

В.И. Чарыков
В.И. Мошкин
В.А. Буторин



МОНТАЖ ЭЛЕКТРО- ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 1
ПРАКТИКУМ

Учебное пособие

В.И. Чарыков
В.И. Мошкин
В.А. Буторин

МОНТАЖ ЭЛЕКТРО- ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 1

ПРАКТИКУМ

Курган
2018

УДК 621 (075.8)
ББК 31.26я73
М 77

Рецензенты:

И.И. Манило, д-р техн. наук, заведующий кафедрой производственной и пожарной безопасности КГСХА им. Т. С. Мальцева;

В.В. Харин, заместитель директора по научной и инновационной работе Курганского института железнодорожного транспорта (филиал УрГУПС), канд. техн. наук, доцент.

Монтаж электрооборудования : практикум / сост. В. И. Чарыков, В. И. Мошкин, В. А. Буторин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2018. – Ч.1. – 110 с.

В практикуме рассмотрены вопросы монтажа электрооборудования. Первая часть состоит из семи практических занятий. Издание предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение»), 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Электрооборудование и электротехнологии»), квалификация – бакалавр.

УДК 621 (075.8)

ББК 31.26я73

ISBN 978-5-4217-0443-0

© Курганский
государственный
университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение способов соединения, ответвления, оконцевания и прозвонки проводов и кабелей, а также способов монтажа осветительных установок, трубных, тросовых и струнных проводок, светильников и асинхронных двигателей является составной частью курса «Монтаж электрооборудования», что позволяет глубже понять методику работ, связанных с монтажом различного вида электрооборудования. Высокое качество исполнения электро-монтажных работ – это основа надежной и безопасной эксплуатации электрооборудования.

Целью дисциплины является формирование системы знаний по организации и технологии монтажа электротехнического оборудования, обеспечивающих решение практических задач электрификации сельскохозяйственного производства и получение практических навыков; получение знаний в области устройства, принципов действия, маркировки и номенклатуры электротехнического оборудования.

Лабораторный практикум разработан в соответствии с рабочей программой дисциплины «Монтаж электрооборудования», его основная цель – формирование у студентов системы компетенций для решения инженерных задач, связанных с монтажом и наладкой электрооборудования и средств автоматизации.

Лабораторные работы по данной дисциплине направлены на формирование у студентов следующих компетенций:

- способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрификационных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами;
- способность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию;
- способность решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена;
- способностью проводить измерения и оценивать их результаты;
- способность использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования;
- готовность к участию в проектировании технических средств и технологических процессов производства, систем электрификации и автоматизации сельскохозяйственных объектов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

• **знать:**

- устройство, принцип действия, схемы включения, эксплуатационные и регулировочные характеристики электротехнического оборудования и средств автоматизации;
- организацию монтажа в условиях агропромышленного производства; технологию электромонтажных работ; технологию выполнения отдельных видов электромонтажных работ; основные инструменты и механизмы для выполнения работ по монтажу электрооборудования; требования правил и норм по монтажу электроустановок и оформлению технической документации; методику и правила проверки, испытания и приемки выполненной работы;

• **уметь:**

- читать рабочие чертежи и схемы, пользоваться типовыми проектами, сметной документацией и нормативной литературой, выбирать электротехническое оборудование с заданными параметрами для его использования при монтаже и эксплуатации; обосновывать выбор электротехнического оборудования для заданных технологических процессов; правильно и по назначению эксплуатировать электротехническое оборудование; самостоятельно изучать научно-техническую литературу и документацию по электротехническому оборудованию;
- производить основные виды электромонтажных работ в объеме требований единого тарифно-квалификационного справочника для электромонтера 3 разряда, проверять, испытывать и принимать выполненные работы, выполнять слесарные и электрослесарные работы;

• **владеть:**

навыками проведения оперативных изменений схем; навыками проведения монтажа электрооборудования; методами регулирования режимов функционирования систем электроснабжения; современными методиками опытной проверки электроэнергетического оборудования; статистическими методами математического анализа; навыками создания опросных листов; навыками работы с технической литературой.

Лабораторные работы выполняются бригадами студентов в составе четырех человек. Получив от преподавателя задание, студенты самостоятельно готовятся к выполнению каждого из них: изучают соответствующие разделы курса по учебной литературе, содержание работы, схему экспериментальной установки, готовят таблицы для записи результатов исследований.

Выполнение работы начинается с изучения оборудования рабочего места, технических характеристик машин, аппаратов и приборов. После монтажа электроустановки преподаватель проверяет ее и дает разрешение на включение. Результаты исследований записывают в тетрадь и показывают преподавателю для проверки до разборки установки, так как при неудовлетворительных результатах опыт необходимо повторить. По каждой выполненной лабораторной работе составляется отчет. Отчет должен содержать: наименование работы, цель работы, краткие теоретические сведения, схему экспериментальной установки и выводы.

После предъявления правильно оформленного отчета студент проходит собеседование, в результате которого преподаватель оценивает его знания по теоретическому материалу изучаемой темы и методике проведения лабораторной работы.

Далее студенты приступают к выполнению практической части лабораторной работы. По ее завершению преподаватель проверяет правильность выполненной студентами работы. Если работа выполнена правильно, преподаватель дает указание на приведение в порядок своего рабочего места. В случае неправильного выполнения практической части студенты исправляют ошибки, указанные преподавателем. После этого студенты отвечают ему на вопросы по теме лабораторной работы.

Тематика практических занятий

1 Нормативно-техническая документация: ПУЭ, СНиП, инструкции по монтажу, типовые проекты. Классификация помещений по условиям среды в них. Классификация электрооборудования по защите от воздействия окружающей среды (2 ч);

2 Условные графические и буквенно-цифровые обозначения на планах помещений, в электрических схемах. Виды электрических схем, области их применения (2 ч);

3 Коммутационная и защитная аппаратура: устройство и принцип действия. Выбор и настройка защитной аппаратуры (2 ч).

4 Провода и кабели. Маркировка, способы соединения, рациональный способ монтажа (2 ч);

5 Техника составления и чтения монтажных схем электроустановок (2 ч);

6 Составление заявок на оборудование, материалы, механизмы, инструменты по техническим проектам объекта (2 ч);

7 Составление наряда на выполнение электромонтажных работ, определение трудовых затрат и заработной платы в монтажно-наладочной бригаде (2 ч);

8 Составление приемо-сдаточной и наладочно-испытательной документации: актов приемки-сдачи, испытания изоляции, измерения сопротивления петли «фаза-нуль», сопротивления заземления, актов наладки коммутационной и защитной аппаратуры (2 ч).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Цель занятия: изучение нормативно-технической документации. Ознакомление с классификацией помещений по условиям окружающей среды, классификацией электрооборудования по защите от воздействия окружающей среды.

Основные вопросы темы

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- 2 Правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП);
- 3 Межотраслевые правила по охране труда;
- 4 Строительные нормы и правила (СНиП);
- 5 Типовые проекты объектов АПК;
- 6 Классификация помещений по условиям окружающей среды;
- 7 Классификация электрооборудования по защите от воздействия окружающей среды.

Теоретическая часть

Наличие и изучение нормативных документов является основной задачей при выполнении электромонтажных работ для специалистов-энергетиков. Для производства безопасных работ при эксплуатации электроустановок применяются «Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках», «Межотраслевые правила по охране труда», а также «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), которые состоят из следующих разделов:

- общие правила;
- передача электроэнергии;
- распределительные устройства и подстанции;
- электрическое освещение;
- электрооборудование специальных установок.

Действующее предприятие на основе нормативных документов издает свои инструкции по охране труда, пожарной безопасности, монтажу и эксплуатации электроустановок.

При реконструкции и строительстве новых объектов необходимо:

- подать заявку в СЭС от организации, предприятия на получение технических условий;
- издать приказ о назначении ответственного лица электрохозяйства и его заместителя;
- составить акт разграничения принадлежности питающей организации и организации, предприятия на основании технического условия;
- поручить выполнение проекта организации, имеющей на это право и лицензию;
- согласовать проект с руководствами Энергонадзора; организации, выдающей технические условия; горгаза; водоканала; сетей связи; ГИБДД (при прокладке кабеля по чужим территориям); кабельного хозяйства.

Директор или главный инженер организации, выдавшей технические условия, после всех согласований подписывает разрешение на проведение монтажных работ.

После согласования проекта и однолинейных схем составляется проектно-сметная документация для закупки оборудования, механизмов и материалов.

В техническую документацию электроустановок каждого потребителя электроэнергии включена проектно-техническая документация, содержащая:

- 1) генплан,
- 2) технические паспорта электрооборудования (ЭО);
- 3) акты:
 - испытаний и наладки ЭО;
 - приемки скрытых работ;

- разграничения балансной принадлежности;
- 4) протоколы измерений, проверки устройств заземления;
- 5) сертификаты на оборудование и материалы;
- 6) проект (однолинейные схемы);
- 7) список работников:
 - имеющих право выполнять оперативные переключения, вести оперативные переговоры, проводить единоличный осмотр электроустановок (ЭУ), выдавать наряды, отдавать распоряжения;
 - имеющих право допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ, наблюдающего;
 - подлежащих проверке знаний на право производства спецработ в ЭУ;
 - допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность в ЭУ.
- 8) журналы и бланки установленных образцов:
 - журнал дефектов и неполадок на ЭО;
 - журнал выдачи и возврата ключей от ЭУ;
 - журнал учета работ по нарядам и распоряжениям;
 - журнал учета расхода электроэнергии (ЭЭ);
 - журнал учета кабеля;
 - журнал учета ЭО;
 - оперативный журнал;
 - журнал релейной защитной аппаратуры и средств телемеханики;
 - журнал регистрации инструктажа на рабочем месте;
 - журнал по учету противопожарных и противоаварийных тренировок;
 - журнал учета проверки знаний норм и правил работы в ЭУ;
 - журнал учета присвоения группы;
 - комплект бланков нарядов-допусков;
 - бланки переключений;
 - журнал учета и содержания средств защиты (СЗ) в ЭУ;
- 9) инструкции:
 - инструкции правил пожарной безопасности (ППБ);
 - инструкция по охране труда (ОТ) и техники безопасности (ТБ) на рабочем месте;
 - должностные инструкции по каждому рабочему месту;
 - инструкции по эксплуатации и обслуживанию ЭО;
 - инструкции по предотвращению и ликвидации аварий в ЭУ;
 - инструкция по выключению переключений без распоряжения;
 - инструкция по учету ЭЭ и ее экономии.

Классификация электроустановок, помещений и электрооборудования

Электроустановка – это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии. Электроустановка должна удовлетворять требованиям действующих нормативных документов об охране окружающей природной среды по допустимым уровням шума, вибрации, напряженностей электрического и магнитного полей, электромагнитной совместимости.

Электроустановки по условиям электробезопасности делятся на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

Открытые, или наружные, электроустановки не защищены зданием от атмосферных воздействий. Электроустановки, закрытые навесами, сетчатыми ограждениями, рассматриваются как наружные.

Закрытые, или внутренние, электроустановки – это электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

Электропомещения – помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

– *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (сухие помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%; влажные помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%);

– *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырость или токопроводящая пыль (сырые или пыльные помещения);
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);
- высокая температура (жаркие помещения);
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям) – с другой;

– *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особая сырость (особо сырые помещения);
- химически активная или органическая среда (помещения с химически активной или органической средой);

• одновременно два или более условия повышенной опасности (сырые помещения, металлические полы).

Территории открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током относят к особо опасным помещениям.

Монтаж и обслуживание электроустановок должен выполнять специально подготовленный персонал, прошедший проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности) и имеющий группу допуска по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Основные требования к электроустановкам:

- электроустановка не должна иметь оголенные токоведущие части;
- электроустановка, имеющая вращающиеся детали, должна быть защищена;
- электроустановка должна иметь свою расчетную токовую защиту;
- электроустановка должна быть заземлена;
- электроустановка должна быть оснащена *устройством защитного отключения (УЗО)*. УЗО – это прибор, защищающий человека от прямого или косвенного прикосновения к токонесущей фазе при номинальном отключающем дифференциальном токе не более 30 мА.

Вопросы для обсуждения

1 На какие электроустановки распространяется ПУЭ?

2 Для каких электроустановок рекомендуется применять требования ПУЭ?

3 Что из себя представляет электроустановка?

4 Что относится к электропомещениям?

5 Как различают помещения в отношении опасности поражения электрическим током?

6 Какой персонал относится к квалифицированному обслуживающему персоналу?

7 Какие буквенные и цветовые обозначения должны иметь проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью?

- 8 Как обозначаются нулевые рабочие (нейтральные) проводники?
- 9 Какое обозначение должны иметь совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники?
- 10 Как разделяются электроустановки по условиям электробезопасности?
- 11 Какие требования предъявляются к вновь сооруженным и реконструированным электроустановкам и установленному в них электрооборудованию?
- 12 На какие системы электроснабжения распространяются ПУЭ?
- 13 Что относится к потребителю электрической энергии?
- 14 Как разделяются электроприемники в отношении обеспечения надежности электроснабжения?
- 15 В чем состоит выбор электрических аппаратов по условиям продолжительных режимов?
- 16 По каким показателям выбираются электрические аппараты?
- 17 Как разделяются установки в отношении мер безопасности?
- 18 Какая нейтраль является глухозаземленной?
- 19 Какая нейтраль является изолированной?
- 20 Что такое сторонняя проводящая часть?
- 21 Что такое заземление?
- 22 Что такое переносные электроприемники?
- 23 Что такое передвижные электроустановки?
- 24 На какие электроустановки электрического освещения распространяются ПУЭ?
- 25 Дайте характеристику разделов ПЭЭП.
- 26 Дайте характеристику разделов МПОТ.
- 27 Дайте характеристику разделов СНиП.

Содержание отчета

- 1 Название темы практического занятия;
- 2 Перечень основных вопросов, рассматриваемых на практическом занятии;
- 3 Ответы на вопросы в устном или письменном виде.

Список литературы

- 1 *Правила устройства электроустановок (ПУЭ)*. – Санкт-Петербург : ДЕАН, 2009. – 701 с.
- 2 *Правила эксплуатации электроустановок потребителей*. URL: <http://energovopros.ru/zakonodatelstvo/svet/pravila-tehnicheskoy-ekspluatacii-elektrostanovok-potrebitelej-183/> (дата обращения 15.08. 2017).
- 3 *Межотраслевые правила по охране труда*. Библиотека электрика. ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. – 2-е изд. – Москва : Эксмо, 2013. – 751 с.
- 4 *Строительные нормы и правила (СНиП)*. – Москва : Стройиздат, 1980. – 59 с.
- 5 *Красник В. В. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах*. – Москва : Энас, 2012. – 160 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Электрическая схема — это рисунок с текстом, описывающий определенными символами содержание и работу электротехнического устройства или комплекса устройств, что позволяет в краткой форме выразить принцип работы данного устройства. Для того чтобы прочесть любой текст, необходимо знать алфавит и правила чтения. Так, для чтения схем следует знать символы — условные обозначения и правила расшифровки их сочетаний. Основу любой электрической схемы представляют *условные графические обозначения* различных элементов и устройств, а также связи между ними. Язык современных схем подчеркивает в символах основные функции, которые выполняет изображенный в схеме элемент.

Условные графические обозначения образуются из простых геометрических фигур: квадратов, прямоугольников, окружностей, а также из сплошных и штриховых линий и точек. Их сочетание по специальной системе, которая предусмотрена стандартом, дает возможность легко изобразить все, что требуется: различные электрические аппараты, приборы, электрические машины, линии механической и электрической связей, виды соединений.

Кроме этого в условных графических обозначениях на электрических принципиальных схемах дополнительно используются специальные знаки, поясняющие особенности работы того или иного элемента схемы. Так, например, существует три типа контактов: замыкающий, размыкающий и переключающий. Условные обозначения отражают только основную функцию контакта — замыкание и размыкание цепи. Для указания дополнительных функциональных возможностей конкретного контакта стандартом предусмотрено использование специальных знаков, наносимых на изображение подвижной части контакта. Дополнительные знаки позволяют найти на схеме контакты кнопок управления, реле времени, путевых выключателей и т.д. Если в стандарте нет нужного обозначения, то его составляют, исходя из принципа действия элемента, обозначений, принятых для аналогических типов аппаратов, приборов, машин с соблюдением принципов построения, обусловленных стандартом.

Условные графические обозначения и размеры некоторых элементов принципиальных схем (рисунки 1, 2, 3, 4)

Трехфазные двигатели

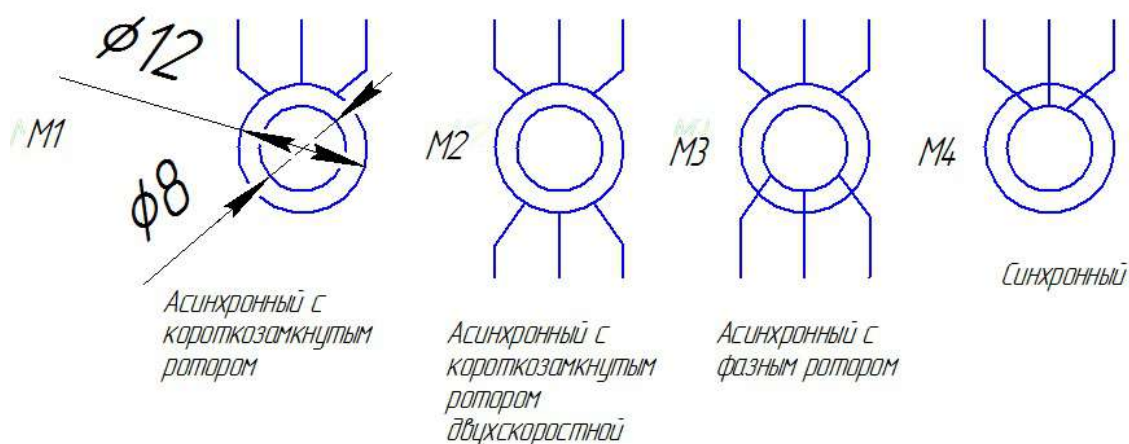


Рисунок 1 – Обозначения трехфазных асинхронных электродвигателей на схемах

Двигатель постоянного тока

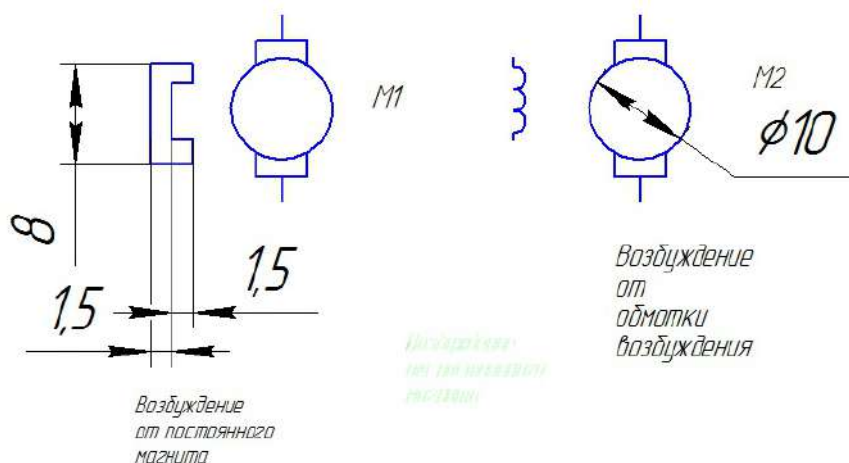


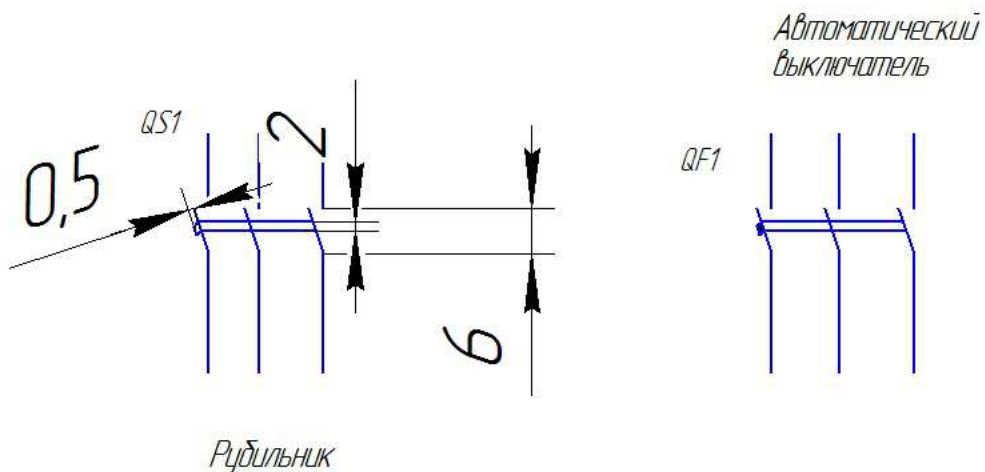
Рисунок 2 – Обозначения двигателей постоянного тока на схемах

Элементы автоматизации служат для контроля, наблюдения измерения различных параметров физических величин. В схеме управления зерносушильным комплексом предусмотрены следующие средства автоматизации:

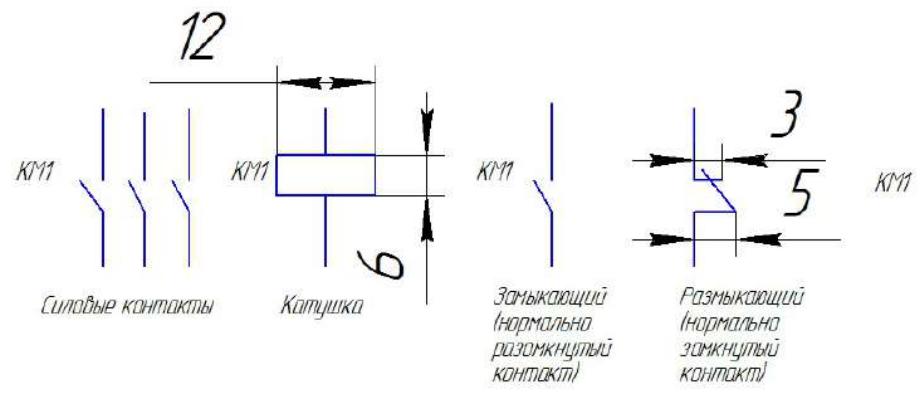
- звуковая сигнализация СС-1 служит для оповещения людей о пуске и начале работы комплекса;
- переключатель режимов УП5512 задает программы, по которым осуществляется очистка зерна;
- промежуточное реле РП-53/400 подает питание на магнитный пускатель и включает в работу различные механизмы;
- датчики-сигнализаторы уровня ДУМ-100К осуществляют контроль над наполнением бункеров отходами и зерном;
- линейный актуатор воздействует на закрытие и открытие заслонки загрузочной норрии;
- конечные выключатели ВК-2112 воздействуют на заслонку в крайних рабочих положениях;
- сигнальные лампы AD-22DS оповещают персонал о работе комплекса;
- кнопочные посты АПВВ-22N служат для включения и отключения различных механизмов комплекса;
- преобразователь частоты «Веспер» обеспечивает частоту перемещения шиберного механизма;
- измеритель-регулятор 2ТРМ1 управляет скоростью выгрузки и влажностью зерна.

Схема управления зерносушильным комплексом на базе камерной зерносушилки с поперечной продувкой зернового слоя представлена на рисунке 5.

В качестве полуавтоматического звена управляющего технологическим процессом сушки использован датчик уровня зерна (ДУ), обеспечивающий равномерность загрузки сушилки, поддержание уровня и управляющий перемещением заслонки питающей норрии в зависимости от заполнения. Исполнительным органом является линейный актуатор (М1) с ходом 50-350 мм, скорость перемещения которого устанавливается в процессе настройки линии.



