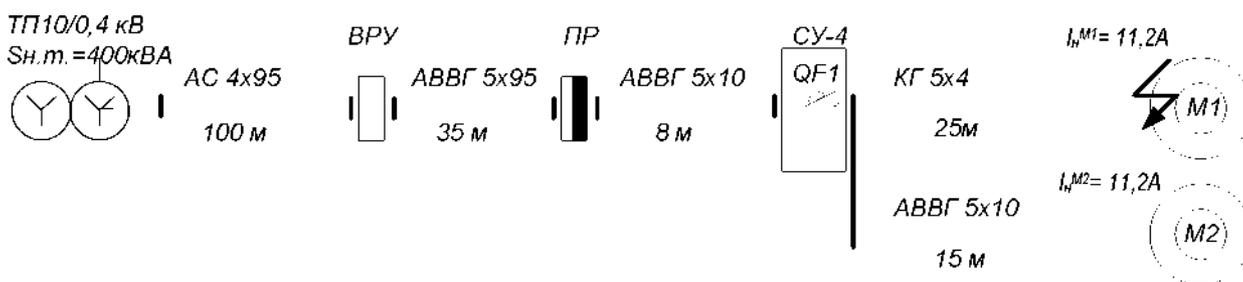


Рисунок 2- Расчётная схема для определения эффективности зануления 2.

Зануление считается эффективным при выполнении условия:

$$I \cdot K_{н.р. эм. макс} \frac{I^{(1)}}{K_{к.з}} > 1,4 \quad (1)$$

$I^{(1)}$ где $K_{к.з}$ - ток однофазного короткого замыкания на линии у электроприемника, А;

$I_{н}$ - номинальный ток расцепителя, А;

$K_{макс}$ - максимальная кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя, для класса «К» $K_{эм. макс} = 12,2 /9/$

Если защиту от короткого замыкания в схеме управления электроприводами осуществляют предохранители зануление считается эффективным при выполнении условия:

$$I \frac{I^{(1)}}{K_{н.пл.вс.} \cdot K_{пл.вст.}} > 3 \quad (2)$$

$I^{(1)}$ где $K_{к.з}$

- ток однофазного короткого замыкания на линии у электроприемника, А;

$I_{н. пл. вс.}$ - номинальный ток плавкой вставки, А;

$K_{ш}$ - максимальная кратность тока срабатывания плавкой вставки, для класса «К» $K_{пл. вс.} = 10 /9/$

3. Определим ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{к.з} = \frac{U \Phi}{Z_n + Z_T} \quad (3)$$

$$Z_n = Z_n + Z_n + Z_n + Z_n \quad (4)$$

$$Z_n = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (5)$$

$$R_{\phi \Gamma} \cdot (R_{\cdot}) = p \cdot \frac{L}{r} \cdot \frac{1}{i} \quad (6)$$

$$1 \quad + \quad 1 \quad (7)$$

- где $U_{\phi ZH}$ - фазное напряжение, В;
- Z_T - полное сопротивление петли фаза-ноль, Ом;
- Z_m - сопротивление фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания, Ом
- $R_{\phi} R_m$ - полное сопротивление петли фаза-ноль на участках силовой сети, Ом, количество участков определяется по рис.6;
- r - активные сопротивления фазного и нулевого проводов, i -ого участка силовой сети соответственно, Ом;
- L_i - удельное сопротивление металла жилы проводов силовой сети, Ом м; для алюминия $r = 28 \text{ Ом}^{\text{мм}^2/\text{км}} / 10$;
- $\phi 1, S_{ni}$ - длина i -ого участка силовой сети, км (см. рис.2);
- $X_{\text{ПП}}$ - сечение жилы фазного (нулевого) провода i -ого участка силовой сети, мм (см. рис.2);
- X_{ϕ} - индуктивное сопротивление петли фаза-ноль i -ого участка силовой сети, Ом;
- $X_{\text{ш}}$ - индуктивное сопротивление фазного провода i -ого участка силовой сети, Ом;
- X_T - индуктивное сопротивление нулевого провода i -ого участка силовой сети, Ом.;
- удельное внешнее индуктивное сопротивление петли проводников фаза-ноль: для воздушных линий ориентировочно 0,6 Ом/км; для проводки на изоляторах внутри помещений 0,5 Ом/км; для проводки на роликах 0,4 Ом/км; для проводки в трубах 0,15 Ом/км; для кабелей - 0,11/

Если проводники выполнены из цветных металлов X_{ϕ} и X_n можно считать равными нулю /11/.

4. Расчет полного сопротивления петли фаза-ноль рекомендуется проводить табличным методом. Для этого строим таблицу 9.

Для схемы рис. 2 расчет выполнен с помощью EXCEL и приводится в таблице 9.

Таблица 9 - Расчет полного сопротивления петли фаза-ноль
для схемы рис.2

№ участка	P	Li	S<fr	SH ₁	R<xi	R _{Hi}	X _y Д	X _{шп}	Z _{ni}
ед.изм	Ом^м м:/	км	мм ²	мм ²	Ом	Ом	Ом/к м	Ом	Ом
1	28	0,1	95,0	95,0	0,02	0,02	0,000	0	0,05
2	28	0,035	95,0	95,0	0,01	0,01	0	0	0,02
3	28	0,008	10,0	10,0	0,02	0,02	0	0	0,04
3	17	0,025	4,0	4,0	0,10	0,10	0	0	0,21
Zn,	0,337								

5. Сопротивление фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания определяем по формуле:

$$\frac{Z}{3} = \frac{K}{S_{н.т.}} L, \quad (8)$$

где K ; — эмпирический коэффициент, для схемы соединения «звезда-звезда с нулем» $K = 26 / 11$; $K = 26$ при схеме трансформатора звезда-звезда с нулем и номинальном первичном напряжении $U_{н1} = 6...35$ кВ; $K = 7,5$ при схеме звезда-зигзаг с нулем и $U_{н1} = 6...10$ кВ /11/

$S_{н.т.}$ — номинальная полная мощность трансформатора, кВА

Для рассматриваемого примера:

$$\frac{Z}{3} = \frac{26}{400} = 0,065 \text{ Ом}$$

6. Ток однофазного короткого замыкания при пробое изоляции на электродвигателе М1 будет

$$I^w = \sqrt{0,337^2 + 0,065^2} = 0,341 \text{ кА} = 341 \text{ А}$$

$$I(1) = 547 \text{ А}$$

7. Проверяем условие эффективности зануления (ф.1) 547

$$\frac{3}{25 - 12,2} > 1,4$$

Условие соблюдается, автоматический выключатель QF1 для защиты электродвигателей выбран правильно.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное)

Рекомендации по выбору устройства защитного отключения

1

УЗО выбирается по следующим условиям: (1)

$$U_n > I_{n.c}, \quad (2)$$

$$I_n > I_c, \quad (3)$$

$$i_{Dn} > 3 \cdot I$$

где

U_n - номинальное напряжение УЗО, В;

U - номинальное напряжение сети, В;

$n.c$

I_n - номинальная сила тока УЗО, А;

I_c - сила тока в сети, А;

I_{Dn} - номинальный отключающий дифференциальный ток (ток уставки УЗО), мА;

I_D - суммарный ток утечки, А

2. Номинальное напряжение УЗО может быть

- $U_n = 380$ В для четырехполюсных
- $U_n = 220$ В для двухполюсных УЗО.

3. Сила тока в сети I_c может быть определена, как сумма номинальных токов потребителей на участке сети, который защищается УЗО. Для одиночного потребителя сила тока в сети равна номинальному току потребителя.

Номинальная сила тока УЗО I_n выбирается из ряда: 6, (10), 16, 25, 40, 63, 80, 100, 125 А. Для УЗО значение этого тока определяется, как правило, сечением проводников в самом устройстве и конструкцией силовых контактов.

Поскольку УЗО должно быть защищено последовательным защитным устройством (ПЗУ), номинальный ток нагрузки УЗО должен быть скоординирован с номинальным током ПЗУ. Номинальный ток нагрузки УЗО должен быть равен или на ступень выше номинального тока последовательного защитного устройства. Это означает, что, например, в цепь, защищаемую автоматическим выключателем с номинальным током 25 А, должно быть установлено УЗО с номинальным током 40 А.

Номинальный отключающий дифференциальный ток I_{Dn} - ток уставки выбирается из следующего ряда: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.

Уставку УЗО для каждого конкретного случая применения выбирают с учетом следующих факторов:

- значения существующего в данной электроустановке суммарного (с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников) тока утечки на землю - так называемого "фонового тока утечки";
- значения допустимого тока через человека на основе критериев электробезопасности;
- реального значения отключающего дифференциального тока УЗО, которое в соот

ветствии с требованиями ГОСТ Р 50807-94 находится в диапазоне от $0,5 I_{Dn}$ до I_{Dn} . Суммарный ток утечки электроустановки замеряется специальными приборами, либо определяется расчетным путем. При отсутствии фактических (замеренных) значений тока утечки в электроустановке I_D можно рассчитать по формуле /12/:

$$I_D = 0,4 I + 0,01 L_{y30} \quad (4)$$

где L_{y30} - длина участка силовой сети от места установки УЗО до электропотребителя, подключенного к нему, м

Рекомендуемые значения номинального отключающего дифференциального тока - I_{Dn} (уставки) УЗО для диапазона номинальных токов 16- 80 А приведены в таблице 10.

Таблица 10

Номинальный ток нагрузки в зоне защиты, А	16	25	40	63	80
I_{Dn} при работе в зоне защиты одиночного потребителя, мА	10	30	30	30	100
I_{Dn} при работе в зоне защиты группы потребителей, мА	30	30	30(100)	100	300
I_{Dn} УЗО противопожарного назначения на ВРУ, мА	300	300	300	300	300

Рассмотрим пример расчета и выбора УЗО для схем (рисунки 1 прил.Е)

Выбираем устройство защитного отключения марки ВД1-63, четырех полюсное /9/. Определяем номинальное напряжение:

$$U_n > U_{н.н.} \quad (5)$$

$U_n > 380В$
Принимаем $U_n = 380 В$ /9/

Определяем номинальный ток:

$$I_n > I_c \quad (6)$$

$$I_c = I_{н^{M1}} + I_{н^{M2}} \quad (7)$$

$I_c = 11,2 + 11,2 = 22,4 А$ $I_n > 22,4 А$

Принимаем $I_n = 25 А$ /9/

Определяем номинальный отключающий ток из условия:

$$I_{Dn} > 3 I_D \quad (8)$$

$$I_D = 0,4 I_c + 0,01 L_{y30} \quad (9)$$

$I_D = 0,4 \cdot 22,4 + 0,01 \cdot 25 = 9,21 мА$

$I_{Dn} > 3 \cdot 9,21$ $I_{Dn} > 27,63 мА$ Принимаем $I_{Dn} = 30 мА$.