Магнитный пускатель



Магнитный пускатель

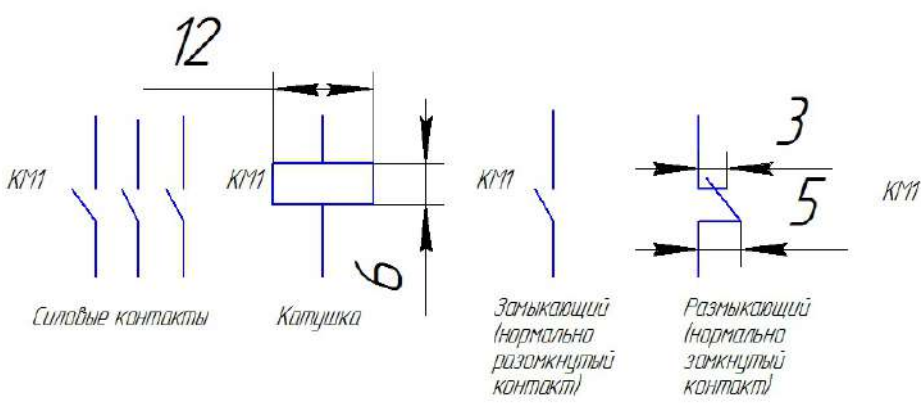
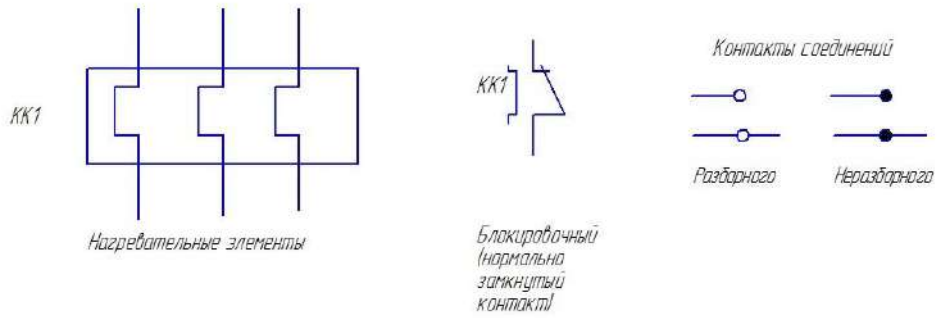
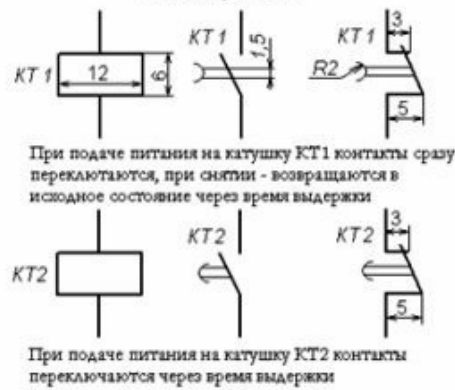


Рисунок 3 – Обозначение переключающих устройств на схемах

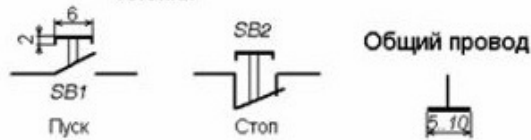
Тепловое реле



Реле времени



Кнопки



Выключатели

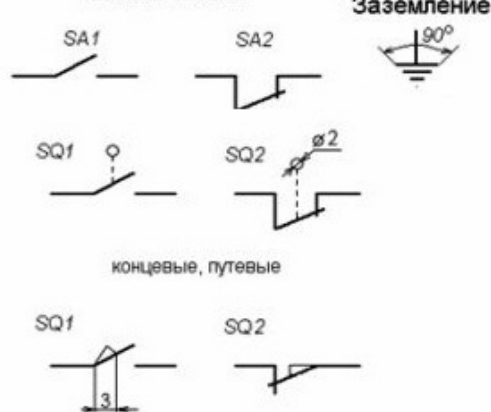


Рисунок 4 – Обозначения электромеханических реле на схемах

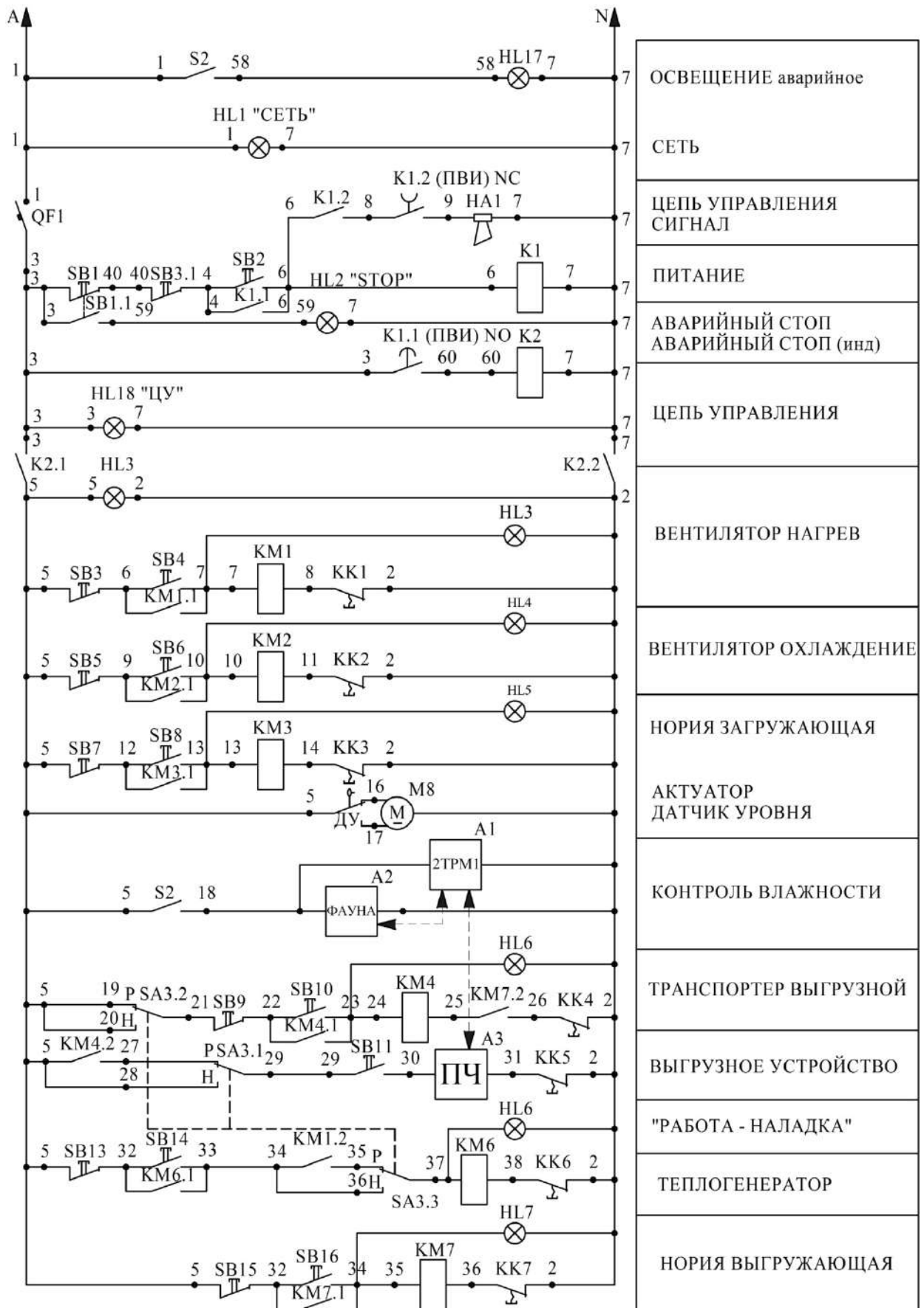


Рисунок 5 – Электрическая схема цепи управления зерносушилкой

Силовой щит			Магистральные сети				Групповой щит				Групповые сети				Такориемники				Суммарные потери напряжения, %										
Тип	Аппаратура		Расчетный ток, А	Марка, количество, сечение, мм	Способ прокладки	Длина, м	Тип, номер группы	Тип	Номинальный ток, А	Ток расцепителя, А	Расчетный ток, А	Марка, количество, сечение, мм	Способ прокладки	Длина, м	Обозначение на плане	Тип	Номинальная мощность, Вт	Количество, шт.	Суммарная мощность, Вт										
	Тип, номер группы	Номинальный ток, А																		Ток расцепителя, А									
ШПМ-73509-22У3	НПМ2-60	20	18,62	AIR-51кВ1	Т-20	15	1	АЕ2036	25	5	4,75	AIR-51кВ1	Т-20	110		АЛП18	65	25											
								АЕ2034	25	2,5	15	AIR-31кВ2	Т-15	74		АЛП231	60	2											
								АЕ2036	25	6,3	5,06	AIR-51кВ1	Т-15	813		АЛП23	2x40	32	3072							144			
								АЕ2036	25	12,5	8,2	AIR-41кВ2,5	Т-15	457		АЛП01	100	36	3600								156		
								АЕ2034	25	5	3,17	AIR-31кВ2	Т-15	15,5		АЛП30	40	2									0,73		
								АЕ2036	25	4	2,73	AIR-41кВ1	Т-15	100,2		АЛП01	75	16	1200									14,2	
								АЕ2034	25	2	1,04	AIR-31кВ2	Т-15	73		АЛП01	60	1	230									0,68	
								АЕ2034	25	5	PE-3EPB				8-10														

Рисунок 6 – Расчетная схема-таблица освещения

Управление выгрузным устройством, частотой перемещения шиберного механизма осуществляется преобразователем частоты «Веспер» (А3), управляющим электроприводом. Амплитуда перемещения шиберного механизма регулируется эксцентриковым устройством. Скорость выгрузки зависит от интенсивности процесса сушки и регулируется в установившемся «потоке» в зависимости от выходного параметра продукта, влажности зерна.

Контроль влажности на выходе осуществляется четырехзонным влагомером проточного типа «Фауна» (А4) и по каналу обратной связи на основе измерителя-регулятора 2ТРМ1 (А2) управляющим электроприводом шиберного механизма выгрузки, а именно скоростью движения зерна в потоке. При отклонении влажности от заданной происходит перенаправление зернового потока при помощи перекидного клапана, приводящегося актуатором (М2) на рециркуляцию.

Уровень зерна в сушилке контролируется и поддерживается в полуавтоматическом режиме датчиком уровня зерна (ДУ) и актуатором (М3), воздействующим на заслонку загрузающей норрии. Предусмотрена работа в ручном и автоматическом режиме: переключение режимов осуществляется переключателем (S3). В автоматическом режиме процесс сушки зерна достигает заданных параметров в течение 45-65 минут в зависимости от влажности зерна и поддерживается с точностью до 0,6-0,8%.

Вопросы для обсуждения

- 1 Дать характеристику всем элементам схемы на рисунке в соответствии с условными обозначениями.
- 2 Дать характеристику всем элементам схемы на рисунках 1, 2, 3, 4.
- 3 Определить назначение элементов схемы на рисунке 5 (по указанию преподавателя).

Содержание отчета

- 1 Название темы практического занятия.
- 2 Перечень основных вопросов, рассматриваемых на практическом занятии.
- 3 Ответы на вопросы в устном или письменном виде.
- 4 Предложить реконструкцию схемы освещения картофелехранилища (рисунок б).

Список литературы

- 1 URL: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/1373-uslovnnye-oboznachenija-na.html> (дата обращения 13.09. 2016).
- 2 URL: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/860-sposoby-izobrazhenija-jelementov-na.html> (дата обращения 13.09.2016).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Практическое занятие по изучению коммутационной и защитной аппаратуры: устройство и принцип действия. Выбор и настройка защитной аппаратуры

Цель занятия: ознакомиться с основными параметрами аппаратуры управления и защиты.

Основные вопросы темы

- 1 Назначение, устройство и принцип действия автоматических выключателей;
- 2 Назначение, устройство и принцип действия магнитных пускателей;
- 3 Назначение, устройство и принцип действия тепловых реле;
- 4 Назначение, устройство и принцип действия пакетных переключателей;
- 5 Назначение и принцип действия плавких предохранителей.

Автоматические выключатели серии АЕ1000

Выключатели предназначены для защиты электрических цепей переменного тока до 25А включительно с номинальным напряжением до 380 В частотой 50-60 Гц при перегрузках, коротких замыканиях и для нечастых (до 30 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей вручную (рисунок 7).

Структура условного обозначения:

АЕ – 10X₁X₂ – X₃X₄X₅00X₆XX₇

АЕ-10 – серия выключателя;

X₁ – величина номинального тока;

X₂ – число полюсов и тип максимального расцепителя тока;

X₃ – модификация выключателя;

X₄ – наличие или отсутствие вспомогательных контактов;

X₅ – наличие дополнительного расцепителя;

X₆ – наличие температурной компенсации и регулировки тока;

00 – степень защиты IP;

XX₇ – климатическое исполнение: УХЛ и 0 категории размещения 4, Т категории размещения 3 со степенью защиты IP20; У, ХЛ, Т категории размещения 2 по ГОСТ 15150 со степенью защиты IP54.



Рисунок 7 – Автоматические выключатели серии АЕ

Автоматические выключатели серии АЕ предназначены для эксплуатации в цепях переменного тока напряжением до 660 В частотой 50 и 60 Гц, напряжением до 380 В частотой 400 Гц и постоянного напряжения до 220 В, а также для защиты, пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Более подробная структура условного обозначения показана на примере автомата **AE2–000**.

Структура условного обозначения:

AE 20 X X - X X X - XX XX

1 2 3 4 5 6 7 8

- 1) цифровое обозначение серии;
- 2) номинальный ток: 2 – 16А; 4 – 63 А;
- 3) число полюсов в комбинации с максимальным расцепителями тока:
 - 1 – однополюсные с электромагнитным расцепителем;
 - 2 – двухполюсные с электромагнитными расцепителями в габарите трехполюсного;
 - 3 – трехполюсные с электромагнитными расцепителями;
 - 4 – однополюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями;
 - 5 – двухполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями в габарите трехполюсного;
 - 6 – трехполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями;
 - 7 – четырехполюсные с электромагнитными расцепителями;
 - 8 – четырехполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями;
- 4) наличие свободных контактов:
 - 1 – без свободных контактов; 2 – 1«3»; 3 – 1«Р»; 4 – «3»+1«Р»;
- 5) дополнительные расцепители:
 - 0 – без дополнительных расцепителей;
 - 1 – минимальный расцепитель напряжения;
 - 2 – независимый расцепитель;
 - 3 – минимальный расцепитель напряжения и независимый расцепитель;
- 6) наличие температурной компенсации и регулировки номинального тока теплового расцепителя:
 - Р – регулировка номинального тока тепловых расцепителей и температурная компенсация;
 - Н – регулировка номинального тока тепловых расцепителей без температурной компенсации;
 - Б – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации для распределительных пунктов;
 - О – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации;
- 7) степень защиты: 00 – IP00; 20 – IP20, 54 – IP54;
- 8) климатическое исполнение УЗ, ТЗ, для выключателей со степенью защиты IP54–У1, Т1. Выключатели исполнения УЗ пригодны для эксплуатации в условиях УХЛ4, а исполнения У1 – в условиях исполнения УХЛ2. Температура окружающего воздуха для климатических исполнений УЗ, ТЗ и Т1 – от минус 40 до 60 °С, для У1 – от минус 60 до 60 °С.

Автоматические выключатели серии ВА (на примере ВА 5739 340010 УХЛ3)

Трехполюсные автоматические выключатели серии ВА57 предназначены для применения в электрических цепях с напряжением 400/690 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц и постоянного тока до 440 В. Основное назначение – защита электроустановок от токов короткого замыкания, токов перегрузки, недопустимых снижений напряжения, а также для нечастых оперативных их включений и отключений. Рабочее положение выключателей в пространстве: на вертикальной плоскости знаком «I» (включено) – вверх; возможен поворот вправо или влево на 90° (рисунок 8).

ВА – Выключатель автоматический, условное обозначение номера серии – 57. Условное обозначение максимального номинального тока серии: 39 – 630 А.

Условное обозначение числа полюсов и количества максимальных расцепителей тока в комбинации с исполнением максимальных расцепителей тока по зоне защиты:

- первая цифра – число полюсов и количество максимальных расцепителей (3* – три полюса с расцепителями);

- вторая цифра – исполнения максимальных расцепителей тока по зоне защиты (3 – расцепитель в зоне токов короткого замыкания (электромагнитный), 4 – расцепитель в зоне токов перегрузки и короткого замыкания (тепловой и электромагнитный)).



Рисунок 8 – Автоматический выключатель ВА 5739 (340010)

Условное обозначение по дополнительным сборочным единицам:

00 – без дополнительных сборочных единиц; 11 – свободные контакты; 12 – независимый расцепитель; 13 – минимальный расцепитель напряжения; 15 – нулевой расцепитель напряжения; 18 – свободные контакты, независимый расцепитель; 23 – свободные контакты, минимальный расцепитель напряжения; 25 – свободные контакты, нулевой расцепитель напряжения; 45 – вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 46 – свободные контакты, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 47 – свободные контакты, независимый расцепитель, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 49 – нулевой расцепитель напряжения, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 52 – минимальный расцепитель напряжения, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 54 – свободные контакты, нулевой расцепитель напряжения, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 56 – свободные контакты, минимальный расцепитель напряжения, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения; 62 – независимый расцепитель, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения.

Условное обозначение вида привода и способа установки выключателя

1 – ручной привод, стационарное исполнение; 3 – электромагнитный привод, стационарное исполнение; 5 – ручной дистанционный привод, выдвижное исполнение; 7 – электромагнитный привод, выдвижное исполнение.

Условное обозначение дополнительных механизмов

0 – отсутствуют; 5 – ручной дистанционный привод для оперирования через дверь распределительного устройства выключателей стационарного исполнения с ручным приводом; 6 – устройство для блокировки положения «отключено» выключателей стационарного исполнения с ручным приводом.

Условное обозначение вида климатического исполнения:

УХЛЗ, ТЗ, ОМЗ.

Примеры записи автомата: ВА 5739 400 А 341810 нр 220 В – выключатель автоматический серии 5739 с тепловым и электромагнитным расцепителями, уставкой 400 А, 4000 А соответственно, независимым расцепителем 220 В переменного тока и свободными контактами. Способ установки – стационарный, зажимы для переднего присоединения медными шинами.

Автоматические выключатели серии АП – 50Б

Автоматические выключатели серии АП-50Б предназначены для защиты от перегрузок и коротких замыканий электрических цепей напряжением до 220 В постоянного тока, до 500 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц, оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой от 6 до 30 включений в сутки (рисунок 9).



Рисунок 9 – Автоматический выключатель АП – 50Б 3МТ

Диапазон рабочих температур от: -40 до +50°С при относительной влажности 98%. Высота над уровнем моря – до 2000 м. Окружающая среда взрывобезопасная, не содержащая пыли в количестве, нарушающем работу автоматического выключателя, а также агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

АП50Б-XXXX X XXX: АП50Б – серия; XXXX – максимальные расцепители тока (М – электромагнитный, Т – тепловой); для выключателей без дополнительных расцепителей 2М, 2МТ, 3М, 3МТ цифра – количество полюсов и максимальных расцепителей; для выключателей с дополнительными расцепителями 1М2Т (двухполюсный), 2М3Т, 2М (трехполюсные) первая цифра – число максимальных электромагнитных расцепителей, вторая цифра – число максимальных тепловых расцепителей; X – дополнительные расцепители (Н – минимальный расцепитель напряжения (номинальные напряжения: 110, 127, 220, 380, 400, 415 В переменного тока частоты 50 Гц), Д – независимый расцепитель (номинальные напряжения: 110, 127, 220, 230, 240, 380, 400, 440 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц и 220 В постоянного тока для АП50Б 1М2ТД УЗ), О – максимальный расцепитель тока в нулевом проводе); XXX – климатическое исполнение (У, ХЛ, Т) и категории размещения (2, 3, 5); УЗ, ТЗ, ХЛ5 – без оболочки; У2, Т2, ХЛ5 – в дополнительной металлической оболочке степени защиты IP54. Выключатели изготавливаются с одним свободным переключающим контактом вспомогательной цепи (1П), двумя (2П) или без них.

Автоматический выключатель обычно устанавливают внутри распределительного щитка на входе в производственное помещение, дом или квартиру и врезают его в фазный проводник. Через этот автомат по смонтированным проводам проходит ток подключенной нагрузки, которую создают работающие электроприборы.

Именно этот ток в рабочем режиме должен надежно пропускать автоматический выключатель, а в случае его превышения – размыкать свой силовой контакт, обесточивая схе-

му. При этом важно, чтобы между токопроводящими свойствами электропроводки и подключенных приборов был соблюден баланс.

Например, медная проводка сечением $1,5 \text{ мм}^2$ может обеспечить надежное электропитание потребителей общей мощностью до 1 кВт. Если же выбрать автоматический выключатель по нагрузке нагревателя 3 кВт, то его оборудование станет работать, но только до того момента, пока не сгорят подводящие напряжение электрические провода.

При этом лучше всего поэтапно выполнить следующие три задачи:

- рассчитать ток подключаемой линии, исходя из мощности работающих в ней электроприборов с учетом их количества и числа фаз сети;
- выбрать номинал автоматического выключателя из ряда стандартных токов на основе проведенного расчета. При этом используется метод округления в большую сторону;
- определить материал и сечение проводов, которые будут передавать нагрузку от автомата к потребителям на основе использования таблиц ПУЭ.

На рисунке 10 представлены основные технические рекомендации для решения каждого из этих вопросов¹.

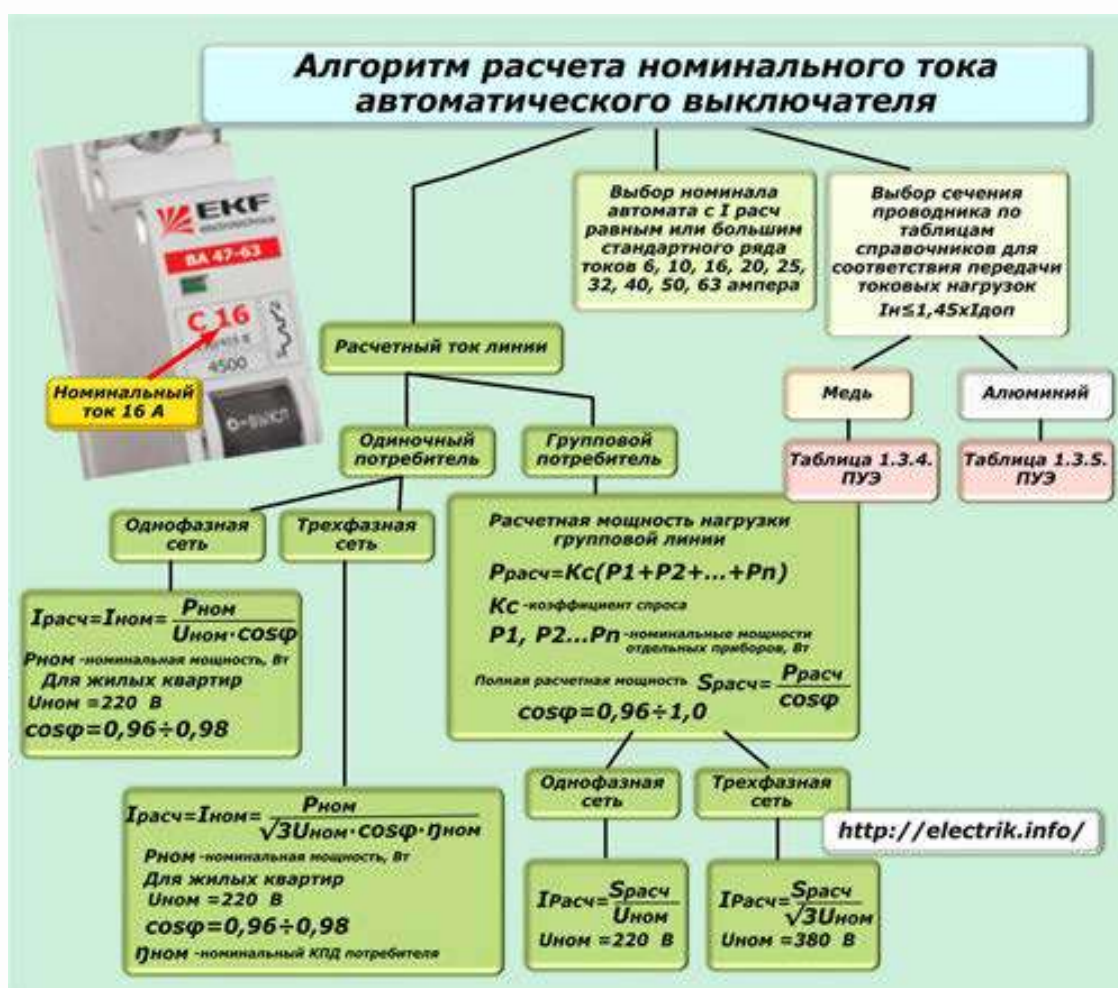


Рисунок 10 – Алгоритм расчета номинального тока автоматического выключателя

Выбор автоматического выключателя по его времятоковой характеристике представлен на рисунке 11. Зависимость скорости снятия питания с нагрузки электромагнитным расцепителем от величины превышения номинального тока в контролируемой схеме является

¹ Более подробно решение данного вопроса можно посмотреть по адресу:
<http://elektrik.info/protection/1053-vybor-avtomaticheskikh-vyklyuchateley-dlya-kvartiry-doma-garazha.html>.

одним из важных показателей автомата. По этому критерию они имеют шесть групп классификации, но для условий дома или квартиры подходят только три из них.

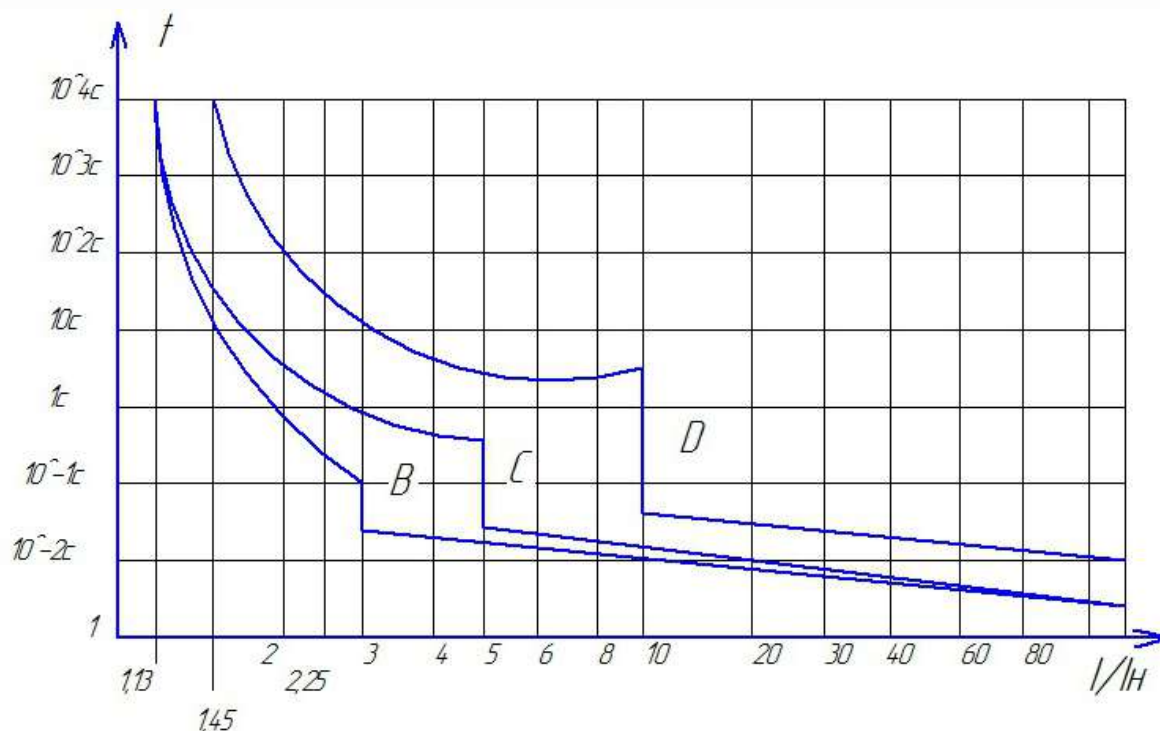


Рисунок 11 – Времятоковые характеристики автоматического выключателя

Это классы:

- «В», когда нагрузка представлена старой электропроводкой, лампами накаливания, обогревателями, электрическими плитами или духовками;
- «С», если в помещениях используются стиральные и посудомоечные машины, холодильники, морозильники, кондиционеры, офисные и домашние розеточные группы, осветительные газоразрядные лампы с увеличенным током запуска;
- «D» — для обеспечения надежной работы и защиты мощных компрессорных установок, насосов, обрабатывающих станков, подъемных механизмов.

Надежное отключение повышенного тока электромагнитным расцепителем происходит при превышении $I_{ном}$ у классов: «В» в $3\div 5$; «С» в $5\div 10$; «D» в $10\div 20$ раз.

Токи, большие на 10% номинального значения, тоже будут отключаться этими автоматами за счет срабатывания биметаллических пластин, работающих по тепловому принципу. Но их время не всегда может обеспечить безопасность. Поэтому защиты класса D нельзя использовать вместо C или тем более B.

Пускатели магнитные

Магнитные пускатели предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660 В переменного тока 50 и 60 Гц (рисунок 12).

При наличии тепловых реле пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

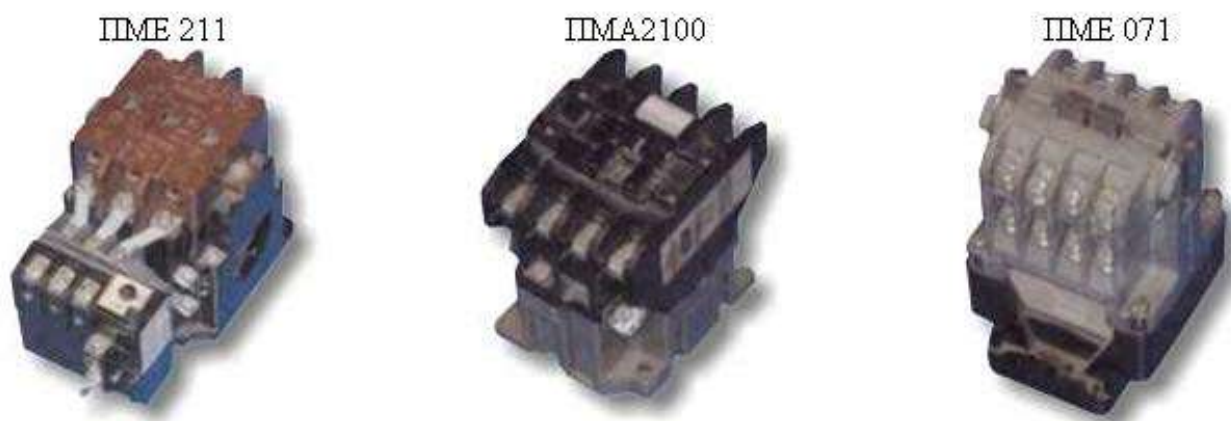


Рисунок 12 – Магнитные пускатели серии PME и PMA

Структура условного обозначения ПМЛ

ПМЛ - X X X X X X X X X

1 2 3 4 5 6 7 8 9

- 1) цифра, указывающая величину пускателя в зависимости от номинального тока: 1-10 А; 2-25 А; 3-40 А; 4-63 А;
- 2) цифра, указывающая исполнение пускателя по назначению и наличию теплового реле:
 - 1 – нереверсивный, без теплового реле;
 - 2 – нереверсивный, с тепловым реле;
 - 5 – реверсивный, без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00, IP20 и с электрической и механической блокировкой для степени защиты IP40; IP54;
 - 6 – реверсивный, с тепловым реле с электрической и механической блокировками;
 - 7 – пускатели «звезда – треугольник».
- 3) цифра, указывающая исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок:
 - 0 – степень защиты IP00;
 - 1 – степень защиты IP54 без кнопок;
 - 2 – степень защиты IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»;
 - 3 – степень защиты IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальной лампой;
 - 4 – степень защиты IP40 без кнопок;
 - 6 – степень защиты IP20.
- 4) цифра, указывающая исполнение пускателей по числу и исполнению контактов вспомогательной цепи;
- 5) буква, обозначающая пускатели с номинальным током 16 А, 40 А, 80 А;
- 6) буква, обозначающая исполнение пускателей с креплением на стандартные рейки P2-3 по ГОСТ 0.684.423-82-М;
- 7) буква, характеризующая климатическое исполнение по ГОСТ 151500-69(О,О;ОМ) ;
- 8) цифра, характеризующая категорию размещения по ГОСТ 15150-69(2,4);
- 9) буква, указывающая исполнение по износостойкости (А, Б, В).

Структура условного обозначения ПМА (рисунок 13)

ПМА X X X X X X X X

1 2 3 4 5 6 7 8 9

- 1) обозначение серии;
- 2) цифра, указывающая величину пускателя в зависимости от номинального тока:
3– 40 А; 5 – 100 А; 4 – 63 А, 80 А, 6 – 160 А.
- 3) цифра, указывающая исполнение пускателя по назначению и наличию теплового реле:
 - 1 – нереверсивный, без теплового реле;
 - 2 – нереверсивный, с тепловым реле;
 - 3 – реверсивный с электрической блокировкой, без теплового реле;
 - 4 – реверсивный с электрической блокировкой, с тепловым реле;
 - 5 – реверсивный с электрической и механической блокировками, без теплового реле;
 - 6 – реверсивный с электрической и механической блокировками, с тепловым реле.
- 4) цифра, указывающая исполнение пускателя по степени защиты и наличию кнопок:
 - 0 – степень защиты Р00;
 - 1 – степень защиты Р40 без кнопок;
 - 2 – степень защиты Р54 без кнопок;
 - 3 – степень защиты Р40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»;
 - 4 – степень защиты Р54 с кнопками «Пуск» и «Стоп».
 - 5 – исполнение по роду тока цепи управления: 1 – постоянный, 2 – переменный.
 - 6 – буква, обозначающая пускатели модернизированного исполнения – «М».
 - 7 – климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69.
 - 8 – категория размещения по ГОСТ 15150-69.
 - 9 – исполнение по износостойкости: А, Б, В.



Рисунок 13 – Магнитные пускатели ПМ, ПМЕ, ПМА

Структура условного обозначения ПМЕ (рисунок 13)

ПМЕ X X X
1 2 3

- 1) величина пускателя;
- 2) исполнение по степени защиты:
 - 1 – открытый, IP00;
 - 2 – закрытый, IP30.
- 3) исполнение по назначению:
 - 1 – нереверсивный без теплового реле, без кнопок;
 - 2 – нереверсивный с тепловым реле, без кнопок;
 - 3 – реверсивный без теплового реле, без кнопок;
- 4) реверсивный с тепловым реле, без кнопок;
- 5) нереверсивный без теплового реле, с кнопками;
- 5) нереверсивный с тепловым реле, с кнопками.

Тепловые реле серий РТЛ и ТРН

Реле РТЛ предназначено для обеспечения защиты электродвигателей от токов перегрузок недопустимой продолжительности. Они также обеспечивают защиту от несимметрии токов в фазах и от выпадения одной из фаз. Реле РТЛ могут устанавливаться как непосредственно на пускатели ПМЛ, так и отдельно от пускателей (в последнем случае они должны быть снабжены клеммниками КРЛ) (рисунок 14).

Структура условного обозначения реле

РТЛ X XXX X C
1 2 3 4 5 6 7

- 1) обозначение серии;
- 2) цифра, обозначающая номинальный ток реле:
 - 1 – 25 А;
 - 2 – 80 А;
- 3) цифра, обозначающая исполнение по току несрабатывания;
- 4) буква М, обозначающая исполнение реле со степенью защиты контактных зажимов по ГОСТ 14255-69; отсутствие буквы означает исполнение реле со степенью защиты контактных зажимов IP00;
- 5) буква, характеризующая климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69;
- 6) цифра, характеризующая категорию размещения по ГОСТ 15150-69;
- 7) буква, обозначающая наличие одного размыкающего контакта; отсутствие буквы означает исполнение реле с одним размыкающим и одним замыкающим контактами.

Реле ТРН-10 и ТРН-25 электротепловые двухполюсные с температурной компенсацией предназначены для защиты электрических установок от перегрузок в длительном режиме работы.

Реле имеет только ручной возврат. При срабатывании реле возврат можно осуществлять через 2 минуты.

Реле имеют один размыкающий контакт и регулировку тока несрабатывания переделах $\pm 25\%$ от величины номинального тока несрабатывания.

Тепловые реле серии РТТ. Реле предназначены для защиты трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе возникающих при выпадении одной из фаз, а также от несимметрии в фазах (рисунок 15).



Рисунок 14 – Тепловое реле РТЛ

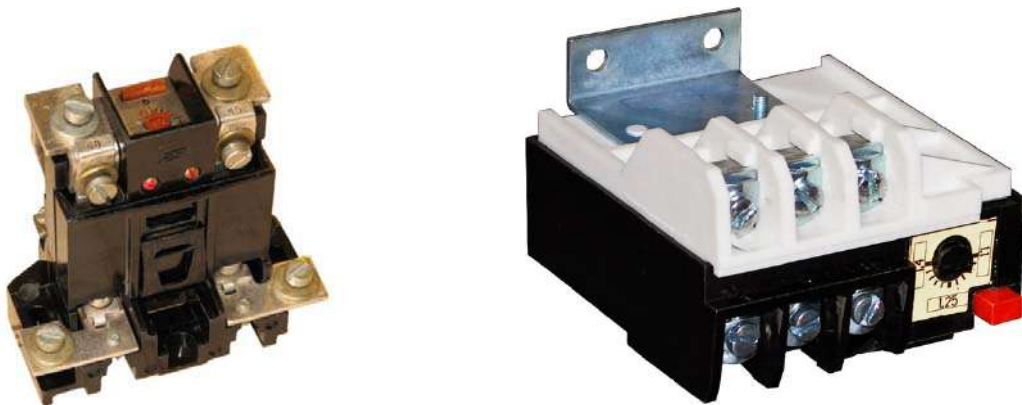


Рисунок 15 – Тепловые реле ТРН и РТТ

Предназначены для применения в качестве комплектующих изделий в схемах управления электроприводами, а также для встройки в магнитные пускатели серии ПМА в целях переменного тока напряжением 660 В частотой 50 или 60 Гц, в цепях постоянного тока напряжением 440 В.

Структура условного обозначения

Р Т Т - 3 X X X X X
1 2 3 4 5 6 7 8 9

- 1) реле;
- 2) электротепловое;
- 3) токовое;
- 4) цифра, определяющая тип реле по величине номинального тока:
3 – исполнение на токи: 50 А; 63 А; 80 А; 100 А; 125 А; 160 А.
- 5) цифра, определяющая способ установки реле:
1 – исполнение для индивидуальной установки;
2 – исполнение для комплектации с пускателями серии ПМА-5000М, ПМА-6000М;
- 6) цифра, определяющая исполнение реле по роду контактов вспомогательной цепи:
1 – исполнение с одним размыкающим контактом, отсутствие цифры обозначает исполнение реле с переключающим контактом;
- 7) буква, определяющая исполнение реле пониженной инерционности;

8) климатическое исполнение УХЛ,0 по ГОСТ 15150-69;

9) категория размещения по ГОСТ 15150-69.

На рисунке 16 представлена схема включения асинхронного электродвигателя при помощи магнитного пускателя.

Предохранители резьбовые сери ПРС

Предохранители предназначены для защиты от перегрузок и коротких замыканий электрооборудования и сетей с номинальным переменным напряжением 380 В частотой 50 или 60 Гц.

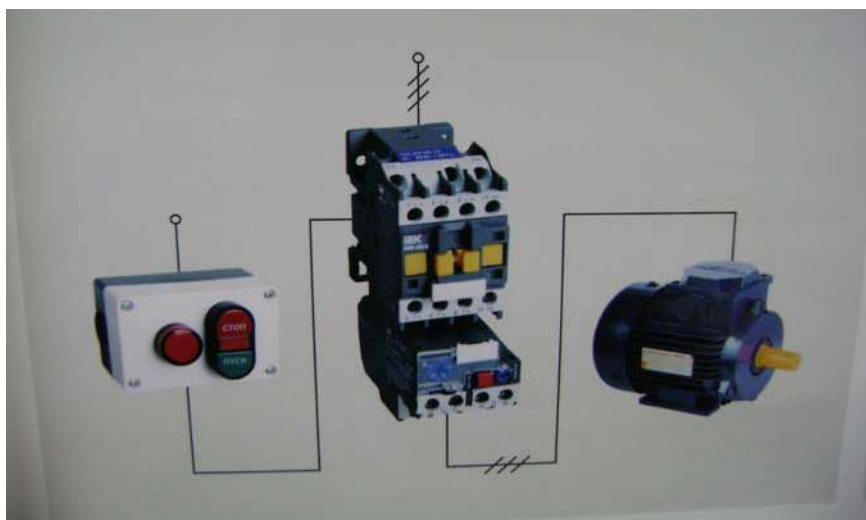


Рисунок 16 – Схема пуска и остановки асинхронного электродвигателя

Структура условного обозначения

ПРС - X X XX - X
1 2 3 4 5

- 1) предохранитель резьбовой на собственном изоляционном основании;
- 2) номинальный ток основания: 6,3; 25; 63; 100 А;
- 3) число полюсов: 1 полюс – не маркируется, «Х2» – 2 полюса, «Х3» – 3 полюса, «х» – знак умножения; климатическое исполнение УЗ, ТЗ, ХЛЗ; вид присоединения проводов к выводам: П – переднее; З – заднее.

Предохранители комплектуются плавкими вставками ПВД (рисунок 17).

Структура условного обозначения

ПВД X - X XX
1 2 3 4

- 1) плавкая вставка;
- 2) габарит;
- 3) величина номинального тока от 1 до 100 А;
- 4) климатическое исполнение УЗ; ТЗ; ХЛЗ



Рисунок 17 – Предохранители серии ПРС

Предохранители плавкие серии ППН

Предохранители предназначены для защиты при перегрузках и коротких замыканиях силовых вспомогательных цепей электроустановок промышленных предприятий, общественных и жилых зданий, переменного тока с номинальным напряжением до 500 В частоты 50 и 60 Гц. Соответствуют стандартам ГОСТ Р МЭК 60269-1-2010 (рисунок 18).

Структура условного обозначения

ППН–XX X X X X ... УХЛЗ
 1 2 3 4 5 6 7

- 1 – условное обозначение серии;
- 2 – условное обозначение габарита (33, 35, 37, 39, 41);
- 3 – условное обозначение комплектации;
- 4 – условное обозначение наличия указателя срабатывания: 0 – без указателя; 3 – с указателем;



Рисунок 18 – Предохранители серии ППН

- 5 – габарит: 00С, 00, 0, 1, 2, 3, 4;
- 6 – величина номинального тока плавкой вставки;
- 7 – климатическое исполнение.

Вопросы для обсуждения

1 Как проводится проверка срабатывания расцепителей автоматических выключателей?

Проверка срабатывания расцепителей автоматических выключателей производится на основании требования параграфа 1.8.34 (п.3) ПУЭ.

Условия измерений. В помещении, где производятся измерения, не должно быть значительных движений воздуха. Питание схемы измерения может осуществляться, как от постоянного тока, так и от временного источника. При измерениях автоматический выключатель должен находиться в рабочем положении с закрытой крышкой, чтобы исключить рассеивание тепла, выделяемого тепловым расцепителем.

2 Дайте расшифровку автоматических выключателей: АЕ1031, АЕ2036ММ, АЕ2044IP, АЕ2046М, ВА5125(340010), ВА5237, ВА57Ф35, ВА6629-14, АП – 50Б ЗМТ, АП – 50 2МТ;

3 Дайте расшифровку магнитных пускателей: ПМЕ - 011, ПМЕ – 224/234, ПМЛ – 1100IP00, ПМЛ – 2100, ПМЛ – 4220, ПМ12-100-150, ПМА3312, ПМА4100;

4 Как выбирается автоматический выключатель?

Выбор автоматических выключателей производят из следующих условий

$$I_{на} \geq I_p,$$

где $I_{на}$, I_p – соответственно номинальный ток автомата и расчетный ток электроприемника, А.

$$I_{тр} \geq K_{тр}I_p,$$

где $I_{тр}$ – ток уставки теплового расцепителя, А;

$K_{тр}$ – коэффициент надёжности (1,25);

$$I_{эмп} \geq K_{эмп}I_{макс},$$

где $I_{эмп}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А;

$K_{эмп}$ – коэффициент надёжности (1,5).

$I_{макс}$ – максимальный ток электроприемника, А.

5 Как выбирается магнитный пускатель?

6 Как выбирается тепловое реле?

7 Как выбирается плавкий предохранитель?

Список литературы

- 1 URL: <http://all-ebooks.com/2010/09/11/137769-vse-chno-kazhdyjj.html> (дата обращения 19.08.2016).
- 2 Колomieц А. П., Кондратьева Н. П., Юран С. И., Владыкин И. Р. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации. – Москва : КолосС, 2007. – 351 с.
- 3 URL: <http://elektrik.info/protection/1053-vybor-avtomaticheskikh-vyklyuchateley-dlya-kvartiry-doma-garazha.html> (дата обращения 19.08.2016).
- 4 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. – 549 с.
- 5 Практикум по технологии монтажа и ремонта электрооборудования / под ред. А. А. Пястолова. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 298 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Практическое занятие по изучению проводов и кабелей. Область применения проводов и кабелей

Цель занятия: ознакомиться с основными параметрами конструкции проводов и кабелей. Методика выбора проводов и кабелей. Способы соединений проводов и кабелей.

Основные вопросы темы

- 1 Изучить устройство и маркировку проводов и кабелей;
- 2 Определить или рассчитать диаметр жил образцов провода или кабеля;
- 3 Изучить различные способы соединения проводов и кабелей электропроводки.
Изучить технологию соединения;
- 4 Выбрать рациональный вариант использования проводов для монтажа проводки для объекта АПК (по заданию преподавателя).

Теоретическая часть

Кабельную продукцию в зависимости от конструкции подразделяют на кабели, провода и шнуры.

Кабель – одна или более изолированных жил (проводников), заключенных, как правило, в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх чего, в зависимости от условий прокладки и эксплуатации, может иметься соответствующий покров, в который может входить броня.

Провод – кабельное изделие, содержащее одну или несколько скрученных проволок или одну или более изолированных жил, поверх которых, в зависимости от условий прокладки и эксплуатации, может иметься лёгкая неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплётка из волокнистых материалов.

Шнур – две или более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до 1,5 мм², скрученных или уложенных параллельно, поверх которых, в зависимости от условий эксплуатации, могут быть наложены неметаллическая оболочка или защитные покрытия.

Основными элементами всех типов кабелей, проводов и шнуров являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и наружные покровы. В зависимости от назначения условий эксплуатации кабелей и проводов, экран и наружные покровы могут отсутствовать.

Разновидности кабелей: АВВГ, ВВГ – силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция и оболочка из поливинилхлоридного (ПВХ) пластика, без защитного покрова (рисунок 19). Область применения – для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах.



Рисунок 19 – Кабель силовой с пластмассовой изоляцией без защитного покрова

АВВГ₃, ВВГ₃ – то же с заполнением. Область применения – для электроснабжения электроустановок, требующих уплотнения кабелей при вводе. Рекомендуются для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях на специальных кабельных эстакадах.

АПВГ, ПВГ – силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляцией из полиэтилена и оболочкой из ПВХ-пластиката без защитного покрова. Область применения – для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках.

АП_ВВГ, П_ВВГ – то же, изоляция из вулканизированного полиэтилена. Область применения – для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях на специальных эстакадах, в блоках.

АВБ_ВШ_В, ВБ_ВШ_В – силовой кабель с алюминиевой или медной токо-проводящей жилой, изоляция из ПВХ-пластиката, защищенный покров типа Б_ВШ_В. Область применения – для прокладки в земле (траншеях), помещениях, туннелях, каналах, шахтах (кроме прокладки в блоках), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям, но при наличии опасности механических повреждений в процессе эксплуатации.

АВВБ, ВВБ – силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция и оболочка из ПВХ-пластиката, с защитным покровом типа Б. Область применения – для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.

АВВГ_{нг}, ВВГ_{нг} – силовой кабель с алюминиевой или медной токо-проводящей жилой, изоляция из ПВХ-пластиката, оболочка из ПВХ-пластиката пониженной горючести. Область применения – для прокладки в кабельных сооружениях и помещениях для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках.

АВБ_ВШ_{нг}, ВБ_ВШ_{нг} – силовой кабель с алюминиевой или медной то-копроводящей жилой, изоляция из ПВХ-пластиката, бронированный, в шланге из ПВХ-пластиката пониженной горючести. Область применения – для прокладки в кабельных сооружениях, помещениях и в сооружениях метрополитена. В пожароопасных и взрывоопасных зонах при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации для АВБ_ВШ_{нг} исключаются взрывоопасные зоны класса В-1 и В-1а.

К обозначению марок кабелей в тропическом исполнении через дефис добавляют букву «Т», кабелей с однопроволочными жилами – буквы «ОЖ» в скобках, кабелей в плоском исполнении – через дефис букву «П».

Конструкция кабеля. Токопроводящая жила – алюминиевая или медная, одно- или многопроволочная круглой или секторной формы; изоляция – из ПВХ-пластиката. В кабелях АПВГ, ПВГ – изоляция из полиэтилена, в кабелях АП_ВВГ, П_ВВГ – изоляция из вулканизированного полиэтилена. Изолированные жилы многожильных кабелей имеют отличительную расцветку: изоляция нулевых жил – голубого цвета; изоляция жил заземления – двухцветная (зелено-желтой расцветкой).

Скрутка – изолированные жилы двух-, трех-, четырех- и пятижильных кабелей скручены. Двухжильные кабели имеют жилы одинакового сечения, трех-, четырех- и пятижильные имеют все жилы одинакового сечения или одну жилу меньшего сечения (жила заземления или нулевая).

Заполнение – в кабелях АВВГ_з, ВВГ_з выполняется из ПВХ-пластиката или невулканизированной резиновой смеси.

Поясная изоляция – в кабелях с защитным покровом типа Б_ВШ_В выпрессована из ПВХ-пластиката или материала изоляции, либо другого равноценного материала.

Оболочка – из ПВХ-пластиката. Защитный покров кабеля.

В кабелях АВБ_ВШ_В, ВБ_ВШ_В, АВБ_ВШ_{нг} типа Б_ВШ_В:

– броня из двух стальных лент, наложенных с перекрытием по спирали;

– защитный шланг выпрессован из ПВХ-пластиката. В кабелях АВВБ, ВВБ типа Б:

– подушка из крепированной бумаги;

– броня из двух стальных лент, наложенных по спирали с перекрытием;

– наружный покров из стеклопряжи, битума, мелкого состава. В кабелях АВВБГ, ВВБГ типа БГ:

– подушка из крепированной бумаги и битума;

– броня из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием.

Установочные провода (рисунок 20) применяют в зданиях для скрытой или открытой электропроводки. Количество жил в них – одна, две или три. Жилы бывают медными или алюминиевыми. Установочные провода, используемые для квартирной электропроводки, имеют сечение от 1 до 4 мм² и резиновую, полиэтиленовую или поливинилхлоридную (ПВХ) изоляцию. Установочные провода, используемые на промышленных предприятиях, могут иметь сечение от 0,5 до 500 мм².

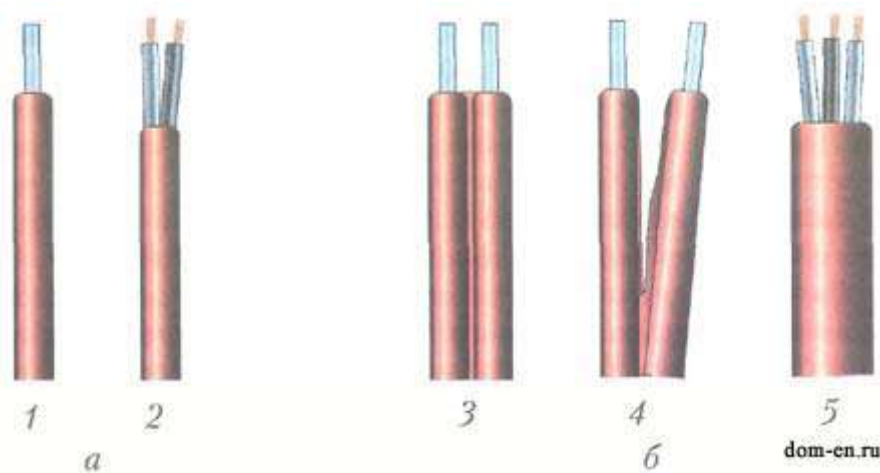
Для электропроводки применяют круглые (рисунок 20 а) и плоские (рисунок 20 б) провода. Номинальное напряжение, на которое они должны быть рассчитаны, – не ниже 220 В.

В зависимости от условий прокладки электропроводки и ее эксплуатации, по специальным таблицам по величине сечения жил выбирают требуемый тип установочного провода. Чтобы пользоваться этими таблицами, необходимо знать маркировку установочных проводов, которую можно найти в электротехнических справочниках. Например, для квартирной электропроводки используют наряду с другими провод типа ППВ 3х1,5. Его маркировка расшифровывается так: плоский провод (ПП) с тремя медными жилами сечением 1,5 мм² (1,5) в поливинилхлоридной изоляции (В).

Обозначения марок установочных проводов. Материал жилы: А – алюминий, если буквы А нет, то жилы медные, пример АПВ и ПВ.

Наименование изделия: П – провод; ПП – провод плоский; У – установочный; Ш – шнур. Например, АПВ, АППВ, ШР, УВГ.

Материал изоляции: А – асбест, В – поливинилхлорид, Р – резина, К – кремнийорганическая жаростойкая резина, Б – бутиловая теплостойкая резина, Н – найритовая негорючая резина, И – резина с защитным слоем, П – полиэтилен. Например, ПАЛ, АПВ, АПРИ, ПРБС, АПН, ПП, ПРКС.



*а – круглые: 1 – одножильный
однопроводочный с алюминиевой жилой; 2 – двухжильный
многопроводочный с медной жилой; б – плоские с медными жилами:
3, 4 – двухжильные однопроводочные; 5 – трехжильный многопроводочный*
Рисунок 20 – Установочные провода

Назначение провода: Г – гибкий, С – для скрытой прокладки, Т – для прокладки в трубе. 1, 2, 3, 4 – степень гибкости. ОГ – особо гибкий. Например ИРГ, АППВС, ПРТО, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, УВОГ. Дополнительные признаки: В – поливинилхлоридная оболочка, О – хлопчатобумажная оплетка, Л – хлопчатобумажная оплетка с лаком, С – оплетка из стеклоткани, Ф – фальцованная оболочка, Ш – оплетка из шелка лавсан, Р – оболочка из резины, П – панцирный, оплетка из проволок, Д – двойной. Например, АПРВ, ПРТО, ПРЛ, ПРКС, АПФР, ПРДШ, ПРПП.

Количество жил и их сечение, мм; если провод одножильный, количество не ставится. Пример: АПВ – 2,5мм²; ППВ – 3х2,5 мм².

В таблицах 1 и 2 приведены марки, конструкции и область применения установочных проводов.

Провода марок АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, АППВ, ППВ выпускаются в соответствии с ГОСТ 6223-79, провода марки ПРКА в соответствии ТУ 16.505.317-76. Провода марок АПБПП, ПБПП, ПБППз и ПУНП выпускаются в соответствии с ТУ 16.К80-08-89, ТУ 16.К 13-020-93 и по документации производителей.

Провода марок АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, АППВ, ППВ, ПБППз предназначены для эксплуатации в сетях на номинальное переменное напряжение до 450 В, частотой до 400 Гц или постоянное напряжение до 1000 В, остальные с пластмассовой изоляцией в сетях на номинальное переменное напряжение 250 В, частотой 50 Гц, провода марки ПРКА в сетях на номинальное переменное напряжение до 660 В.

Длительно допустимая температура токопроводящих жил проводов с пластмассовой изоляцией не должна превышать 70 °С, проводов марки ПРКА – 180 °С.

Номинальная толщина разделительного основания проводов марок АППВ и ППВ составляет 0,5 мм, ширина – 1,0 мм.

Номинальная толщина изоляции проводов марок АПБПП и ПБПП составляет 0,5 мм, толщина оболочки 0,8 мм, для проводов марки ПУНП – 0,5 мм и 0,7 мм соответственно.

Обозначения марок установочных проводов. Материал жилы: А – алюминий, если буквы А нет, то жилы медные, пример АПВ и ПВ.

Наименование изделия: П – провод; ПП – провод плоский; У – установочный; Ш – шнур. Например, АПВ, АППВ, ШР, УВГ.

Материал изоляции: А – асбест, В – поливинилхлорид, Р – резина, К – кремнийорганическая жаростойкая резина, Б – бутиловая теплостойкая резина, Н – найритовая негорючая резина, И – резина с защитным слоем, П – полиэтилен. Например, ПАЛ, АПВ, АПРИ, ПРБС, АПН, ПП, ПРКС.

Назначение провода: Г – гибкий, С – для скрытой прокладки, Т – для прокладки в трубе. 1, 2, 3, 4 – степень гибкости. ОГ – особо гибкий. Например ИРГ, АППВС, ПРТО, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, УВОГ. Дополнительные признаки: В – поливинилхлоридная оболочка, О – хлопчатобумажная оплетка, Л – хлопчатобумажная оплетка с лаком, С – оплетка из стеклоткани, Ф – фальцованная оболочка, Ш – оплетка из шелка лавсан, Р – оболочка из резины, П – панцирный, оплетка из проволок, Д – двойной. Например, АПРВ, ПРТО, ПРЛ, ПРКС, АПФР, ПРДШ, ПРРП.

Количество жил и их сечение, мм; если провод одножильный, количество не ставится. Пример: АПВ – 2,5 мм²; ППВ – 3х2,5 мм².

В таблицах 1, 2 и 3 приведены марки, конструкции и область применения установочных проводов.

Провода марок АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, АППВ, ППВ выпускаются в соответствии с ГОСТ 6223-79, провода марки ПРКА в соответствии ТУ 16.505.317-76. Провода марок АПБПП, ПБПП, ПБППз и ПУНП выпускаются в соответствии с ТУ 16.К80-08-89, ТУ 16.К 13-020-93 и по документации производителей.

Провода марок АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, ПВ4, АППВ, ППВ, ПБППз предназначены для эксплуатации в сетях на номинальное переменное напряжение до 450 В, частотой до 400 Гц или постоянное напряжение до 1000 В, остальные с пластмассовой изоляцией в сетях на номинальное переменное напряжение 250 В, частотой 50 Гц, провода марки ПРКА в сетях на номинальное переменное напряжение до 660 В.

Длительно допустимая температура токопроводящих жил проводов с пластмассовой изоляцией не должна превышать 70 °С, проводов марки ПРКА – 180 °С.

Номинальная толщина разделительного основания проводов марок АППВ и ППВ составляет 0,5 мм, ширина – 1,0 мм.

Таблица 1– Марки, элементы конструкции и области применения

Марка провода	Конструктивные особенности	Область применения
АПВ	Провод с алюминиевой жилой с поливинилхлоридной изоляцией	Для прокладки в стальных трубах, пустотных каналах строительных конструкций, на лотках и др., для монтажа электрических цепей
ПВ1	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПВ2	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	Для монтажа участков электрических цепей, где возможны изгибы проводов
ПВ3	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией повышенной гибкости	То же
ПВ4	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией, особо гибкий	Для монтажа участков электрических цепей, где возможны частые изгибы проводов
АППВ	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией, плоский с разделительным основанием	Для негибкого монтажа
ППВ	То же с медными жилами	То же
АПБПП	Провод плоский с двумя алюминиевыми жилами с пластмассовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката	Для неподвижной прокладки в осветительных сетях

Номинальная толщина изоляции проводов марок АПБПП и ПБПП составляет 0,5 мм, толщина оболочки 0,8 мм, для проводов марки ПУНП – 0,5 мм и 0,7 мм, соответственно.

Таблица 2 – Конструктивные параметры проводов

Марка провода	Число жил	Диапазон номинальных сечений, мм	Класс жил
АПВ	1	2,5-16/25-120	1/2
ПВ1	1	0,5-10/16-95	1/2
ПВ2	1	2,5-95	2
ПВ3	1	0,5-1,5 2,5; 4,0 6,0-95	2 4 3
ПВ4	1	0,5; 0,75/1,0; 1,5/2,5; 4,0/ 6,0; 10	5/4 или 5/5/4 или 5
АППВ	2 или 3	2,5-6,0	1
ППВ	2 или 3	0,75-4,0	1
АПБПП	2	2,5; 4,0	1
ПБПП	2 или 3	15-25	1
ПБППз	3	1,0-2,5	1
ПУНП	2/2 или 3	1,0/1,5-6,0	1/1
ПРКА	1	0,5-2,5	1

Таблица 3 – Номинальная толщина изоляции проводов марок АПВ, ПВ, мм

Номинальное сечение жилы, мм ²	Значения толщины
0,5-1,0	0,6
1,5	0,7
2,5-6,0	0,8
10; 16	1,0
25; 35	1,2
50; 70	1,4
95;120	1,6

В сельском хозяйстве наиболее распространены кабели следующих марок: ШРПЛ (ШРПС) – провод (кабель) шланговый, с резиновой изоляцией, переносный,

двухжильный (в более прочном шланге) сечением 0,5; 1; 1,5 мм², трех- и четырехжильный сечением 0,75...4 мм²; КРПТ (АКРПТ) – кабель переносный тяжелый, с резиновой изоляцией в шланговой оболочке, 500 В, одно-, двух-, трех- и четырехжильный сечением 2,5...70 мм² (16...95 мм²); ВРГ, АВРГ (НРГ, АНРГ) – кабель в полихлорвиниловой (В) или негорючей (найритовой) оболочке на напряжение 500 В, с одной, двумя и тремя медными жилами сечением 1...240 мм² (медный) и 4...185 мм² (алюминиевый). Эти кабели могут быть и в бронированном исполнении (ВРБ, АВРБ и т. п.); АВВ (АВП) – кабель с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной (полиэтиленовой) изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, имеет от 2 до 7 жил сечением 2,5...50 мм² (16...50 мм²); АВБВ – кабель с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, бронирован двумя стальными лентами в поливинилхлоридной наружной оболочке, имеет 2, 3, 4 жилы сечением 2,5...120 мм².

Соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей

Требования к качеству соединения, ответвления и оконцевания. Согласно ПУЭ к качеству соединения, ответвления и оконцевания предъявляются следующие требования:

- соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (винтовых, болтовых и т. п.);
- в местах соединения, ответвления и присоединения жил проводов или кабелей должен быть предусмотрен запас провода (кабеля), обеспечивающий возможность повторного соединения ответвления или присоединения;
- места соединения и ответвления проводов и кабелей должны быть доступны для осмотра и ремонта;
- в местах соединения и ответвления провода и кабели не должны испытывать механических усилий тяжения;
- места соединения и ответвления жил проводов и кабелей, а также соединительные и ответвительные сжимы и т. п. должны иметь изоляцию, равноценную изоляции жил целых мест этих проводов и кабелей;
- соединение и ответвление проводов и кабелей, за исключением проводов, проложенных на изолирующих опорах, должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках, в изоляционных корпусах соединительных и ответвительных сжимов, в специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин. При прокладке на изолирующих опорах соединение или ответвление проводов следует выполнять непосредственно у изолятора, клицы или на них, а также на ролике.

Способы соединения. Рассмотрим некоторые способы соединения жил проводов и кабелей электропроводки.

Опрессовка. Основные этапы работ по опрессовке следующие (рисунок 21). В зависимости от сечения и материала жил провода или кабеля выбирают нужный тип гильзы (полая медная или алюминиевая трубка, в зависимости от соединяемого материала проводов). Подбирается инструмент для выполнения опрессовки. С жил снимается изоляция на длину, определяемую типом гильзы. Концы жил зачищаются до металлического блеска и сразу же смазываются кварцевазелиновой пастой (зачистка и смазка гильз выполняются в случае, если это не было выполнено на заводе-изготовителе). В гильзу с обеих сторон вставляются соединяемые жилы, после чего она обжимается, затем изолируют место соединения изоляцией.

Зажимы. Широко применяются в настоящее время для выполнения соединения жил проводов и кабелей электропроводки. Это связано с простотой выполнения операций и отсутствием необходимости в специальном монтажном инструменте. Для выполнения соединения жил данным способом требуется снять с них изоляцию, на длину, определяемую типом зажима, и закрепить жилы в зажиме. Различают клеммные зажимы, зажимы бугельного типа, прокалывающего типа и пружинные зажимы (рисунок 21).



а



б

*а – медные гильзы; б – обжимные клещи
Рисунок 21 – Обпрессовка жил*



а



б



в

*а – клеммные зажимы; б – бугельный зажим; в – пружинный зажим
Рисунок 22 – Зажимы для соединения жил проводов и кабелей
электропроводки*

Клеммные зажимы. Выпускаются с прижимной планкой, предназначены для соединения многожильных проводов, и без прижимной планки – для одножильных. Устройство клеммных колодок позволяет не использовать дополнительную изоляцию места соединения (рисунки 22, 23).

Клеммная колодка – электроустановочное изделие, предназначенное для соединения проводов. Представляет собой пару (или больше) металлических контактов с узлами крепления к ним проводов в электрическом корпусе.

Клеммные зажимы бывают различной конструкции, здесь мы рассмотрим применение клеммных зажимов винтового типа для соединения проводов электропроводки.



Рисунок 23 – Клеммные колодки винтового типа

В настоящее время в быту широко применяются клеммные колодки, показанные на рисунке 24.



Рисунок 24 – Клеммная колодка LTA12-6.0 и латунная гильза с гальваническим покрытием, входящая в ее конструкцию

Они состоят из латунной гильзы с двумя болтами, помещенными в пластмассовый корпус. Колодки данного типа предназначены для соединения проводов сечением, как правило, от 0,5 мм² до 35 мм².

Технология соединения проводов очень проста:

1 Отрезают от колодки требуемое для выполнения соединения проводов количество клемм (рисунок 25).

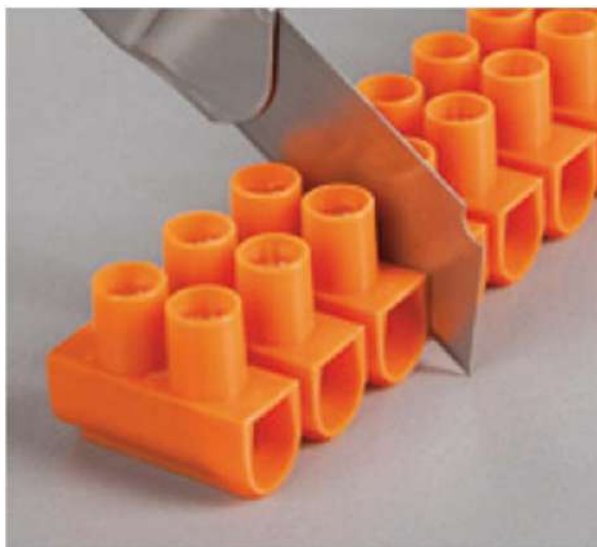


Рисунок 25 – Отрезка необходимого количества клемм

2 Зачищают изоляцию провода на длину примерно от 5 до 12 мм в зависимости от типа клеммной колодки (рисунок 26).

3 Вставляют концы соединяемых проводов в клеммный зажим и затягивают винты.

Достоинства соединения проводов с помощью клеммных колодок:

1 Низкая стоимость изделия. Соединение проводов с помощью зажимов данного типа не требует применения специального инструмента (паяльник, сварочный аппарат, пресс-клещи);

2 Монтаж проводов выполняется очень быстро и просто;

3 Клеммные зажимы болтового типа можно использовать многократно.

Недостатки соединения проводов с помощью клеммных колодок:

1 Не рекомендуется соединять алюминиевые провода вследствие текучести данного металла. Если Вы все же используете зажимы данного типа для соединения алюминиевых проводов, то необходимо периодически проверять и в случае необходимости подтягивать болтовые соединения, чтобы исключить увеличение переходного сопротивления контакта и, как следствие, недопустимый нагрев клеммного зажима;

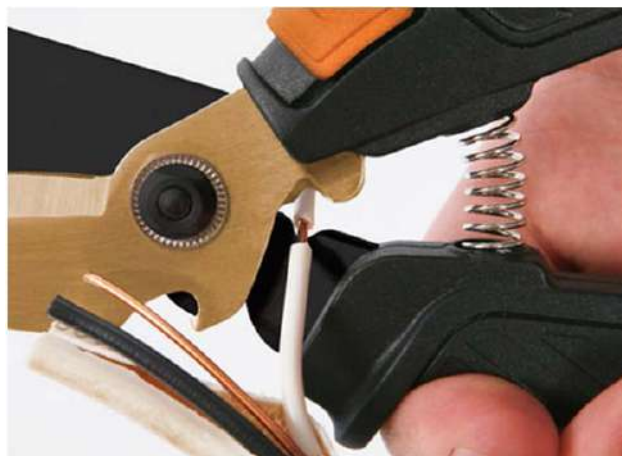


Рисунок 26 – Зачистка изоляции провода

2 Не рекомендуется соединять многожильные провода, если винтовой зажим не имеет прижимной пластины. Если Вы все же используете винтовые зажимы для соединения многожильных проводов, то рекомендуется пропаять концы соединяемых проводов или выполнить их оконцевание.

Бугельный зажим. Отличается от обычных клеммных зажимов тем, что на прижимной планке имеются насечки, которые рассекают оксидный слой на жиле провода, увеличивая площадь контакта и качество соединения. Кроме того, конструкция корпуса данного зажима препятствует самопроизвольному развинчиванию прижимного винта.

Прокалывающий зажим. Особенность данного зажима в том, что при соединении проводов с последних не требуется снимать изоляцию. Зажим состоит из пластмассового корпуса и Ш-образной контактной пластины, которая после монтажа зажима раздвигает изоляцию провода и обеспечивает электрический контакт между соединяемыми проводами.

Рассмотрим более подробно один из способов – соединение с помощью прокалывающих зажимов типа Scotchlok (рисунок 27).



а



б

Рисунок 27 – Зажим Scotchlok

Зажим состоит из пластмассового корпуса (а) и Ш-образной контактной пластины (б).

Зажимы Scotchlok используются для выполнения ответвления и соединения медных проводов и жил кабелей. После монтажа, за счет специальной формы контактной пластины зажима, изоляция раздвигается, а не разрезается, проволоки жилы сжимаются, а не режутся.

Рассмотрим технологию соединения проводов и жил кабелей с помощью зажима Scotchlok на примере кабеля ВВГ (4х2,5).

Для выполнения соединения кабелей используются четыре зажима и термоусаживаемая трубка – для восстановления оболочки кабеля. Разделка кабеля заключается в снятии оболочки, изоляцию жил удалять не нужно (рисунок 28).

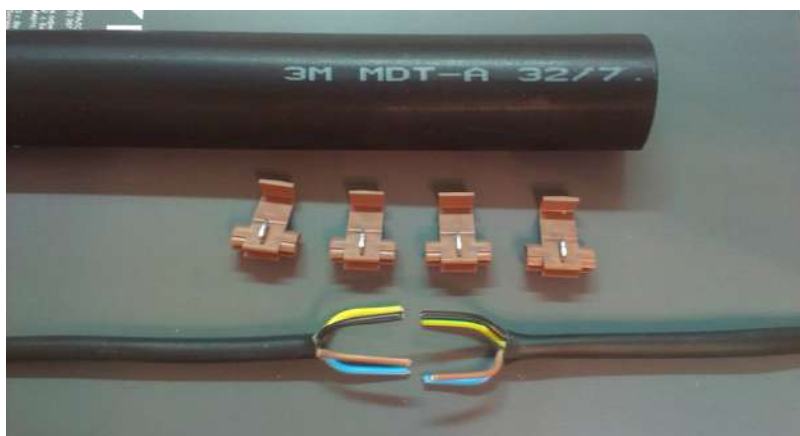


Рисунок 28 – Разделка кабеля и требуемые материалы

Далее устанавливают соединители на жилы кабеля и пассатижами утапливают Ш-образную контактную пластину в корпус зажима (рисунок 29).



Рисунок 29 – Установка соединителей и контактной пластины

Закрывают контактную пластину крышкой зажима и компактно размещают соединители. Надвигают на место соединения предварительно размещенную на кабеле термоусаживаемую трубку (рисунок 30).



Рисунок 30 – Установка термоусаживаемой трубки

Усаживают трубку промышленным феном или горелкой, в направлении от центра к краям, до появления клея по краям трубки (рисунок 31).



Рисунок 31 – Усаживание трубки

Пружинный зажим. Является наиболее простым способом соединения проводов. Требуется только зачистить жилу от изоляции и вставить в зажим, где она надежно фиксируется с помощью специального пружинного механизма. Одно из достоинств данных зажимов – возможность соединения проводов разного диаметра, как медных, так и алюминиевых, они не контактируют между собой, что исключает электрокоррозию. Кроме того, гель, заполняющий внутренний объем, разрушает оксидную пленку на алюминии и защищает его от коррозии.

Соединение электропроводки скруткой колпачками. Колпачковые соединительные электрические зажимы (СИЗ) пружинного типа предназначены для соединения двух или более кабелей/проводов с медными жилами сечением от 0,5 до 10,0 мм² и изоляции соединения. Для каждого типоразмера СИЗ производитель указывает диапазон (минимальное и максимальное) суммарного сечения соединяемых проводов. Данный тип зажимов можно использовать многократно. Некоторые производители для облегчения выбора зажима изготавливают их разного цвета – в зависимости от типоразмера (рисунок 32).

СИЗ состоит из корпуса и сердечника. Корпус зажима изготавливают из пластмассы (ПВХ, нейлон, полипропилен), не поддерживающей горения. Для облегчения закручивания колпачка при монтаже корпус имеет специальные ребра или выступы.

Сердечник колпачка представляет собой металлическую пружину конусовидной формы. Когда колпачок навинчивают на жилы, пружина сжимает их, обеспечивая электрический контакт.



Рисунок 32 – Колпачковые соединительные электрические зажимы (СИЗ)

Применяются данные соединительные зажимы при монтаже электропроводок жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений. Не допускается применение СИЗ во взрывоопасных, химически активных и влажных средах без соединительных (ответвительных) коробок соответствующей степени защиты.

В зависимости от сечения и количества соединяемых жил проводов (т.е. от суммарного сечения) выбирают нужный типоразмер СИЗ (таблица 4). Рекомендуется выбирать типоразмер колпачка таким образом, чтобы суммарное сечение соединяемых жил находилось в середине диапазона сечений, указанного в паспорте СИЗ. Например, если суммарный диапазон соединяемых проводов – 5 мм², то рекомендуется использовать зажим СИЗ-4, а не СИЗ-3 или СИЗ-5.

Порядок монтажа. Зачищается изоляция жил проводов или кабелей. Изоляция удаляется на такую величину, чтобы оголенная жила после выполнения соединения не выступала за изолирующую часть колпачка. Для того, чтобы определить эту величину, провод можно вставить в колпачок и отметить место среза изоляции (чуть меньше длины колпачка). В соответствии с паспортом СИЗ некоторых производителей величина снятия изоляции составляет 10-12 мм (рисунок 33).

Таблица 4 – Типоразмеры СИЗ типа «колпачок»

Наименование зажима	Суммарное сечение, мм ²	
	минимальное	максимальное
СИЗ-1	1,0	3,0
СИЗ-2	1,0	4,5
СИЗ-3	1,5	6,0
СИЗ-4	1,5	9,5
СИЗ-5	4,0	13,5

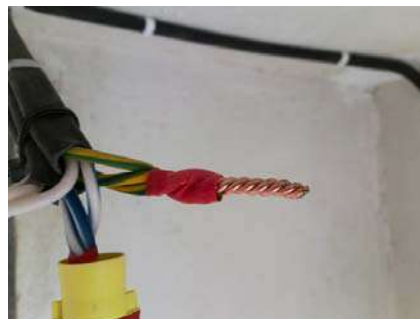


Рисунок 33 – Величина снятия изоляции

Зачищенные концы жил выравнивают и плотно сжимают вместе, таким образом, чтобы они образовали острый угол или скручивают.

Надевают СИЗ на зачищенные концы проводов, так чтобы они вошли внутрь конуса пружины и вращают зажим по часовой стрелке до момента фиксации (для демонтажа соединителя следует вращать СИЗ против часовой стрелки) (рисунок 34).

Выполняют (в случае необходимости) дополнительную намотку скотч-лентой. Как правило, эту операцию выполняют, если длина снятия изоляции была неправильно рассчитана и оголенная часть проводов выходит из под колпачка, а также для того, чтобы сделать место соединения более защищенным от механических воздействий и влияния окружающей среды (рисунок 34).



Рисунок 34 – Монтаж СИЗ

Основное достоинство СИЗ типа «колпачок» — это скорость и простота монтажа, так как:

- не требуется применение дополнительного инструмента и приспособлений;
- не требуется дополнительной изоляции места соединения, так как корпус СИЗ выполняет функции изолятора.

Недостатки колпачковых СИЗ:

- необходимо правильно подобрать типоразмер зажима, иначе колпачок после монтажа может слететь;
- можно соединять только медные жилы проводов и кабелей. Следует отметить, что существуют также зажимы-колпачки специальной конструкции (их отличительная особенность в том, что корпус заполнен антиоксидной пастой) для соединения алюминиевых жил;
- имеют степень защиты IP-20, поэтому их нельзя использовать при открытом уличном монтаже.

Пайка. В настоящее время применяется редко, так как данная операция требует достаточно много времени, специального инструмента (газовой горелки или паяльника, источника его питания и материалов), припой, флюс. Кроме того, не рекомендуется использовать пайку для соединения, которое будет испытывать механическое воздействие. Пайку применяют для соединения алюминиевых жил проводов и кабелей электропроводки вместо болтового соединения, так как алюминий имеет свойство «вытекать» из-под винтов, размягчаясь от небольшого нагрева контакта при протекании тока. При этом сила прижима существенно ослабевает, что еще больше повышает температуру.

Сварка. Кроме описанных ранее способов соединения проводов достаточно широко в последнее время применяется сварка. Сварное соединение предпочтительнее всех остальных — с его помощью проще всего получить достаточно надежный и качественный контакт. Поэтому срок безотказной работы электропроводки получается очень большим. Для соединения проводов можно использовать три вида сварки: контактную, газовую и термитную.

Контактную сварку проводов производят сварочным аппаратом, как переменным, так и постоянным током при напряжении 12-36 В.

Сварка состоит из нескольких технологических операций. Сначала с проводов следует снять оболочку и изоляцию, после чего выполнить скрутку. Полученную скрутку подрезать так, чтобы концы всех проводов были на одном уровне, а длина скрутки получилась бы не менее 50 мм. После этого на скрутку устанавливается медный теплоотводящий зажим и подключается «масса» сварочного аппарата. После этих операций к концу скрутки подносят торец заряженного в держатель угольного «карандаша» и производят сварку (рисунок 35).



Рисунок 35 – Сварочный аппарат ТС-700-2

В результате на конце скрутки должен образоваться аккуратный шарик расплавленного металла, после чего сварку следует прекратить. Чтобы не расплавить изоляцию проводов, время сварки каждой скрутки не должно превышать 1-2 сек (рисунок 36).



Рисунок 36 – Сварка скрутки

После того, как сваренные скрутки остынут, их следует заизолировать.

Скрутка. В настоящее время скрутка, как способ соединения жил запрещена. Она применяется только совместно с каким либо другим способом соединения, например, с последующей пайкой или сваркой.

Ответвление. Для выполнения ответвления применяются такие же способы, как и для соединения жил проводов и кабелей.

В качестве зажимов, кроме описанных выше типов, часто используют ответвительные зажимы типа «орехи», состоящие из двух стальных пластин с канавками под проводники, сжимаемые четырьмя винтами, расположенные в пластмассовом корпусе. Между ними располагается еще одна плоская пластина, которая исключает непосредственный контакт между жилами, – в случае, когда соединяют медные и алюминиевые провода (рисунок 37).



Рисунок 37 – Ответвительный зажим – «орех»

Порядок выполнения работы

Задание

- 1 Изучить устройство кабелей, проводов, шнуров, их маркирование, условия выбора и способы прокладки в земле, в цехах, в жилых помещениях;
- 2 Выбрать сечение проводов и кабелей для объекта (по заданию преподавателя).

Содержание отчета

- 1 Разрез кабеля до 1000 В и описание его конструкции;
- 2 Краткое описание назначения 5 любых наименований изолированных проводов и области их применения;
- 3 Краткое описание конструкции и области применения 5 образцов кабелей, представленных в лаборатории;
- 4 Выбор марки и сечения проводников электрической сети.

1 Выбор сечения проводов и кабелей

Для выбора сечения проводов и кабелей необходимо учитывать величину максимально потребляемого нагрузкой тока:

для однофазной нагрузки
$$I_H = \frac{P_H}{U_C}, A$$

где P_H – мощность нагрузки, Вт;
 U_C – питающее напряжение;

для трёхфазной нагрузки
$$I_H = \frac{P_H}{U_C \cdot \sqrt{3}}, A.$$

При выборе сечения провода необходимо предусмотреть подключение дополнительной нагрузки. Для этого используется коэффициент запаса K_3 , который умножается на рассчитанную мощность нагрузки.

Таблица 5 – Допустимый длительный ток для проводов и кабелей

Проложенные открыто						S	Проложенные в трубе					
Медные жилы			Алюминиевые жилы				Медные жилы			Алюминиевые жилы		
Ток	Мощность, кВт		Ток	Мощность, кВт			Ток	Мощность, кВт		Ток	Мощность, кВт	
А	220 В	380 В	А	220 В	380 В		А	220 В	380 В	А	220 В	380 В
11	2.4	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
15	3.3	-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-	-
17	3.7	6.4	-	-	-	1,0	14	3	5.3	-	-	-
23	5	8.7	-	-	-	1.5	15	3.3	5.7	-	-	-
26	5.7	9.8	21	4.6	7.9	2,0	19	4.1	7.2	14	3	5,3
30	6.6	11	24	5.2	9.1	2.5	21	4.6	7.9	16	3,5	6
41	9	15	32	7	12	4,0	27	5.9	10	21	4,6	7,9
50	11	19	39	8.5	14	6,0	34	7.4	12	26	5,7	9,8
80	17	30	60	13	22	10,0	50	11	19	38	8,3	14
100	22	38	75	16	28	16,0	80	17	30	55	12	20
140	30	53	105	23	39	25,0	100	22	38	65	14	24
170	37	64	130	28	49	35,0	135	29	51	75	16	28

Зная суммарный ток всех потребителей, из таблицы 5 выбирают ближайшее большее значение сечения провода S.

2 Расчёт проводов и кабелей

Расчёт сечения проводов и кабелей осуществляется обычно тремя способами.

По допустимому нагреву

При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности. При относительно небольшой длине линий (~ до 30 м) расчёт на нагревание является определяющим.

В таблице 6 указана допустимая токовая нагрузка в процентах в зависимости от температуры окружающей среды. Расчетный ток нагрузки при этом пересчитывается по формуле

$$I_p = I_n + I_n \frac{100 - \%}{100}, A.$$

По таблице 5 выбираем сечение проводника.

Для безаварийной работы проводов и кабелей нормами установлена предельно допустимая температура нагрева (60-80° С) в зависимости от типа изоляции, условий монтажа и температуры окружающей среды.

Выбор проводов и кабелей по допустимой потере напряжения

Сечение проводов и кабелей по допустимой потере напряжения определяют главным образом для осветительных сетей. Для силовых сетей этот метод применяют лишь при сравнительно большой их протяжённости.

Таблица 6 – Допустимая токовая нагрузка в зависимости от температуры окружающей среды изолированных проводов и кабелей

Температура окружающей среды, °С	Допустимая токовая нагрузка (в %)	
	Резиновая изоляция %	ПХВ-изоляция %
от 20 до 30	100	100
от 30 до 35	91	92
от 35 до 40	82	87
от 40 до 45	71	79
от 45 до 50	58	71
от 50 до 55	41	61

Допустимую потерю напряжения от источника тока до наиболее отдаленной по значению нагрузки (в процентах от номинального напряжения) можно применять:

5% – для силовых сетей напряжением до 1000 В;

2,5% – для осветительных сетей.

При расчете сетей по потере напряжения исходят из уровней напряжения для наиболее удаленной лампы. Выбор проводов по потере напряжения производится по формуле:

$$S = \frac{M}{c \Delta U},$$

где M – момент нагрузки, кВт·м;

c – постоянная, зависящая от материала провода, напряжения и рода тока сети (для медного провода и напряжении питания 220 В составляет 12,8, алюминиевого – 7,4);

ΔU – потеря напряжения, %.

Момент нагрузки определяется из выражения

$$M = P \cdot L,$$

где L – длина линии от пункта питания до наиболее удаленной лампы, м.

Выбор проводов и кабелей по механической прочности

Исходя из соображений механической прочности, при малых значениях силы тока сечение медной жилы берут не менее 1 мм², а алюминиевой – 2,5 мм².

После выполнения этих расчётов выбирают стандартное сечение жилы проводника, равное максимальному из расчётных значений (или ближайшее большее).

Вариант 1 – Минимаркет

Исходные данные. Нагрузка: холодильные камеры – 2 шт., 2 кВт; холодильник – 1,2 кВт; кондиционер – 1,5 кВт; микроволновая печь – 1,4 кВт; подсветка витрин – 10×15 Вт; светильники – 10 шт., 4×30 Вт; внешняя подсветка – 600 Вт; коэффициент запаса $K_3 = 1,3$.

Способ прокладки проводки: скрытая по полимерным материалам.

Расчитать и выбрать провода, кабели:

- вводный;
- электрической сети минимаркета;
- осветительной сети минимаркета;
- электрической сети внешней подсветки.

Полученные расчетные данные свести в таблицу 7.

Таблица 7 – Данные расчета и выбора

Провод, кабель	Ток нагрузк и I_n, A	Ток по допустимому нагреву I_p, A	Сечение по потере напряжения S_n, A	Выбранное сечение S, A	Марка провода, кабеля
Вводный			-		
Электросети магазина			-		
Осветительной сети магазина					
Электросети внешней подсветки					

Контрольные вопросы

1 Дайте расшифровку установочных проводов: АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3, АППВ, ППВ, АПБПП, ПБППз, ПУНП, ПРКА, ПВС, ШВВП (рисунок 38).



Рисунок 38 – Провода и кабели

2 Дайте расшифровку кабелей: ВВГнг, КГВВ, ВБШв, АПвЭПШв, АВТВ, NYM, NYM-J, АВВГ, ВВГ, АПвПу, АВБШПВ.

3 Перечислите способы соединения проводов и кабелей электропроводки.

- 4 Какие требования предъявляются к контактному соединению?
- 5 Какое соединение называется неразборным?
- 6 Что называется опрессовкой?
- 7 Что называется контактным соединением?
- 8 Назовите способы выполнения контактных соединений.
- 9 Каковы особенности соединения алюминиевых жил болтами?
- 10 Опишите особенности конструкции зажимов прокалывающего типа.
- 11 Опишите особенности конструкции клеммных колодок.
- 12 Опишите основные этапы работ по соединению проводов с помощью клеммных колодок.
- 13 В чем особенность соединения проводов колпачковыми соединительными зажимами.
- 14 Перечислите достоинства и недостатки соединения электропроводки скруткой колпачками.
- 15 Что называется пайкой?
- 16 Назовите способы сварки цветных металлов.
- 17 Дайте сравнительную оценку механической прочности и переходного сопротивления разборного соединения, опрессовки, сварки, пайки.

Список литературы

- 1 URL: <http://all-ebooks.com/2010/09/11/137769-vse-cto-kazhdyjj.html> (дата обращения 19.08.2016).
- 2 Коломиец А. П., Кондратьева Н. П., Юран С. И., Владыкин И. Р. *Монтаж электрооборудования и средств автоматизации.* – Москва : КолосС, 2007. – 351с.
- 3 URL: <http://elektrik.info/protection/1053-vybor-avtomaticheskikh-vyklyuchateley-dlya-kvartiry-doma-garazha.html> (дата обращения 27.08.2016г.).
- 4 *Правила устройства электроустановок.* — 7-е изд. — Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. — 549 с.
- 5 *Практикум по технологии монтажа и ремонта электрооборудования / под ред. А. А. Пястолова.* – Москва : Агропромиздат, 1990. – 298с.
- 6 Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. *Технология электромонтажных работ.* – Москва : Высшая школа, 2002. –301с.
- 7 URL: <http://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part4/&page=page5> (дата обращения 27.08.2016).
- 8 URL: <http://elektro-montagnik.ru/?address=labs/lab10/&page=content> (дата обращения 27.08.2016).
- 9 URL: <http://elektro-montagnik.ru/?address=labs/lab10/&page=content> (дата обращения 13.09.2016).
- 10 Кабышев А. В., Обухов С. Г. *Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию : учеб. пособие.* – Томск, 2005. – 168 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Электрические схемы. Чтение электрических схем. Составление монтажных схем

Цель занятия: методика составления электрических схем. Чтение электрических схем.

Основные вопросы темы

- 1 Электрическая схема как конструктивный документ;
- 2 Принципиальная электрическая схема: назначение, методика составления;
- 3 Монтажная электрическая схема: назначение, методика составления.

Теоретическая часть

Схема — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102-68).

При выполнении схемы используют следующие термины.

Элемент схемы — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, трансформатор, антенна и т.п.).

Устройство — совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (блок, плата и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

Функциональная группа — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть — элемент, функциональная группа и устройство, выполняющие определенную функцию.

Функциональная цепь — линия, канал, тракт определенного функционального назначения (канал звука, видеоканал и т.п.).

Линия взаимосвязи (или связи) — отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

Установка — условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который составляется схема.

Классификация схем изделий всех отраслей промышленности, согласно ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», приведена в таблице 8.

Наименование схемы определяется ее видом и типом. Примеры кодов:

- схема электрическая принципиальная – ЭЗ;
- схема гидравлическая соединений – Г4;
- схема электрическая соединений и подключений – ЭД.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Функциональные части изображают на схеме в виде прямоугольников или иных плоских фигур с вписанными в них обозначениями типов элементов. Ход рабочего процесса поясняют линиями взаимосвязи со стрелками в соответствии с ГОСТ 2.721-74.

Функциональная схема поясняет определенные процессы, протекающие в отдельных цепях изделия или изделия в целом. Функциональная схема используется для изучения принципа работы изделия, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте изделия.

Принципиальная схема (полная) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает представление о принципах работы изделия. Принципиальная схема служит для разработки других конструкторских документов, например, чертежей печатных плат, монтажных схем, а также изучения принципов работы изделия при его наладке и эксплуатации. Прочитать схему — это значит почерпнуть из нее сведения, необходимые для выполнения

определенной работы. Задач, которые решаются в результате чтения схем, много, и задачи эти не только различны, но и разнообразны. Так, например, если нужно рассчитать ток КЗ, то чтение схемы сводится к выборке из нее данных для расчета. В других случаях прочитать схему необходимо, чтобы понять принцип действия электроустановки; выяснить назначение того или иного ее элемента; определить, что с чем следует соединить; обнаружить ложную цепь и найти способ ее устранения; проверить, верно ли задан режим работы и т. п. Следовательно, различны и разнообразны приемы, с помощью которых читают схемы.

Таблица 8 – Классификация схем

Признак классификации	Схемы	Обозначение
Виды схем в зависимости в зависимости от видов элементов и связей	Вакуумные	В
	Гидравлические	Г
	Деления	Е
	Кинематические	К
	Оптические	Л
	Пневматические	П
	Комбинированные	С
	Энергетические	Р
	Газовые	Х
	Электрические	Э
Типы схем в зависимости от основного назначения	Структурные	1
	Функциональные	2
	Принципиальные	3
	Соединений (монтажные)	4
	Подключения	5
	Общие	6
	Расположения	7
	Прочие	8
Объединенные	0	

Принципиальные схемы сравнительно просты по начертанию, но по существу они самые сложные и самые важные. Дело в том, что именно на основании принципиальных схем разрабатывают схемы других типов, т. е. такие схемы, руководствуясь которыми выполняют работы. Это схемы соединений (монтажные) (4), подключения (5), общие (6), расположения (7) и объединенные. На объединенной схеме могут быть помещены схемы одного вида нескольких типов, относящихся к одному изделию (установке), например схема электрическая принципиальная (ЭЗ) и схема электрических соединений (Э4). Объединенной схеме присваивается наименование схемы, имеющей меньший номер из номеров объединенных схем; в данном случае схеме нужно присвоить номер ЭЗ, так как ЭЗ меньше, чем Э4.

Порядок чтения электрических схем.

При чтении схем, отражающих электропитание, электрическую защиту, управление, сигнализацию и т. п.:

- определяют источники электропитания, род тока, величину напряжения и т. п. Если источников несколько или применено несколько напряжений, то выясняют, чем это вызвано;

- расчленяют схему на простые цепи и, рассматривая их сочетание, устанавливают условия действия. Рассматривать всегда начинают с того аппарата, который нас в данном случае интересует. Например, если не работает двигатель, то нужно найти на схеме его цепь и посмотреть, контакты каких аппаратов в нее входят. Затем находят цепи аппаратов, управляющих этими контактами, и т. д.;

- строят диаграммы взаимодействия, выясняя с их помощью последовательность работы во времени, согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства, согласованность времени действия совместно действующих устройств (например, ав-

томатики, защиты, телемеханики, управляемых приводов и т. п.), последствия перерыва электропитания. Для этого поочередно, предполагая отключенными выключатели и автоматы электропитания (предохранители перегоревшие), оценивают возможные последствия, возможность выхода устройства в рабочее положение из любого состояния, в котором оно могло оказаться, например, после ревизии;

- оценивают последствия вероятных неисправностей – замыкание контактов поочередно по одному, нарушения изоляции относительно земли поочередно для каждого участка;
- нарушения изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений и т. п.;
- проверяют схему на отсутствие ложных цепей;
- оценивают надежность электропитания и режим работы оборудования;
- проверяют выполнение мер, обеспечивающих безопасность при условии организации работ, обусловленных действующими правилами (ПУЭ, СНиП).

Монтажные схемы. Вначале составляется принципиальная схема, на которой показываются все применяемые элементы и способы их подключения. Пример простого подключения двигателя постоянного тока к силовой цепи с помощью контактора К и двух кнопок Кн1 и Кн2 показан на рисунке 39.

Силовые нормально разомкнутые контакты контактора 1-2 и 3-4 позволяют управлять работой электродвигателя М, а 5-6 применяется для создания цепи самоудержания обмотки «К» под напряжением после нажатия и отпускания кнопки Кн1 «Пуск» с замыкающим контактом 1-3. Кнопка Кн2 «Стоп» своим размыкающим контактом снимает питание с обмотки контактора К.

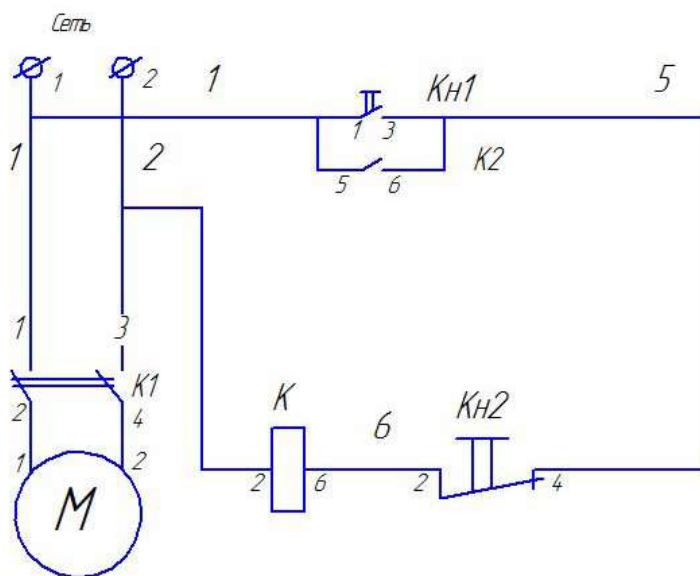


Рисунок 39 – Принципиальная электрическая схема подключения электродвигателя

На электродвигатель подается положительный потенциал напряжения «+» по проводу, промаркированному цифрой «1» и «—» — «2». Остальные провода обозначены цифрами «5» и «6». Способ их маркировки может быть и другим, например, с добавлением букв и символов. Таким способом на принципиальной схеме показываются все контакты обмоток, коммутационных аппаратов и соединительные провода. Также могут обозначаться другие необходимые для работы сведения.

После того, как принципиальная электрическая схема создана, под нее разрабатывается монтажная. На ней изображаются те элементы, которые задействованы в работе. При этом могут показываться как все существующие контакты коммутационных аппаратов, кнопок (пример Кн1 и Кн2), контакторов и реле, так и только используемые в рассматриваемом случае (пример контактора К) для упрощения восприятия (рисунок 40).

Все монтажные единицы нумеруются с присвоением индивидуального номера каждой позиции. Например, на нашей схеме обозначены:

- 01 – клеммник подключения силовых цепей;
- 02 – контакты электродвигателя;
- 03 – контактор;
- 04 – кнопка «Пуск»;
- 05 – кнопка «Стоп».

Контакты кнопок, реле, пускателей и всех электрических элементов схемы нумеруются на корпусе каждого прибора или указываются определенным положением в технической документации.

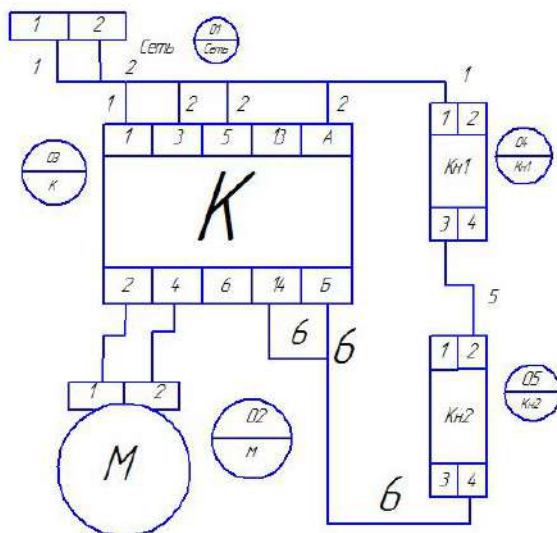


Рисунок 40 – Монтажная электрическая схема подключения электродвигателя

Изображения проводов выполняются линиями прямого направления и маркируются тем же способом, как и на принципиальной схеме. В рассматриваемом варианте им присвоены номера 1, 2, 5, 6.

Во время сборки сложных цепей удобно работать сразу с монтажной и принципиальной схемами. Они дополняют общую информацию, которую бывает сложно удержать в памяти.

Монтажную схему может дополнять или заменять таблица соединений проводов. Она указывает:

- маркировку каждого провода;
- начало его подключения;
- обратный конец;
- марку, тип металла, площадь поперечного сечения;

Маркировка провода	Откуда выходит	Куда приходит	Марка, тип, площадь
A12	SA-4	QF-3	ПВГ (2,5 мм кв)
B14	SA-2	SA-7	ПВГ (1,5 мм кв)

Обязательным элементом каждой электроустановки является кабельный журнал, создаваемый для каждого индивидуального присоединения на сложных участках или один общий для нескольких простых. В нем содержится полная информация о каждом подключении кабеля.

Например, на открытом распределительном устройстве подстанции 110 кВ с силовыми секционированными шинами и выключателями, управляющими работой 25 воздушных ЛЭП, создается монтажное присоединение для каждой воздушной линии (ВЛ). Ему присваивается индивидуальный номер, который указывается в документации и на оборудовании. Линии №19 из этого открытого распределительного устройства (ОРУ) дается оперативное диспетчерское название по основному населенному пункту и монтажное обозначение,

например, 19-СЛ, которое проставляется на всем оборудовании, включая вторичные кабельные сети этой ВЛ на подстанции.

Кроме принадлежности кабеля к линии в кабельном журнале и на оборудовании указывается его атрибут по назначению, например:

- измерительным цепям тока или напряжения;
- схеме автоматики или управления;
- защитам;
- сигнализации;
- блокировке.

При монтаже электрических схем могут использоваться кабельные линии различной протяженности. На входе в панель или шкаф их количество может быть довольно большим. Все они маркируются по обоим концам, а также при переходах через стены здания и другие строительные конструкции.

На кабель вывешивается бирка с информацией, указывающей его принадлежность, назначение, марку, состав жил. При его разделке каждый провод маркируется. На кончики, подключаемые к электрической схеме, наносится информация о принадлежности к кабелю, номере коммутируемой клеммы на клеммнике и обозначение цепочки.

Свободные жилы кабеля, находящиеся в резерве, как и рабочие, должны вызваниваться и маркироваться.

Навесной монтаж. Пример установки диодов VD4 и VD5 параллельно выводам обмоток А-В у реле К3 и К4 показан на фрагменте монтажной схемы. В этой ситуации они монтируются напрямую, без маркировки и подписей 9 (рисунок 41).

Перемычки. На этом же фрагменте показана установка перемычки между одноименными выводами «А» обмоток тех же реле.

Монтаж электрического оборудования выполняется по принципиальной и монтажной схемам, созданным по единым правилам. Он должен отвечать требованиям наглядности, доступности, информативности, чтобы ремонт и эксплуатационные работы проводились быстро и качественно.

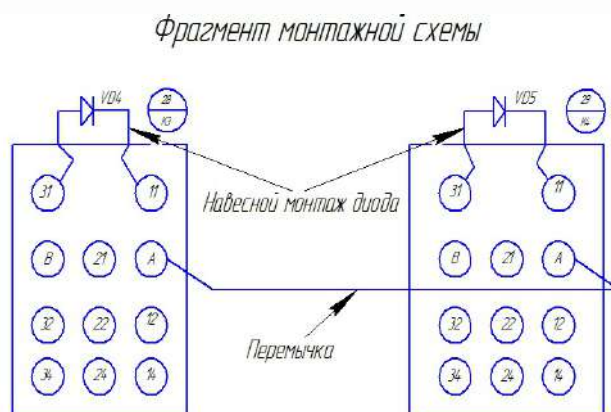


Рисунок 41 – Навесной монтаж и перемычки

Порядок выполнения работы

Задание

- 1 По принципиальной схеме рисунка 44 изучить работу жалюзийной зерносушилки.
- 2 По принципиальным схемам (рисунки 42, 43) составить монтажную схему подключения электродвигателя.

При нажатии на кнопку SB2 «Пуск» катушка пускателя попадает под напряжение 220 В, т.к. она оказывается включенной между фазой С и нулем (N). Подвижная часть пускателя

притягивается к неподвижной, замыкая при этом свои контакты. Силовые контакты пускателя подают напряжение на двигатель, а блокировочный замыкается параллельно кнопке «Пуск». Благодаря этому при отпуске кнопки катушка пускателя не теряет питание, т.к. ток в этом случае идет через блокировочный контакт.

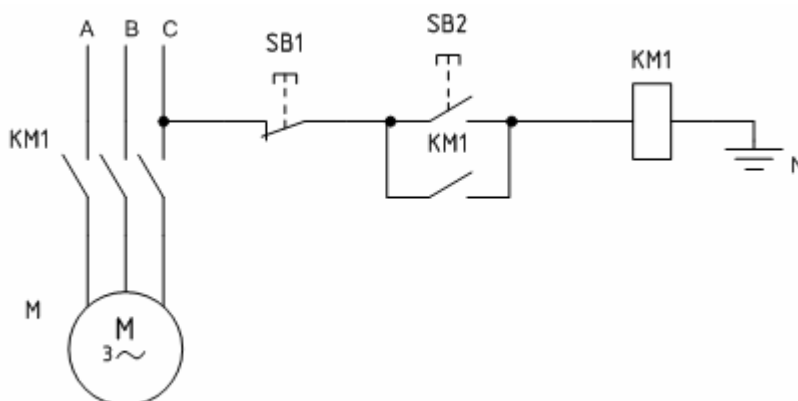


Рисунок 42 – Принципиальная схема включения асинхронного электродвигателя

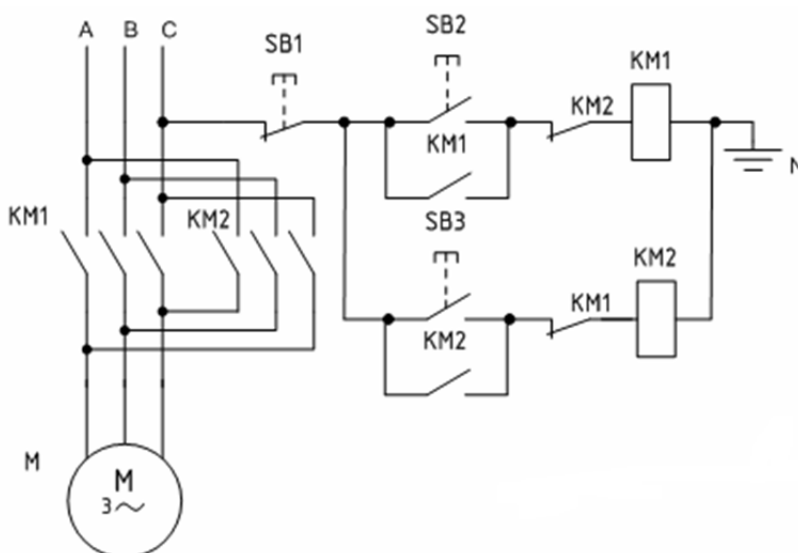


Рисунок 43 – Принципиальная схема включения асинхронного электродвигателя (реверсивное включение)

Если бы блокировочный контакт не был бы подключен параллельно кнопки (по какой-либо причине отсутствовал), то при отпуске кнопки «Пуск» катушка потеряла бы питание и силовые контакты пускателя размыкались бы в цепи двигателя, после чего он бы отключался. Такой режим работы называют «толчковым».

Применяется он в некоторых установках, например в схемах кран-балок.

Остановка работающего двигателя после запуска в схеме с блокировочным контактом выполняется с помощью кнопки SB1 «Стоп». При этом кнопка создает разрыв в цепи, магнитный пускатель теряет питание и своими силовыми контактами отключает двигатель от питающей сети.

Включение двигателя на вращение в одну сторону осуществляется кнопкой SB2 и электромагнитным пускателем KM1. При необходимости смены направления вращения необходимо нажать на кнопку SB1 «Стоп», двигатель остановится и после этого при нажатии на кнопку SB3 двигатель начинает вращаться в другую сторону. В этой схеме для смены направления вращения ротора необходимо промежуточное нажатие на кнопку «Стоп» (рисунок 43).

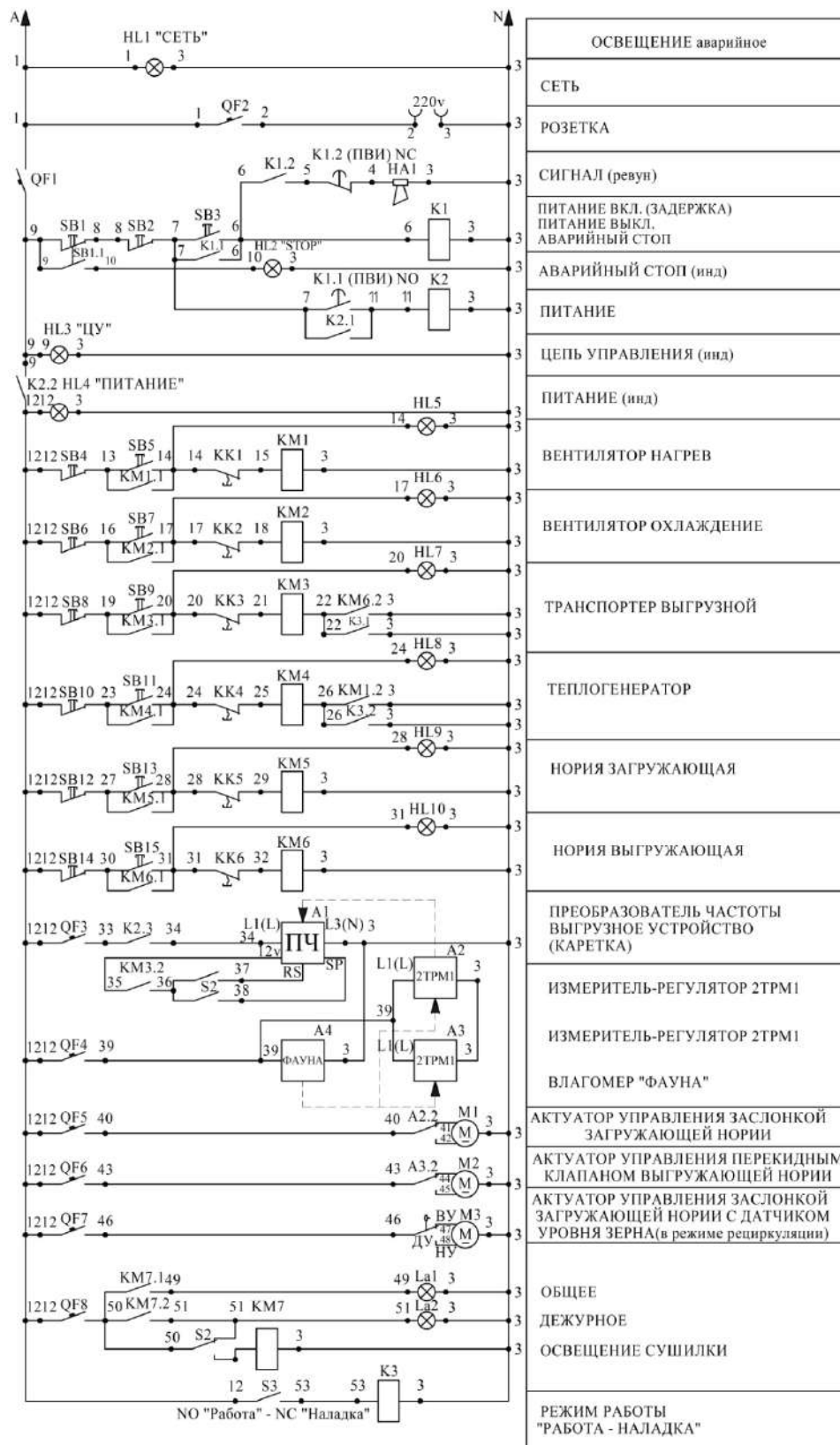


Рисунок 44 – Схема электрическая принципиальная цепи управления зерносушилкой

Кроме этого, в схеме обязательно использование в цепях каждого из пускателей нормально-закрытых (размыкающих) контактов для обеспечения защиты от одновременного нажатия двух кнопок «Пуск» SB2 - SB3, что приведет к короткому замыканию в цепях питания двигателя. Дополнительные контакты в цепях пускателей не дают им включиться одно-

временно, т.к. какой-либо из них при нажатии на обе кнопки «Пуск» включится на секунду раньше и разомкнет свой контакт в цепи другого пускателя.

На рисунке 44 приведена принципиальная электрическая схема управления жалюзишной зерносушилкой.

В качестве полуавтоматического звена управляющего технологическим процессом сушки использован датчик уровня зерна (ДУ), обеспечивающий равномерность загрузки сушиллки и поддержание уровня, управляющий перемещением заслонки питающей норрии в зависимости от заполнения.

В качестве исполнительного органа применен линейный актуатор (М8) с ходом 50-350 мм, скорость перемещения устанавливается в процессе настройки линии. Управление выгрузным устройством, частотой перемещения шиберного механизма осуществляется преобразователем частоты (А3), управляющим электроприводом. Амплитуда перемещения шиберного механизма регулируется эксцентриковым устройством. Скорость выгрузки зависит от интенсивности процесса сушки и регулируется в установленном «потоке» в зависимости от выходного параметра продукта влажности зерна. Контроль влажности на выходе осуществляется влагомером проточного типа «Фауна» (А2) по каналу обратной связи на основе измерителя-регулятора 2ТРМ1 (А1) управляющим электроприводом шиберного механизма выгрузки.

Содержание отчета

- 1 Краткая характеристика электрических схем;
- 2 Принципиальная электрическая схема управления асинхронным электродвигателем;
- 3 Монтажные электрические схемы управления асинхронным электродвигателем;
- 4 Алгоритм работы принципиальной электрической схемы зерносушиллки;
- 5 Описание принципиальной электрической схемы подстанции 110/10 кВ – по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

- 1 Классификация схем согласно ГОСТ 2.701-84.
- 2 Классификация схем по видам.
- 3 Классификация схем по типам.
- 4 Что такое схема принципиальная?
- 5 Чем отличаются схемы принципиальная и функциональная?
- 6 Как изображаются электрические элементы на принципиальной схеме?
- 7 Основные принципы построения схем.
- 8 Что такое схема монтажная?
- 9 Алгоритм составления монтажной схемы.
- 10 Как включены в электрическую цепь лампы накаливания, розетка, однополюсный выключатель в трехкомнатной квартире?

Список литературы

- 1 Усатенко С. Т., Каченюк С. Т., Терехова М. В. *Выполнение электрических схем по ЕСКД : справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во стандартов, 1992. – 316 с.*
- 2 Гринин Ф. Н. *Обозначения условные буквенно-цифровые и графические, применяемые на электрических схемах : метод. указания. – Ульяновск : УлГТУ, 1998. – 28 с.*
- 3 URL: <http://elektrik.info/main/school/589-dlya-chego-nuzhny-elektricheskie-shemy-i-kakie-byvayut-tipy-shem.html> (дата обращения 20.09.2017).
- 4 URL: <http://elektrik.info/main/school/1125-montazhnye-shemy.html?source=subscribe>
- 5 URL: <http://studopedia.org/2-90452.html> (дата обращения 20.09.2017).
- 6 URL: <http://elektrik.info/main/school/1125-montazhnye-shemy.html> (дата обращения 20.09.2017).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Измерение полного сопротивления петли «фаза – нуль» в электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью

Цель занятия: освоить методы измерения контура заземления, удельного сопротивления грунта, осуществить расчет заземления. Изучить методы измерения сопротивления петли «фаза-нуль» и заземляющей проводки.

Основные вопросы темы

- 1 Методы измерения сопротивления заземляющих устройств;
- 2 Проверка цепи между заземлителями и заземленными элементами;
- 3 Проверка цепи «фаза – нуль»;
- 4 Метод измерения тока однофазного короткого замыкания.

Теоретическая часть. *Заземлитель* – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. *Заземляющий проводник* – проводник, соединяющий заземляемую часть с заземлителем. *Проводящая часть* – часть, которая может проводить электрический ток. *Естественный заземлитель* – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления. *Искусственный заземлитель* – заземлитель, специально выполняемый для целей заземления. *Защитный (PE) проводник* – проводник, предназначенный для целей электробезопасности. *Совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники* – проводники в электроустановках до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

Измерение полного сопротивления петли «фаза-нуль» производится на основании параграфа 1.8.36 п.4 «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). Цель измерения – выяснение возможности надежного отключения аварийного участка электроустановки.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус, путем уменьшения потенциала заземленного оборудования.

Защитное заземление состоит из заземлителей и заземляющих проводников. Через заземлители, прокладываемые в земле, происходит растекание тока в землю. Заземляющие металлические проводники соединяют заземляемые части электроустановок с заземлителем.

В качестве заземлителей следует использовать естественные заземлители в виде проложенных под землей металлических коммуникаций (за исключением трубопроводов для горючих и взрывчатых веществ, труб теплотрасс), металлических конструкций зданий, соединенных с землей, свинцовых оболочек кабелей, обсадных труб артезианских колодцев, скважин, шурфов и т.д.

Если сопротивление естественных заземлителей удовлетворяет требуемым нормам R_3 , то искусственных заземлителей не требуется.

При отсутствии естественных заземлителей применяют искусственные заземлители: стержни из угловой стали размером 50x50, 60x60, 75x75 мм с толщиной стенки не менее 4 мм; стальные трубы диаметром 50...60 мм с толщиной стенки не менее 3,5 мм; прутковая сталь диаметром не менее 16 мм, длиной до 10 м и более.

Заземлители устанавливают в ряд или по контуру на такую глубину, при которой от верхнего конца заземлителя до поверхности земли остается 0,5...0,8 м. Расстояние между вертикальными заземлителями должно быть не менее 2,5...3 м.

Для соединения вертикальных заземлителей между собой применяют стальные полосы толщиной не менее 4 мм и сечением не менее 48 мм² или стальной провод диаметром не менее 6 мм. Полосы (горизонтальные заземлители) соединяют с вертикальными заземлителями сваркой.

Величина сопротивления защитного заземления R_3 в любое время года не должна превышать:

- 2 Ом – для электроустановок напряжением 660/380В;
- 4 Ом – для установок напряжением 380/220В;
- 8 Ом – для установок напряжением 220/127В.

Для электроустановок напряжением до 1000 В значения R_3 даны при условии, что удельное сопротивление грунта $\rho \leq 100$ Ом·м. При $\rho > 100$ Ом·м разрешается увеличивать вышеуказанные величины в $k = \rho/100$, но не более чем в 10 раз.

Измерение сопротивления заземляющих устройств. Существует три метода измерения сопротивления заземляющих устройств: мостовой (приборы КМ, Р-333); метод амперметра-вольтметра (МС-08); компенсационный (М1103, М-416).



Рисунок 45 – Прибор Р – 333

Приборы Р – 333 и МС – 08 показаны на рисунках 45 и 48.

Метод амперметра-вольтметра является наиболее точным методом измерения. Сущность этого метода состоит в том, что через испытуемый заземлитель R_x (рисунок 46) пропускается переменный ток. Для замыкания цепи тока I_x используется забиваемый в землю вспомогательный электрод «В». Вольтметр включается между заземлителем R_x и зондом «З», который также забивается в землю в точке нулевого потенциала.

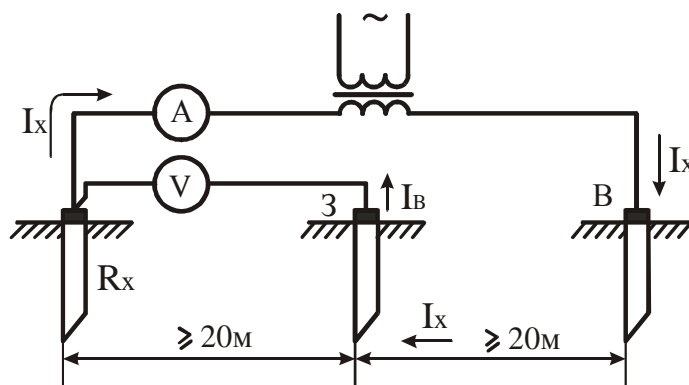


Рисунок 46 – Схема измерения сопротивления заземления методом амперметра-вольтметра

Сопротивление заземлителя R_X , Ом, определяется по формуле:

$$R_X = U_X / I_X,$$

где R_X – сопротивление заземляющего устройства, Ом; U_X – напряжение на заземляющем устройстве, В; I_X – ток, проходящий по заземляющему устройству, А. Эта же схема может быть использована для измерения сопротивления группового заземлителя. При этом расстояния между заземлителем и электродами должны быть не меньше, указанных на рисунке 47.

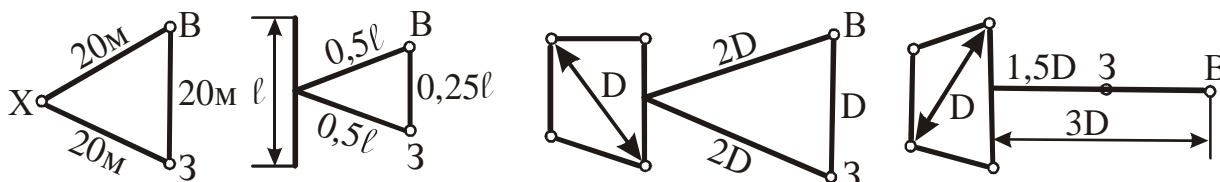


Рисунок 47 – Рекомендуемое взаимное расположение электродов (зондов) и минимальные расстояния между ними и испытываемыми заземлителями



Рисунок 48 – Прибор МС - 08

Компенсационный метод. Данный метод используется в специальных измерителях заземлений типа М-416 или Ф-4103. Упрощенная схема прибора и схема его присоединения при измерении показаны на рисунке 49.

Измерители заземления М416 предназначены для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений и могут быть использованы для определения удельного сопротивления грунта (ρ). Диапазон измерения прибора от 0,1 до 1000 Ом и имеет четыре диапазона измерения: 0,1 ... 10 Ом, 0,5 ... 50 Ом, 2,0 ... 200 Ом, 100 ... 1000 Ом. Источником питания служат три соединенные последовательно сухие гальванические элемента напряжением по 1,5 В (рисунок 50).

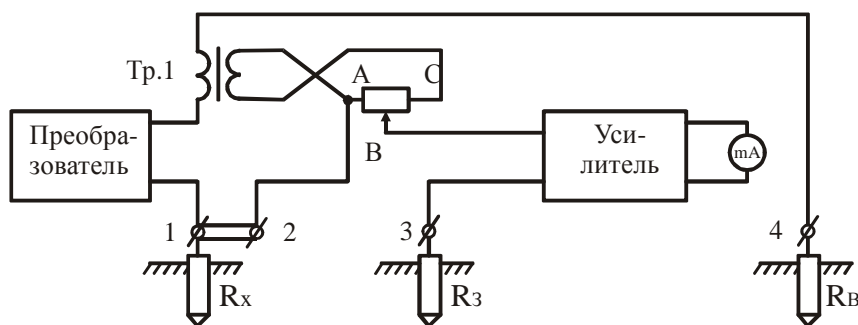


Рисунок 49 – Схеме измерения сопротивления заземления прибором М-416



Рисунок 50 – Измеритель заземления М416

Измеритель сопротивления заземления Ф4103-М1 (рисунок 51) предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунтов и активных сопротивлений как при наличии помех, так и без них с диапазоном измерений от 0-0,3 Ом до 0-15 кОм (10 диапазонов).

При измерении выход преобразователя присоединяется к вспомогательному заземлителю (R_B) и измеряемому сопротивлению (R_X) через первичную обмотку трансформатора $Tr.1$. Во вторичную обмотку $Tr.1$ включен специальный калиброванный резистор-реохорд R_{ABC} . При такой схеме включения помимо основной цепи через землю создается цепь через реохорд.

Компенсация наступает при таком положении реохорда, при котором падение напряжения на участке АВ равно падению напряжения на измеряемом сопротивлении, при этом ток в цепи индикатора равен нулю. Реохорд имеет оцифрованную шкалу, что позволяет непосредственно определять измеряемое сопротивление. Для грубых измерений сопротивления заземления и измерений больших сопротивлений зажимы 1 и 2 прибора соединяют перемычкой, и прибор подключают к измеряемому объекту по трехзажимной схеме (рисунок 52).



Рисунок 51 – Измеритель сопротивления заземления Ф4103-М1

При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2, и прибор подключают к измеряемому объекту по четырехпроводной схеме (рисунок 53). Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов.

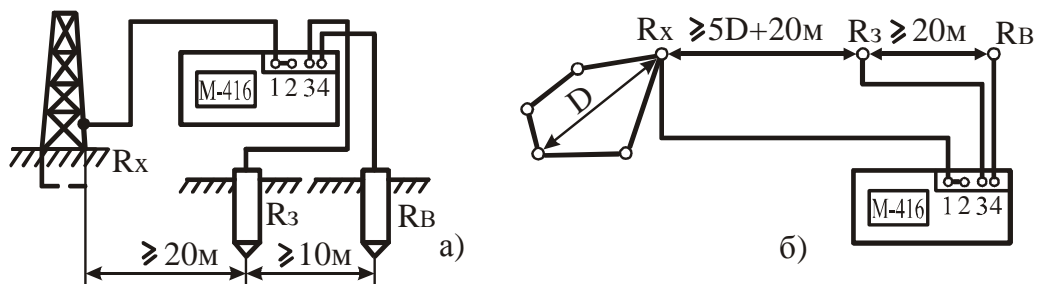


Рисунок 52 – Подключение прибора по трехзажимной схеме к одиночному (а) и контурному (б) заземлителю

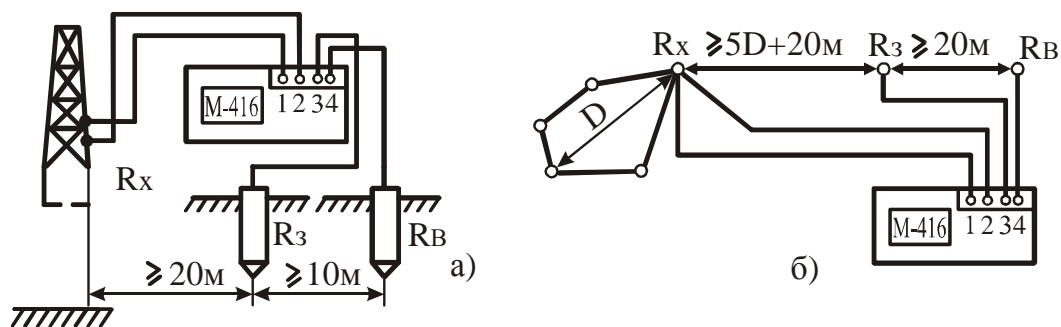


Рисунок 53 – Подключение прибора по четырехзажимной схеме к одиночному (а) и контурному (б) заземлителю

Проверка цепи «фаза – нуль» и цепи между заземлителями и заземленными элементами. Нормальная работа электроустановки зависит не только от качества и состояния электрооборудования, но и от электрических соединений, связывающих электрооборудование данной электроустановки в единую систему, правильного выбора и настройки аппаратуры защиты. Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать токам короткого замыкания защищаемого участка сети. При этом защита обеспечивает отключение аварийного участка при коротких замыканиях: однофазных и многофазных – в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Важным элементом защиты являются заземляющие устройства, которые подвергаются приемосдаточным испытаниям и периодически проверяются в процессе эксплуатации в следующем объеме:

- 1 Проверка элементов заземляющего устройства;
- 2 Проверка пробивных предохранителей в установках напряжением до 1000 В;
- 3 Проверка цепи «фаза – нуль» в установках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью;
- 4 Измерение сопротивления заземляющих устройств;
- 5 Проверка цепи между заземлителями и заземленными элементами.

Проверка цепи фаза – нуль. Целью проверки является определение тока короткого замыкания между фазами и заземляющими проводниками. Этот ток должен иметь определенную кратность по отношению к номинальному току плавкой вставки или расцепителя автоматического выключателя защищаемого присоединения.

Сопротивление цепи «фаза – нуль» состоит из сопротивлений фазы трансформатора, фазного провода и нулевого провода.

Значение тока однофазного короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_K = \frac{U_\Phi}{Z_{II} + Z_T / 3}, \quad (1)$$

где U_Φ – фазное номинальное напряжение;

Z_{Π} – сопротивление фазного и нулевого провода (полное);

Z_T – сопротивление фазы трансформатора.

Сопротивление фазного провода определяется с учетом длины и удельного сопротивления. Сопротивления фазы трансформатора приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Сопротивления фазы трансформатора

Мощность трансформатора, кВ·А	25	400	1000
Полное сопротивление, $Z_T \cdot 10^{-3}$, Ом	3110	195	81

Наименьшая допустимая кратность тока однофазного короткого замыкания относительно номинальных уставок защитных устройств приведена в таблице 10.

Имея вышеприведенные данные, определяют I_k для заданной цепи и выбирают соответствующую защиту.

Согласно ПУЭ, после монтажа электроустановки перед приемкой ее в эксплуатацию, а также после капитальных ремонтов проводки или электроприемников, но не реже, чем один раз в 5 лет, полагается измерять сопротивление цепи «фаза – нуль» с целью экспериментальной проверки соблюдения условий таблицы 10.

Таблица 10 – Наименьшая допустимая кратность тока однофазного короткого замыкания относительно номинальных уставок защитных устройств

Вид защиты	Кратность тока в помещении	
	невзрывоопасном	взрывоопасном
Плавкий предохранитель	3	4
Автомат с обратнoзависимой от тока характеристикой	3	6
Автомат с электромагнитным расцепителем с известным коэффициентом разброса уставки K_p	1,1 K_p	1,1 K_p
То же с неизвестным K_p при I_H уставки:		
- до 100 А	1,4	1,4
- более 100 А	1,25	1,25

Основными методами проверки цепи фаза – нуль являются:

- непосредственное измерение тока однофазного замыкания с применением специальных приборов (ИПЗ-Т);
- измерение полного сопротивления цепи с последующим вычислением тока однофазного короткого замыкания (метод амперметра–вольтметра, измерение прибором типа М-417).

Метод амперметра-вольтметра. Измерение производится по схеме представленной на рисунке 54. Трансформатор TV2 подключается к ближайшему питающему трансформатору, например TV1. Для создания цепи фазный провод присоединяется к корпусу оборудования. Ток в измеряемой цепи должен быть не менее 10А. Полное сопротивление цепи «фаза – нуль» Z_{Π} определяется по формуле:

$$Z_{\Pi} = U/I.$$

Измерение прибором М-417. Прибор М-417 предназначен для измерения сопротивления цепи фаза-нуль в сетях переменного тока напряжением 380 В. Схема подключения прибора изображена на рисунке 55, прибор на рисунке 56. Работа прибора основана на изменении падения напряжения на встроенном в прибор нагрузочном сопротивлении, включаемом при измерении в контролируемую цепь. Это падение напряжения зависит от сопротивления цепи «фаза – нуль», что позволяет проградуировать шкалу измерительного прибора в омах. Диапазон измерения прибора 0,1...2 Ом.

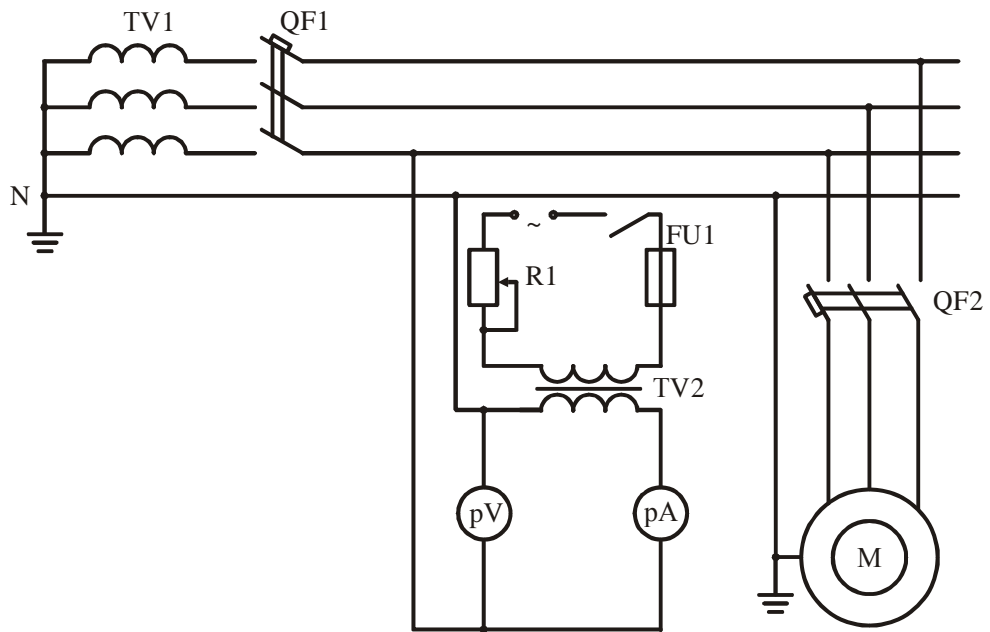


Рисунок 54 – Схема измерения сопротивления цепи «фаза – нуль» методом амперметра-вольтметра

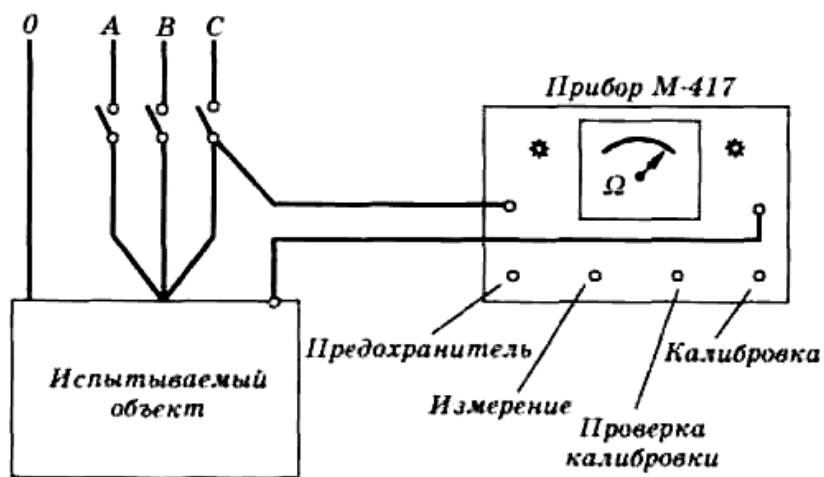


Рисунок 55 – Схема подключения прибора М-417



Рисунок 56 – Прибор М-417

Основные характеристики 4126 НА. Измерение напряжения «фаза-нейтраль» и «фаза-земля» без нагрузки, измерение полного сопротивления цепи «фаза-нейтраль» и «фаза-земля» без отключения источника напряжения, измерение сопротивления шины «фаза», включающее реактивное сопротивление источника напряжения, измерение сопротивления шины «нейтраль», измерение сопротивления шины заземления, учитывающее качество контактных соединений, вычисление ожидаемого тока короткого замыкания в цепи «фаза-нейтраль» и «фаза-земля» (рисунок 57).



Рисунок 57 – Тестер электрических сетей 4126 НА

Для условий сельского хозяйства $U_{\phi} = 220 \text{ В}$. Z_T определяют из заранее составленных таблиц. Если линия электропитания состоит из различных участков, то для определения сопротивления петли «фаза-нуль» необходимо использовать формулу:

$$Z_{\Pi} = \sum_{i=1}^n l_i \sqrt{R_{у.ф.н_i}^2 + X_{у.ф.н_i}^2},$$

где l_i – длина участка линии, м;

$R_{у.ф.н_i}$ – удельное активное сопротивление цепи «фаза – нуль», Ом/км;

$X_{у.ф.н_i}$ – удельное индуктивное сопротивление цепи «фаза – нуль», Ом/км;

Цепь «фаза – нуль» состоит из фазного и нулевого провода, следовательно:

$$R_{у.ф.н.} = R_{у.ф.} + R_{у.н.} \quad X_{у.ф.н.} = X_{у.ф.} + X_{у.н.}$$

$X_{у.ф.н.}$ принимается равным 0,6 Ом/км для воздушных линий, 0,5 Ом/км – для проводки на роликах, 0,15 Ом/км – для проводки в трубах, ≈ 0 – для кабелей.

Удельное сопротивление определяется по таблицам в зависимости от типа проводов. Для упрощения расчета принимается, что $R_{у.ф.} = R_{у.н.}$

Порядок проведения работы

- 1 Изучить назначение защитного заземления, освоить методы измерения сопротивления заземлителей и удельного сопротивления грунта;
- 2 Изучить методику измерения сопротивления заземлителя компенсационным методом;
- 3 Изучить измерение удельного сопротивления грунта методом Веннера;
- 4 Рассчитать искусственное защитное заземление;
- 5 Изучить методы измерения сопротивления петли «фаза – нуль» и заземляющей проводки;

6 Рассчитать защитное заземление трансформаторной подстанции согласно следующим исходным данным (таблица 11).

Таблица 11 – Данные для расчета защитного заземления ТП

№ бригады	Напряжение электроустановки, В	Тип заземлителя, его размеры	Расстояние между электродами, м	t_0 , м
1	660/380	В ряд, трубчатый $d = 50$ мм, $l = 2,5$ м	4	0,5
2	380/220	В ряд, уголок $45 \times 45 \times 5$ мм, $l = 2,5$ м	3	0,7
3	220/127	В ряд, уголок $70 \times 70 \times 8$ мм, $l = 2,5$ м	6	0,8

8 Рассчитать ток однофазного короткого замыкания и выбрать защиту для следующих исходных данных:

- воздушная линия состоит из двух участков l_1 и l_2 ;
- на участке l_1 применены провода $5 \times A_{35}$, на участке l_2 - $5 \times A_{25}$;
- удельные сопротивления проводов: $A_{35} - 0,91$ Ом/км, $A_{25} - 1,27$ Ом/км;
- длины участков l_1 и l_2 приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Данные для расчета тока однофазного короткого замыкания

№ бригады	1	2	3
длина участка линии l_1 , м	300	350	150
длина участка линии l_2 , м	250	200	350

Расчет искусственного заземления методом коэффициентов использования

1 В соответствии с ПУЭ устанавливается необходимое нормируемое сопротивление заземляющего устройства $R_{ЗН}$;

2 Измеряется удельное сопротивление грунта ρ . Если измерение невозможно, определяют значение ρ по справочнику.

Сопротивление заземления. $R_3 = R_{ЗН}$ при $\rho \leq 100$ Ом·м; $R_3 = \frac{\rho}{100} R_{ЗН}$ при $\rho > 100$ Ом·м.

При производстве расчетов значение ρ умножить на коэффициент сезонности, зависящий от климатических зон и вида заземления.

Расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей (вертикальных заземлителей) $\rho_{РАСЧ.В.} = K_C \cdot \rho$; для протяженного заземлителя (горизонтальных полос) $\rho_{РАСЧ.Г.} = K_C \cdot \rho$;

3 Определяют сопротивление вертикального заземлителя, Ом (рисунок 58):

$$R_B = \frac{0,366 \rho_{РАСЧ.В.}}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t'+l}{4t'-l} \right),$$

при этом $l \gg d$, $t_0 > 0,5$ м;

для уголка с шириной полки b получают $d = 0,95b$.

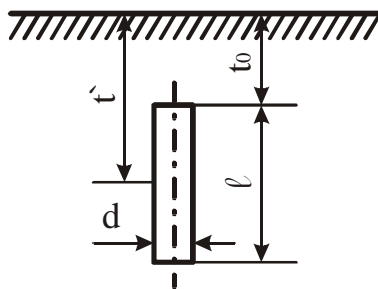


Рисунок 58 – Расположение вертикального заземлителя в земле

Сопротивление, Ом, растекания вертикального заземлителя можно определить по упрощенным формулам:

для уголка 50x50x5 мм	$R_B = 0,348 \rho_{РАСЧ.В.} \cdot K_C;$
для уголка 60x60x6 мм	$R_B = 0,298 \rho_{РАСЧ.В.} \cdot K_C;$
для уголка 70x70x8 мм	$R_B = 0,292 \rho_{РАСЧ.В.} \cdot K_C;$
для трубы диаметром 60 мм $l = 2 \dots 2,5$ м	$R_B = 0,302 \rho_{РАСЧ.В.} \cdot K_C.$

4 Установив характер расположения заземлителей (в ряд или контуру), определяют число вертикальных заземлителей:

$$n_B = R_B / (\eta_B R_3),$$

где η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от количества заземлителей и расстояния между ними.

Количество вертикальных заземлителей для определения n_B можно принять равным R_B / R_3 ;

5 При устройстве простых заземлителей в виде короткого ряда вертикальных стержней расчет на этом можно закончить и не определять проводимость соединяющей полосы, поскольку длина ее относительно невелика (в этом случае фактически сопротивление заземляющего устройства будет несколько завышено).

При устройстве заземлителей по контуру из ряда вертикальных заземлителей целесообразно учитывать и сопротивление растеканию полос (горизонтальный заземлитель). Для этого на площади установки заземления намечают, как будут размещены вертикальные заземлители n_B , и определяют длину, м, соединительной полосы:

$$l_r = 1,05 n_B a,$$

где a – расстояние между вертикальными заземлителями (обычно отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине принимают равным $a/l = 1; 2; 3$);

6 Определяют сопротивление горизонтального заземлителя, Ом. Для стержневого круглого сечения (рисунок 59).

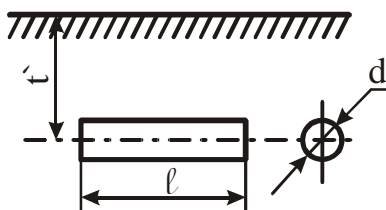


Рисунок 59 – Расположение горизонтального заземлителя в земле

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \rho_{\text{ПАСЧ.Г.}}}{l} \lg \frac{l^2}{d \cdot t'}$$

где $l > d, l \gg 4t'$.

Для полосы шириной b получают $d = 0,5 b$.

Действительное сопротивление горизонтального заземлителя с учетом коэффициента использования:

$$R'_{\Gamma} = R_{\Gamma} / \eta_{\Gamma},$$

где η_{Γ} – коэффициент использования горизонтального заземлителя;

7 Уточняется сопротивление вертикальных заземлителей с учетом сопротивления горизонтального заземлителя:

$$R'_{\text{В}} = R'_{\Gamma} R_3 / (R'_{\Gamma} - R_3).$$

8 Определяют уточненное количество вертикальных заземлителей. Здесь $n'_{\text{В}}$ округляется в сторону увеличения $n'_{\text{В}} = R_{\text{В}} / (\eta_{\text{В}} R'_{\text{В}})$.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Способы и схемы измерения сопротивления заземлителя и удельного сопротивления грунта различными методами;
- 2 Заполненный протокол испытания заземляющего устройства (приложение);
- 3 Результаты расчета заземляющего устройства трансформаторной подстанции;
- 3 Способы и схемы измерения сопротивления цепи «фаза – нуль».

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение и расскажите принцип действия защитного заземления.
- 2 Какие материалы используются для монтажа защитного заземления?
- 3 Нормируемые значения сопротивления и периодичность измерения сопротивления заземляющих устройств.
- 4 Как измеряется сопротивление заземляющих устройств?
- 5 Как измеряется удельное сопротивление грунта?
- 6 Для чего производится проверка сопротивления цепи «фаза – нуль»?
- 7 Какие существуют методы проверки сопротивления цепи «фаза – нуль»?
- 8 Как производится расчет тока короткого замыкания?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Цель занятия: составление договора подряда, акта готовности строительной части, акта технической готовности электромонтажных работ. Составление проекта производства электромонтажных работ.

Основные вопросы темы

- 1 Заключение договора подряда на электромонтажные работы;
- 2 Составление акта готовности электромонтажных работ;
- 3 Составление проекта производства электромонтажных работ.

Электромонтажные работы являются определенным этапом любого строительства, капремонта или косметического ремонта. Данные мероприятия проводятся с учетом комплекса технологических правил к этой разновидности монтажных работ и с соблюдением всех существующих требований к безопасности электропроводки. Проведение электромонтажных работ начинается с заключения договора, согласно которому, подрядчик обязуется по заданию заказчика в обусловленные договором сроки выполнить работы и передать их результат заказчику, который обязуется принять и оплатить полученный результат в порядке, установленном соглашением.

Помимо описания вида и объема мероприятий по электромонтажу в документе следует четко описать объект задания, сроки исполнения подрядчиком своих обязательств и стоимость сделки. Если планируется поэтапное выполнение задания, этот момент следует уточнить в соглашении, указав отдельно сроки каждого этапа.

Цена сделки может определяться в смете, которая после подтверждения и подписания сторонами становится неотъемлемой частью соглашения. Материалы и оборудование, необходимые для выполнения подрядчиком задания по типовому бланку договора подряда на электромонтажные работы, определяются соответствующими приложениями — «Перечнем материалов» и «Перечнем оборудования». Передача материалов и оборудования оформляется соответствующими актами — «Актом приема-передачи материалов» и «Актом приема-передачи оборудования», которые после подписания сторонами становятся неотъемлемой частью соглашения.

Практическая часть

1 ДОГОВОР ПОДРЯДА №

г. Курган

«___» _____ 2016 г.

Иванов Иван Иванович _____, именуемый в дальнейшем **Заказчик**, с одной стороны, и **И. П. Петров**, именуемый в дальнейшем **Подрядчик**, с другой стороны, заключили настоящий Договор о нижеследующем:

1 Предмет договора.

1.1 Подрядчик обязуется по заданию заказчика выполнить **электромонтажные работы на объекте Заказчика** _____, а Заказчик обязуется принять и оплатить результаты работ.

1.2 Работы выполняются в сроки _____.

1.3 Работы выполняются на основании согласованной Заказчиком сметы, которая является неотъемлемой частью настоящего договора.

1.4 Качество выполнения работ должно соответствовать требованиям Договора, стандартов, ГОСТов, ТУ и СНИПов.

2 Стоимость работ и порядок расчетов.

2.1 Стоимость работ по Договору определяется сметой и составляет _____ рублей.

2.2 При необходимости Заказчик перечисляет Подрядчику аванс в определенном сторонами размере в течение 5 (пяти) календарных дней с момента согласования сметы на работы.

2.3 Оплата работ производится после их выполнения на основании актов выполненных работ и справки о стоимости выполненных работ и затрат формы КС-2 и КС-3 в течение 5 (пяти) календарных дней с момента их подписания.

2.4 Оплата производится в рублях путем безналичного расчета либо по согласию сторон иным, не запрещенным законом способом.

3 Права и обязанности сторон.

3.1 Подрядчик обязуется:

3.1.1 Выполнить все работы качественно, в объеме и в сроки, предусмотренные настоящим договором и приложением к нему, и сдать работы Заказчику в состоянии, позволяющем нормальную эксплуатацию объекта согласно нормативным документам;

3.1.2 Производить работы в полном соответствии с проектами, сметами, рабочими чертежами и строительными нормами и правилами;

3.1.3 Подрядчик обязан немедленно предупредить Заказчика и до получения от него указаний приостановить работу при обнаружении:

– непригодности или недоброкачества предоставленных Заказчиком материала, оборудования, технической документации;

– возможных неблагоприятных для Заказчика последствий выполнения его указаний о способе исполнения работы;

– иных, не зависящих от Подрядчика обстоятельств, которые создают невозможность завершения работы в срок.

3.1.4 Подрядчик, не предупредивший Заказчика об обстоятельствах, указанных в пункте 3.1.3 настоящей статьи, либо продолживший работу, не дожидаясь истечения указанного в Договоре срока, не вправе при предъявлении к нему или им к Заказчику соответствующих требований ссылаться на указанные обстоятельства.

3.1.5 Если Заказчик, несмотря на своевременное и обоснованное предупреждение со стороны Подрядчика об обстоятельствах, указанных в пункте 3.1.3 настоящей статьи, в разумный срок не заменит непригодные или недоброкачественные материал или оборудование, техническую документацию, не изменит указаний о способе выполнения работы или не примет других необходимых мер для устранения обстоятельств (пункт 3.1.3), Подрядчик вправе отказаться от исполнения Договора подряда и потребовать возмещения причиненных его прекращением убытков.

3.1.6 В случае невозможности завершить работы в срок по причинам, зависящим от Заказчика, Подрядчик обязуется немедленно направить Заказчику письменное уведомление о невозможности завершения работ в срок. В этом случае Сторонами оформляется дополнительное соглашение, изменяющее сроки производства работ;

3.1.7 Обеспечить выполнение на объекте необходимых мероприятий по технике безопасности, охране окружающей среды во время проведения работ.

3.1.8 Вывести в недельный срок со дня подписания окончательного акта о приемке работ за пределы объекта принадлежащие ему строительные машины и оборудование, транспортные средства, инструменты и другое имущество.

3.2 Заказчик обязуется:

3.2.1 Обеспечить объем работ по настоящему Договору.

3.2.2 При необходимости предоставить все необходимые для производства работ материалы.

3.2.3 В течение 3 дней с момента получения от Подрядчика уведомления об окончании работ с участием Подрядчика осмотреть и принять выполненную работу (ее результат), а при обнаружении отступлений от Договора, ухудшающих результат работы, или иных недостатков в работе – немедленно заявить об этом Подрядчику. В этом случае составляется акт с перечнем недостатков и сроками их устранения. В случае принятия работ без проверки Заказчик в последующем не вправе ссылаться на недостатки в выполненной работе.

3.2.4 Предоставить Подрядчику помещение для хранения инструментов, оборудования и материалов Подрядчика и обеспечить их надёжную охрану.

3.2.5 Принять выполненную Подрядчиком работу по акту приема-передачи в соответствии с п. 4 Договора.

3.2.6 Произвести оплату выполненных Подрядчиком работ в порядке, предусмотренном п. 2 настоящего Договора.

3.3 Подрядчик имеет право:

3.3.1 Самостоятельно определять способы выполнения задания Заказчика с учетом установленных настоящим Договором требований.

3.3.2 При несоблюдении Заказчиком обязанности оплатить выполненную работу Подрядчик вправе удерживать результат работ до полной оплаты соответствующих сумм либо приостановить производство работ, при этом конечный срок выполнения работ отодвигается соразмерно количеству дней просрочки.

3.3.3 В случае неоплаты выполненных работ в предусмотренный Договором срок Подрядчик вправе отказаться от выполнения работ с предъявлением Заказчику фактически понесенных расходов.

3.4 Заказчик имеет право:

3.4.1 Вносить любые изменения в объем работ, которые, по его мнению, необходимы. Заказчик вправе давать письменные распоряжения, обязательные для Подрядчика, которые действительны после подписания сторонами дополнительного соглашения.

3.4.2 Заказчик и/или его представитель имеет право беспрепятственного доступа ко всем видам работ в любое время в течение всего периода выполнения работ.

3.4.3 Если во время выполнения работы станет очевидным, что она не выполнена надлежащим образом, Заказчик вправе назначить Подрядчику разумный срок для устранения недостатков, а при неисполнении Подрядчиком этого требования в назначенный срок – отказаться от договора.

3.4.4 Если Подрядчик не приступает к исполнению настоящего Договора или выполняет работу настолько медленно, что окончание ее к сроку становится явно невозможным, Заказчик вправе отказаться от исполнения настоящего Договора.

4 Приемка законченных работ

4.1 Подрядчик передает Заказчику за 1 (один) рабочий день до начала приемки законченных работ два экземпляра исполнительной документации (акт приемки законченных работ и справку о стоимости выполненных работ и затрат формы КС-2 и КС-3).

4.2 Приемка работ производится в течение 3 (трех) рабочих дней с момента получения Заказчиком уведомления Подрядчика об их готовности. В случае отказа Заказчика от приема работ в указанный срок без указания причин акт выполненных работ считается подписанным в одностороннем порядке.

4.3 При возникновении между Заказчиком и Подрядчиком спора по поводу недостатков работы или их причин по требованию любой стороны должна быть назначена экспертиза. Расходы на экспертизу несет сторона, потребовавшая назначения экспертизы, а если она назначена по соглашению между сторонами – обе стороны поровну. В случае если эксперти-

зой будет установлено, что причиной недостатков работ является ненадлежащее исполнение обязательств какой-либо стороной, эта сторона обязана компенсировать другой стороне понесенные ей в связи с оплатой экспертизы расходы.

4.4 До сдачи работ Подрядчик несет ответственность за риск случайного уничтожения и повреждения объекта работ, кроме случаев, связанных с обстоятельствами непреодолимой силы (затопление, хищение и т. п.).

5 Гарантии

5.1 Подрядчик гарантирует:

5.1.1 Качество выполнения всех работ в соответствии с действующими нормами и техническими условиями.

5.1.2 Своевременное (не позднее пятнадцати дней после выявления) устранение недостатков и дефектов, выявленных при приемке работ и в период гарантийной эксплуатации объекта.

5.1.3 Бесперебойное функционирование инженерных систем и оборудования при нормальной эксплуатации объекта.

5.1.4 Гарантийный срок на выполненные работы: устанавливается 2 (два) года со дня подписания сторонами окончательного акта о приемке работ.

6 Ответственность сторон

6.1 В случаях, когда работа выполнена Подрядчиком с отступлениями от настоящего Договора, ухудшившими результат работы, или с иными недостатками, которые делают его непригодным для предусмотренного в настоящем Договоре использования, Заказчик вправе по своему выбору потребовать от Подрядчика:

- безвозмездного устранения недостатков в 10-дневный срок с момента их выявления;

- уменьшения стоимости работ, установленной в п. 2 настоящего Договора, на сумму ущерба, причиненного Подрядчиком отступлением от настоящего Договора.

6.2 Стороны освобождаются от ответственности за частичное или полное неисполнение обязательств по настоящему Договору, если это неисполнение явилось следствием обстоятельств непреодолимой силы: наводнение, землетрясение и иные природные явления, а также война, военные действия или действия государственных органов. Стороны обязаны немедленно сообщить о начале действия таких обстоятельств и времени их действия.

7 Особые условия

7.1 Любая договоренность между сторонами, влекущая за собой новые обстоятельства, не предусмотренные настоящим Договором, считается действительной, если она подтверждена сторонами в письменной форме в виде дополнительного соглашения.

7.2 Все исправления по тексту настоящего Договора имеют юридическую силу только при взаимном согласии сторон в каждом отдельном случае.

7.3 Настоящий Договор составлен в двух экземплярах, имеющих одинаковую юридическую силу – по экземпляру для каждой из сторон.

7.4 Настоящий Договор вступает в силу со дня его подписания сторонами и действует до полного исполнения сторонами обязательств по настоящему Договору.

7.5 В случаях, не предусмотренных настоящим Договором, стороны руководствуются действующим гражданским законодательством.

7.6 Все споры и разногласия разрешаются путем переговоров. Стороны устанавливают обязательный досудебный порядок урегулирования споров. Все возможные претензии по настоящему Договору должны быть рассмотрены сторонами в течение 10 дней с момента получения претензии. В случае недостижения согласия спор разрешается в судебном порядке.

8 Реквизиты и подписи сторон

Дополнительные документы к типовому бланку договора подряда на электромонтажные работы:

- техническое задание;
- смета;
- перечень материалов;
- перечень оборудования;
- акт приема-передачи материалов;
- акт приема-передачи оборудования;
- дополнительное соглашение;
- протокол разногласий;
- протокол согласования разногласий.

2 Форма Акта готовности помещения (его части) для электромонтажных работ

АКТ ГОТОВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЙ (СООРУЖЕНИЙ) К ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Объект: _____ Дата _____

Комиссия в составе представителя строительной организации _____

(должность, фамилия, имя, отчество)

Представителя заказчика _____

(должность, фамилия, имя, отчество)

Представителя электромонтажной организации _____

(должность, фамилия, имя, отчество)

произвела осмотр помещений (сооружений), передаваемых для производства электромонтажных работ.

1 Для производства электромонтажных работ передаются:

(наименование помещений, сооружений)

2 Помещения (сооружения) выполнены по _____

(указать проект, № чертежа)

с учетом чертежей строительных зданий _____

(наименование проектной организации, № чертежей строительных зданий)

Помещения (сооружения) выполнены по проекту с учетом строительных зданий и соответствует требованиям пп. 2.2.Е; 2.12 - 2.15; 2.17; 2,18; 2.20 - 2.26; 3.210 СНИП 3.05.06-85.

Помещения (сооружения), перечисленные в п. 1 настоящего Акта пригодны для производства электромонтажных работ с _____ 20__ г.

3 Недоделки, препятствующие началу электромонтажных работ, подлежат устранению в следующие сроки:

№ п.п.

Помещение (сооружение)

Недоделки

Сроки устранения _____

Кто устраняет _____

*Представитель
строительной
организации*

*Представитель
заказчика*

*Представитель
электромонтажной
организации*

(подпись)

(подпись)

(подпись)

3 Справка о ликвидации недоделок

СПРАВКА О ЛИКВИДАЦИИ НЕДОДЕЛОК

Комиссия в составе:

представителя заказчика _____
(должность, фамилия, имя, отчество)

представителя монтажной организации _____
(должность, фамилия, имя, отчество)

произвела осмотр и сдачу-приемку выполненных электромонтажной организацией работ по ликвидации недоделок, перечисленных в ведомости

от _____ 200__ г.

Ликвидированы следующие недоделки _____

Представитель
заказчика

Представитель монтажной
организации

(подпись)

(подпись)

4 Акт технической готовности электромонтажных работ
Форма Акта технической готовности электромонтажных работ
АКТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ
ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Комиссия в составе:

представителя заказчика _____

(должность, фамилия, имя, отчество)

представителя электромонтажной организации _____

(должность, фамилия, имя, отчество)

произвели осмотр смонтированного электрооборудования.

1 Электромонтажной организацией выполнены следующие работы: _____

(перечень, основные технические характеристики, физические объемы)

2 Электромонтажные работы выполнены в соответствии с проектом, разработанным

(проектная организация)

3 Отступления от проекта

№ п.п.	Состав изменений и отступлений	Причина изменений	Кем, когда согласовано, номер документа

4 Комиссия проверила техническую документацию, предъявленную в объеме требований ПУЭ, СНиП

Разделы	Состав документации	Номер документов	Кол-во листов	Примечание
I	Комплект рабочих чертежей электротехнической части – исполнительная документация			
II	Комплект заводской документации (паспорта электрооборудования, протоколы заводских испытаний, инструкции по монтажу, наладке и эксплуатации и т.п.)			
III	Акты, протоколы, ведомости, журналы по электромонтажным работам и по строительным работам, связанным с монтажом электротехнических устройств			

5 Индивидуальные испытания электрооборудования _____

(проведены,

не проведены)

6 Остаточные недостатки, не препятствующие комплексному опробованию и сроки их устранения

№ п.п.	Недоделки	Срок устранения	Кто устраняет

7 Ведомость смонтированного электрооборудования:

№ п.п.	Наименование электрооборудования, комплекта	Тип, марка	Заводской номер или маркировка	Кол-во	Примечание
1	2	3	4	5	6

8 Заключение

8.1 Электромонтажные работы выполнены по проектной документации согласно требованиям СНИП и ПУЭ.

8.2 Настоящий Акт является основанием для*:

а) организации работы рабочей комиссии о приемке оборудования после индивидуальных испытаний;

б) непосредственной передачи электроустановки заказчику в эксплуатацию.

Представитель заказчика _____
(подпись)

Представитель электромонтажной организации _____
(подпись)

Сдали _____
(подпись)

Приняли: _____
(подпись)

* нужно подчеркнуть.

При необходимости составляются следующие акты.

АКТ проверки осветительной сети на функционирование и правильность монтажа установочных аппаратов

Комиссия в составе: представителя строительной организации _____

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

представителя заказчика _____
(должность, фамилия, имя, отчество)

представителя электромонтажной организации _____
(должность, фамилия, имя, отчество)

произвела осмотр смонтированной осветительной сети. В результате установлено:

1 Расключение квартир по фазам в ___ этажных щитках (ЩЭ) и токоприемников в квартирных щитках (ЩК) выполнены согласно проекта _____ с равномерной загрузкой фаз и групп. (проект, № листов)

2 Выключатели установлены в фазных проводах.

3 Подключение розеток и остальных стационарных токоприемников с металлическими корпусами выполнено по 3-х-5 проводной схеме с учетом требований глав 1.7 и 7.1 ПУЭ. Все розетки, стационарные токоприемники функционируют нормально.

Представитель заказчика _____
(фамилия) (подпись)

Представитель генерального подрядчика _____
(фамилия) (подпись)

Представитель электромонтажной организации _____
(фамилия) (подпись)

АКТ освидетельствования скрытых работ

_____ (наименование работ)

выполненных

в _____
(наименование и место расположения объекта)

«__» _____ 20..._ г.

Комиссия в составе: представителя строительной организации

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

представителя технического надзора заказчика _____

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

представителя проектной организации (в случаях осуществления авторского надзора проектной организацией в соответствии с требованиями СП 11-110-99) _____

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

произвела осмотр работ, выполненных _____

_____ (наименование строительной-монтажной организации)

и составила настоящий акт о нижеследующем:

1 К освидетельствованию предъявлены следующие работы _____

_____ (наименование скрытых работ)

2 Работы выполнены по проектно-сметной документации _____

_____ (наименование проектной организации,

_____ № чертежей и дата их составления)

3 При выполнении работ применены _____

_____ (наименование материалов, конструкций, подтверждающие качество)

_____ изделий со ссылкой на сертификаты или другие документы,

4 При выполнении работ отсутствуют (или допущены) отклонения от проектно-сметной документации _____

_____ (при наличии отклонений указывается, кем согласованы,

_____ № чертежей и дата согласования)

5 Дата: начала работ _____

окончания работ _____

Решение комиссии

Работы выполнены в соответствии с проектно-сметной документацией, стандартами, строительными нормами и правилами и отвечают требованиям их приемки.

На основании изложенного, разрешается производство последующих работ по устройству (монтажу) _____

_____ (наименование работ и конструкций)

Представитель строительно-монтажной организации _____
(подпись)

Представитель технического надзора заказчика _____
(подпись)

Представитель проектной организации _____
(подпись)

5 Составление прехта производства электромонтажных работ Проект производства электромонтажных работ

Объект: _____

Сроки работ: Начало _____ окончание _____

Заказчик: _____

Календарный план ЭМР по договору №___ от __/____2017__

№ пп	Наименование этапа	январь	февраль	март	апрель
		1	2	3	456789101112131415161718

Последовательность производства ЭМР

№ пп	Наименование этапа	Последовательность операций	Акты освидетельствования скрытых работ
1	2	3	4

График потребности в машинах и механизмах

№ пп	Наименование механизмов	Единица измерения	Количество единиц	Дата использования машин и механизмов	Примечание
1	2	3	4	5	6

Составил:

Инженер - электрик _____

Подпись _____

Приложение В. План материальных ресурсов

(обязательное)

Форма плана материальных ресурсов

План материальных ресурсов №___ от __/____2017

Объект: _____

Сроки работ: Начало _____ окончание _____

Заказчик: _____

Вид работ: ЭМР

№ п.п.	ГОСТ	Наименование	Артикул	Ед. изм.	Кол-во по ПМР	Примечание	Секция №1	Секция №2
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заказчик: _____

Директор: _____/_____

6 Технологические карты электромонтажных работ

Технологические карты имеют своим назначением обеспечение правильной организации и передовой технологии монтажного процесса при выполнении работ по монтажу отдельных элементов электротехнического узла (выключатель, разъединитель, конденсатор, измерительный трансформатор и др.) или по монтажу отдельных узлов электротехнических устройств (ячейка ОРУ или ЗРУ, силовой трансформатор, аккумуляторная батарея, выводы генераторов, комплектные токопроводы, гибкие связи и т. п.). В технологических картах должны быть разработаны следующие разделы:

1 Техничко-экономические показатели монтажных работ (физические объемы работ, трудоемкость работ в человеко-днях, выработка на одного рабочего в день, затраты машино-смен и энергоресурсов). Организация и технология выполнения монтажных процессов (схема организации работ и рабочих мест с указанием фронта работ, расположение частей и деталей подлежащего монтажу электрооборудования, расположение и порядок перемещения машин и механизмов; основные указания о последовательности и методах выполнения работ; специальные требования по технике безопасности);

2 Организация и методы труда рабочих (количественный и квалификационный состав бригад с учетом достигнутого и возможного перевыполнения норм, график выполнения работ с указанием трудоемкости на единицу объема и на весь объем работ);

3 Материально-технические ресурсы (ведомость необходимых монтажных материалов, ведомость монтажных изделий и конструкций, изготавливаемых на заводах монтажных изделий и в центральных монтажно-заготовительных мастерских, ведомость машин, механизмов, приспособлений и инструмента);

4 Калькуляция трудовых затрат. На основные монтажные узлы электротехнических устройств и основные виды электрооборудования разработаны типовые технологические карты. Указанные карты могут быть использованы с привязкой их к конкретным местным условиям при разработке проектов производства работ и технологических карт для конкретных объектов монтажа.

Схема разделов и порядок расположения материалов, подлежащих разработке при составлении конкретных типовых карт, могут изменяться в зависимости от сложности и специфики подлежащего монтажу электрооборудования.

Типовые технологические карты способствуют внедрению единых форм ведомостей, графиков и таблиц, разрабатываемых в составе конкретных технологических карт, и значительно облегчают работу по их составлению, ограничивая ее внесением в типовые карты изменений, вызванных специфическими особенностями конкретной монтажной площадки (схемы такелажа оборудования, расстояния их места разгрузки оборудования до монтажной зоны, наличие механизмов и др.).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Конспект основных положений договора подряда;
- 2 План производства электромонтажных работ (по заданию преподавателя);
- 3 Технологическая карта электромонтажных работ (по заданию преподавателя, приложения А-Е).

Контрольные вопросы

- 1 Основные положения договора подряда?
- 2 Назначение акта технической готовности электромонтажных работ.
- 3 На какие объекты составляется акт освидетельствования скрытых работ?
- 4 Дайте характеристику стандарта предприятия, организации.
- 5 Что входит в техническую документацию объекта?
- 6 Для чего составляются технологические карты электромонтажных работ?

Список литературы

- 1 Акимова Н. А., Котеленец Н. Ф., Сентюрихин Н. И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. – Москва : Академия, 2008. – 304 с.
- 2 Даценко В. А., Сивков А. А., Герасимов Д. Ю. Монтаж, ремонт и эксплуатация электрических распределительных сетей в системах электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие. – Томск : ТПУ, 2007. – 132 с.
- 3 Дементьев В. С. Как определить место повреждения в силовом кабеле. – Москва : Энергия, 1980. – 72 с.
- 4 Ерошенко Г. П., Коломиец А. П., Кондратьева Н. П., Медведько Ю. А., Таранов М. А. Эксплуатация электрооборудования. – Москва : КолосС, 2007. – 344 с.
- 5 Костин В. Н. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения : учебное пособие. – Санкт-Петербург : СЗТУ, 2004 – 184 с.
- 6 Котеленец Н. Ф., Акимова Н. А., Антонов М. В. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. – Москва : Академия, 2003. – 384 с.
- 7 Лукьянов М. М., Коношенко А. В. Техническая эксплуатация электроустановок : учебное пособие. – Челябинск : Книга, 2008. – 240 с.
- 8 Магазинник Л. Т. Монтаж линий электропередач самонесущими изолированными проводами. – Ульяновск : УлГТУ, 2005. – 77 с.
- 9 Макаров Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. – Москва : Папирус Про, 2005. – Т. V. – 624 с.
- 10 Нестеренко В. М., Мысьянов А. М. Технология электромонтажных работ. – Москва : Академия, 2004. – 592 с.
- 11 Тарасов Е. В. Монтаж, наладка, эксплуатация электрооборудования. Воздушные и кабельные линии электропередачи: учебное пособие. – Томск : ТПУ, 2010. – Ч.1 – 146 с.
- 12 Шингаров В. П. Монтаж кабельных линий : учебное пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2002. – 95 с.
- 13 Чарыков В. И., Новикова В. А., Русинов В. А. Энергоэффективное оборудование для животноводческих ферм.— Курган : КГСХА, 2014. – 334 с.
- 14 Чарыков В. И., Митюнин А., А. Гравитационные сепараторы: теория, расчет, конструкция. – Курган : КГСХА, 2015. – 198 с.
- 15 Чарыков В. И., Евдокимов А. А., Копытин И. И. Инновационные решения при конструировании электромагнитных сепараторов. – Курган : КГСХА, 2015. – 205 с.
- 16 Чарыков В. И., Шабуров А. Н., Сигидин В. С. Модернизация схемы управления токарно-винторезным станком // Сельский механизатор. – 2016. №7. – С. 44-47.
- 17 Чарыков В. И., Зуев В. С. Электромагнитные сепараторы: теория, конструкция. – Курган : Изд-во «Зауралье», 2002. – 178 с.

Нормативные документы

- 1 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. В ред. изменений и дополнений утв. Минтрудом РФ 18.02. 2003, Минэнерго РФ 20.02.2003.
- 2 Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах. – Москва : Энергия, 1990. – 193 с.
- 3 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – Санкт-Петербург, 2009. – 701 с.
- 4 ГОСТ 839-80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. – Москва : Изд-во станд., 1981. – 12 с.
- 5 ГОСТ Р 50571.15-97 (МЭК 364-5-52-93). Электрические установки зданий. Часть 5 – Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52 – Электропроводки. – Москва : Изд-во станд., 1997. – 8 с.
- 5 ГОСТ Р МЭК 60715-2003. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления. – Москва : Изд-во станд., 2003. – 15 с.
- 6 СНиП 3.05.06-8. Электротехнические устройства. – Москва : Росстандарт, 2011. – 163 с.
- 7 ВСН 342-75. Инструкция по монтажу силовых трансформаторов напряжением до 110 кВ включительно. – Москва : Энергия, 1975. 96 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ТИПОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА (ТТК) МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ПРИ СКРЫТОЙ ПРОВОДКЕ

I Область применения карты

1 Технологическая карта разработана на монтаж осветительной электроустановки 3-комнатной квартиры с выполнением скрытой проводки и применением плоских проводов марки ПВ.

2 При привязке карты к конкретным условиям уточняются объемы работ, калькуляция типовых затрат, график выполнения процесса и технико-экономические показатели.

II Организация и технология строительного процесса

1 До монтажа осветительной электроустановки должен быть закончен монтаж перекрытий и перегородок.

2 Электромонтажные работы выполняют в три стадии:

- а) до производства штукатурных работ;
- б) после производства штукатурных работ;
- в) после производства малярных работ.

3 До штукатурных работ монтируют плоские провода. Монтажные работы выполняют в следующей последовательности:

а) размечают и пробивают отверстия и гнезда, сверлят проходы, фрезеруют борозды и устанавливают крепежные детали и конструкции;

б) замеряют длины участков, на которых будут прокладываться отрезки проводов, между групповым щитком и ответвительной коробкой, между смежными ответвительными коробками, между ответвительными коробками и светильниками, штепсельными розетками и выключателями;

в) правят провода;

г) надрезают провода согласно замерам длин участков трассы (с запасом 50-75 мм), затем отрезают и разделяют;

д) прокладывают провода по намеченной трассе с установкой ответвительных коробок, а также коробок штепсельных розеток и выключателей.

4 Разметку производят с помощью циркуля, шнура, рейки, рулетки и складного метра. Сначала отмечают ввод в помещение и места установки групповых щитков, светильников, штепсельных розеток, ответвительных коробок и выключателей. Затем намечают линию прокладки проводов с тем, чтобы провода проходили на расстоянии не менее 20 мм от карнизов и плинтусов. При прокладке двух и более проводов оставляют между ними промежутки 3-5 мм.

5 Гнезда и отверстия в кирпичных и бетонных основаниях пробивают с помощью пневматических молотков перфораторов, электромолотков. Для сверления отверстий применяют электросверлилки, для сверления отверстий под любым углом – станок-стойку, для сверления проходов в стенах – специальный штатив, для сверления отверстий в потолке диаметром до 32 мм – станок-стойку в соединении с винтовым домкратом; борозды и канавки вырубает вручную или с помощью бороздофрезы.

Провода отрезают и разделяют с помощью кусачек и клещей. На конце отрезка провода длиной 75 мм удаляют полихлорвиниловую пленку, разделяющую жилы, и снимают изоляцию на длине 50 мм. В местах изгиба провода вырезают пленку на длине 40-60 мм.

При прокладке проводов крепление их осуществляют путем «примораживания» через каждые 20-25 см гипсовым раствором. По стораемым стенам и перегородкам провода прокладывают по листовому асбесту толщиной не менее 3 мм, уложенному по штукатурной

дранке, или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм. Не допускается непосредственного соприкосновения провода с металлическими элементами здания. Места пересечения проводов усиливают тремя-четырьмя слоями липкой полихлорвиниловой или прорезиненной ленты. Прокладку проводов по поверхностям, отделяемым не штукатуркой, а затиркой, осуществляют в бороздах. Для прокладки проводов используют также пустоты в железобетонных перекрытиях, швы между элементами сборных конструкций перекрытий и пр.

Проходы сквозь стены, перегородки и перекрытия выполняют в резиновых полутвердых или полихлорвиниловых трубках, надевая на концы их пластмассовые втулки. Соединение жил проводов по длине выполняют опрессованием или пайкой.

6 Ответительные коробки, коробки выключателей и штепсельных розеток устанавливают заподлицо с поверхностью штукатурки, производя выверку по меткам. В каждой коробке оставляют запас провода не менее 50 мм, укладывая изолированные жилы внутри коробки вдоль стенки в один-два круга.

7 После выполнения штукатурных работ проверяют, не оборваны ли жилы проводов, и отмечают при этом нулевую жилу.

8 После малярных работ устанавливают квартирные групповые щитки, светильники, выключатели и штепсельные розетки.

9 Осветительную арматуру подвешивают через изоляционную вставку или на крюке с прочным изоляционным покрытием.

10 Работы по монтажу скрытой проводки выполняет звено из двух человек: электромонтажник 4 разряда – 1 человек, электромонтажник 2 разряда – 1 человек.

Монтажник 4 разряда размечает места, пробивает борозды (канавки) и устанавливает арматуру, оборудует места ввода, осуществляет протяжку проводов в пустотах перекрытия. В это время монтажник 2 разряда пробивает канавки и необходимые отверстия, устанавливает и закрепляет коробки для соединений проводов в местах разветвления. Затем все звено прокладывает, крепит и соединяет провода, устанавливает арматуру, навешивает осветительные приборы.

11 Основные требования к качеству работ:

а) крепление проводов и арматуры, пайка проводов, соединения приборов и арматуры должны быть выполнены в соответствии с действующими техническими условиями;

б) прочность закрепления потолочных крючков для комнатной осветительной арматуры должна быть испытана под нагрузкой;

в) стальные кронштейны, крепежные детали должны быть окрашены или никелированы;

г) стеклянные колпаки светильников должны быть тщательно промыты и надежно закреплены.

12 При производстве работ необходимо выполнять следующие основные правила техники безопасности:

а) при высоте помещений до 3 м протаскивать провода в каналы потолочного перекрытия и стен необходимо с использованием стремянок, имеющих приспособления, предохраняющие их от раздвижения; при протаскивании проводов в каналы нельзя приближать пальцы к отверстию, куда входят провода;

б) заделывать алебастром коробки для ответвления проводов и установки в них розеток и выключателей нужно деревянной лопаткой, но не голой рукой;

в) при резке и изгибании стальных тонкостенных труб рабочий должен:

- проверить прочность установки на верстаке;

- надежно закрепить трубу в прижиме вблизи места отрезки;

- работать только исправной ножовкой с хорошо закрепленным и вытянутым полотном, имеющим плотно насаженную деревянную ручку без трещин.

13 График выполнения работ, производственная калькуляция и потребные материально-технические ресурсы составлены на монтаж скрытой электроосветительной установки 3-комнатной квартиры.

III Техничко-экономические показатели

Трудоемкость на весь объем работ (95 м)	4,0 чел.- дня
Трудоемкость на 100 м проводки	4,5 чел.- дня
Выработка на одного рабочего в смену	25,0 м проводки

IV Материально-технические ресурсы

Таблица А.1 – Материально-технические ресурсы на монтаж квартиры

Наименование	Единица измерения	Количество
Провод ПВ 3Х2,5 мм	м	100
Розетки штепсельные утопленного типа	шт.	5
Выключатели для скрытой проводки	шт.	6
Переключатели	шт.	4
Патроны карболитовые	шт.	5
Патроны стенные	шт.	2
Ограничитель универсальный УК-ГС	шт.	1
Ответвительные коробки	шт.	10
Квартирные щитки на четыре однофазные группы	шт.	1
Клецы для работы с проводом	шт.	2
Станок-стойка для сверления отверстий в полах, потолках и стенах	шт.	1
Бороздофрез	шт.	1
Приспособление для правки провода	шт.	1
Плоскогубцы универсальные	шт.	1
Метр складной	шт.	1
Нож монтерский	шт.	1
Отвес со шнуром	шт.	1

Таблица Б.1 – Удельное сопротивление грунтов, ρ

Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение (Ом*м)
Базальт	2 000
Бетон	40 - 1 000
Вода	
Вода морская	0,2
Вода прудовая	40
Вода равнинной реки	50
Вода грунтовая	20 - 60
Вечномерзлый грунт (многолетнемерзлый грунт)	
Вечномерзлый грунт - талый слой (у поверхности летом)	500 - 1000
Вечномерзлый грунт (суглинок)	20 000
Вечномерзлый грунт (песок)	50 000
Глина	
Глина влажная	20
Глина полутвёрдая	60
Гнейс разложившийся	275
Гравий	
Гравий глинистый, неоднородный	300
Гравий однородный	800
Гранит	1 100 - 22 000
Графитовая крошка	0,1 - 2
Дресва (мелкий щебень/крупный песок)	5 500
Зола, пепел	40
Известняк поверхностный	3 000 - 5 000
Ил	30
Каменный уголь	150
Кварц	15 000
Кокс	2,5
Лёсс (желтозем)	250
Мел	60
Мергель	
Мергель обычный	150
Мергель глинистый (50 - 75% глинистых частиц)	50
Песок	
Песок, сильно увлажненный грунтовыми водами	10 - 60
Песок, умеренно увлажненный	60 - 130
Песок влажный	130 - 400
Песок слегка влажный	400 - 1 500
Песок сухой	1 500 - 4 200
Супесь (супесок)	150
Песчаник	1 000
Садовая земля	40
Солончак	20
Суглинок	
Суглинок, сильно увлажненный грунтовыми водами	10 - 60
Суглинок полутвердый, лесовидный	100

Суглинок при температуре минус 5 С°	150
Супесь (супесок)	150
Сланец графитовый	55
Супесь (супесок)	150
Торф	
Торф при температуре 10°	25
Торф при температуре 0 С°	50
Чернозём	60
Щебень	
Щебень мокрый	3 000
Щебень сухой	5 000

Таблица Б.2 – Признаки климатических зон и значения коэффициента k_C

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых заземляющих электродов. Климатические признаки зон	Климатические зоны			
	I	II	III	IV
Средняя многолетняя низшая температура (январь)	от -20 до -15 ⁰ С	от -14 до -10 ⁰ С	от -10 до 0 ⁰ С	от 0 до +5 ⁰ С
Средняя многолетняя высшая температура (июль)	от +16 до +18 ⁰ С	от +18 до +22 ⁰ С	от +22 до +24 ⁰ С	от +24 до +26 ⁰ С
Среднегодовое количество осадков, мм	~400	~500	~500	~300...500
Продолжительность замерзания вод, дней	190 - 170	150	100	0
Значение коэффициента k_C при применении стержневых электродов длиной 2-3 м и глубине заложения их вершин 0,5...0,8 м	1,8...2	1,5...1,8	1,4...1,6	1,2...1,4
Значение коэффициента k_C при применении протяженных электродов длиной 2-3 м и глубине заложения их вершин 0,8 м	4,5...7	3,5...4,5	2,0...2,5	1,5...2,0
Значение коэффициента k_C при длине стержней 5 м и глубине заложения их вершин 0,7...0,8 м	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблица Б.3 – Коэффициенты использования η_B вертикальных электродов из труб, уголков или стержней, размещенных в ряд без учета влияния полосы связи

Отношение расстояния между электродами к их длине a/l	Число электродов n_B	η_B
1	2	0,84...0,87
	3	0,76...0,80
	5	0,67...0,72
	10	0,56...0,62
	15	0,51...0,56
	20	0,47...0,50
2	2	0,90...0,92
	3	0,85...0,88
	5	0,79...0,83

Продолжение таблицы Б.3

	10	0,72...0,77
	15	0,66...0,73
	20	0,65...0,70
3	2	0,93...0,95
	3	0,90...0,92
	5	0,85...0,88
	10	0,79...0,83
	15	0,76...0,80
	20	0,74...0,79

Таблица Б.4 – Коэффициенты использования $\eta_{\text{В}}$ вертикальных электродов из труб, уголков или стержней, размещенных по контуру без учета влияния полосы связи

Отношение расстояния между электродами к их длине, a/l	Число электродов $n_{\text{В}}$	$\eta_{\text{В}}$
1	4	0,84...0,87
	6	0,76...0,80
	10	0,67...0,72
	15	0,56...0,62
	20	0,51...0,56
	20	0,47...0,50
2	2	0,90...0,92
	3	0,85...0,88
	5	0,79...0,83
	10	0,72...0,77
	15	0,66...0,73
	20	0,65...0,70
3	2	0,93...0,95
	3	0,90...0,92
	5	0,85...0,88
	10	0,79...0,83
	15	0,76...0,80
	20	0,74...0,79

Таблица Б.5 – Коэффициенты использования $\eta_{\text{Г}}$ горизонтального полосового электрода (трубы, уголки, полосы и т.д.) при размещении вертикальных электродов в ряд

Отношение расстояния между электродами к длине, a/l	$\eta_{\text{Г}}$ при числе электродов в ряду							
	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Таблица Б.6 – Коэффициенты использования $\eta_{\text{Г}}$ горизонтального полосового электрода (трубы, уголки, полосы и т.д.) при размещении вертикальных электродов в ряд

Отношение расстояния между электродами к длине, a/l	$\eta_{\text{Г}}$ при числе электродов в контуре заземления								
	4	5	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,65	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

ПРОТОКОЛ

испытания заземляющего устройства

(объект)

1 Характеристика электроустановки (заземляемого объекта)

Номинальное напряжение РУ кВ _____

2 Проверка состояния элементов заземляющих устройств

Осмотром мест подключения подлежащего заземлению электрооборудования, элементов наружной сети заземляющего устройства установлено, что _____

3 Измерение сопротивления заземляющего устройства

Сопротивление измерялось методом _____

_____ прибором

Схема контура заземления, места подключения измерительных приборов при измерении и размещение вспомогательных электродов (указать размеры контура, расстояние A до токового электрода и до потенциальных электродов)

Примечание: _____

Заключение: _____




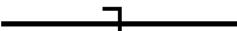





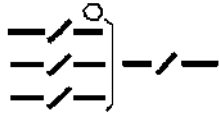
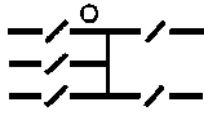
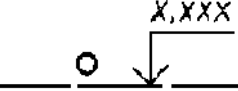
Испытание произвел: _____

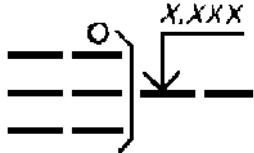
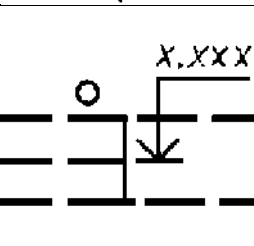
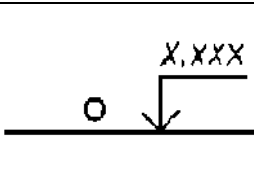
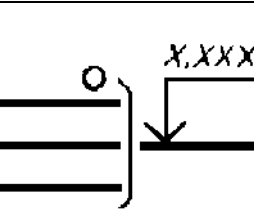
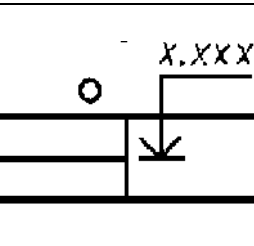
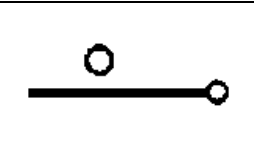
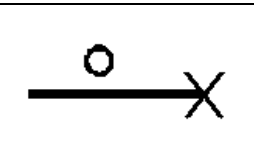
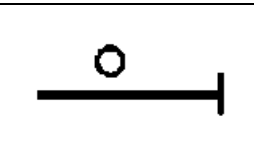
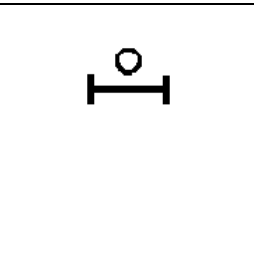
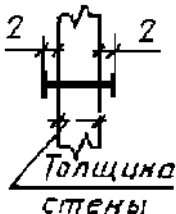

(подпись, фамилия, дата)

Выборка из ГОСТа 21.614-88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах»

Таблица Г.1 – Изображения линий проводок и токопроводов

Наименование	Изображение	Размер, мм
1 Линия проводки. Общее изображение. Допускается указывать над изображением линии данные проводки (род тока, напряжение, материал, способ прокладки, отметка проводки и т. п.)		Толщина 1,0
Например: цепь постоянного тока напряжением 110 В	110 В, в штрабе 	То же
Допускаемое количество проводников в линии указывать засечками. Например: линия, состоящая из трех проводников		
1.1 Линия цепей управления		
1.2 Линия сети аварийного эвакуационного и охранного освещения		
1.3 Линия напряжения 36 В и ниже		
1.4 Линия заземления и зануления		
1.5 Заземлители		
2 Прокладка приборов и кабелей		
2.1 Открытая прокладка одного проводника		Толщина 1,0
2.2 Открытая прокладка нескольких проводников		То же
2.3 Открытая прокладка нескольких проводников под перекрытием		

2.4 Прокладка на тросе и его концевое крепление		
2.5 Проводка в лотке		
2.6 Проводка в коробе		
2.7 Проводка под плинтусом		
3 Вертикальная проводка		
3.1 Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки		
3.2 Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки		
3.3 Проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана		
4 Проводка в трубах. Общее изображение		
4.1 Проводка в трубе, прокладываемой открыто Продолжение таблицы 8		
4.2 Проводка в трубах, прокладываемых открыто		
4.3 То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
4.4 Проводка в трубе, прокладываемой под перекрытием, площадкой, с указанием отметки заложения		

4.5 Проводка в трубах, прокладываемых под перекрытием		
4.6 То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
4.7 Проводка в трубе, прокладываемой скрыто (в бетоне, в грунте и т. п.), с указанием отметки заложения		
4.8 Проводка в трубах, прокладываемых скрыто		
4.9 То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
4.10 Проводка в трубе, прокладываемой от отметки трассы вверх		
4.11 То же, вниз		
4.12 Конец проводки в трубе		
4.13 Проводка в патрубке через стену		
4.14 То же, сквозь перекрытие		




4.15 Разделительное уплотнение в трубах для взрывоопасных помещений		
4.16 Проводка гибкая в металлорукаве, гибком вводе		

Таблица Г.2 – Изображения коробок, щитков, ящика с аппаратурой, шкафов, щитов, пультов


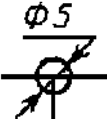

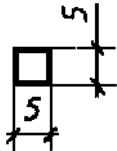


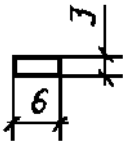

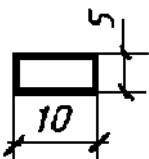




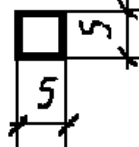


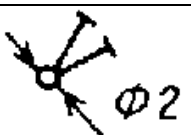






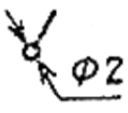

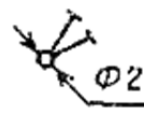











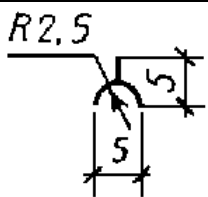










наименование	Изображение	Размер, мм
1 Коробка ответвительная		
2 Коробка вводная		
3 Коробка протяжная, ящик протяжной		То же
4 Коробка, ящик с зажимами		
5 Щиток магистральный рабочего освещения		
6 Щиток групповой рабочего освещения		То же
8 Щиток групповой аварийного освещения		"
9 Щиток лабораторный		"
10 Ящик с аппаратурой		

Таблица Г.3 – Изображения выключателей, переключателей и штепсельных розеток

Наименование	Изображение	Размер, мм
1 Выключатель. Общее изображение		
2 Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
2.1 однополюсный		То же
2.2 однополюсный сдвоенный		"
2.3 однополюсный строенный		"
2.4 двухполюсный		"
2.5 трехполюсный		"
3 Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
3.1 однополюсный		
3.2 однополюсный сдвоенный		
3.4 двухполюсный		"
4 Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55		

4.1 однополюсный		"
4.2 двухполюсный		"
4.3 трехполюсный		"
5 Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23		
5.1 однополюсный		"
5.2 двухполюсный		"
5.3 трехполюсный		"
6 Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55		
6.1 однополюсный		"
6.2 двухполюсный		"
6.3 трехполюсный		"
7 Штепсельная розетка. Общее изображение		

8 Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
8.1 двухполюсная		То же
8.2 двухполюсная сдвоенная		"
8.3 двухполюсная с защитным контактом		"
8.4 трехполюсная с защитным контактом		"
9 Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
9.1 двухполюсная		"
9.2 двухполюсная сдвоенная		"
9.3 двухполюсная с защитным контактом Продолжение таблицы		
9.4 трехполюсная с защитным контактом		"
10 Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55		
10.1 двухполюсная		"
10.2 двухполюсная с защитным контактом		"
10.3 трехполюсная с защитным контактом		"
11 Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		


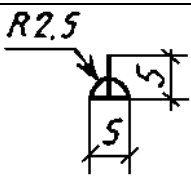



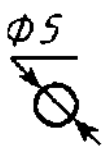


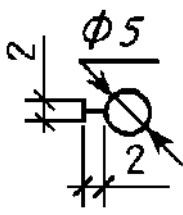

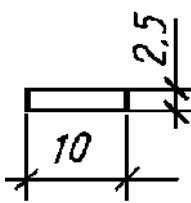
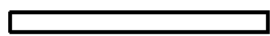
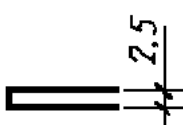

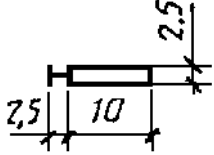

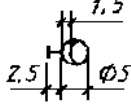




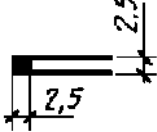


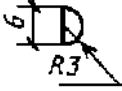
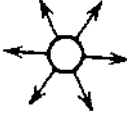


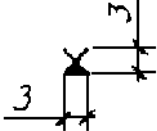

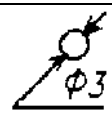

11.1 один выключатель и штепсельная розетка		
11.2 два выключателя и штепсельная розетка		То же
11.3 три выключателя и штепсельная розетка		"
12 Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		

Таблица Г.4 – Изображения светильников и прожекторов при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей










Наименование	Изображение	Размер, мм
1 Светильник с лампой накаливания. Общее изображение		
2 Светильник с лампой накаливания на тресе		То же
3 То же, на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения		
4 Светильник с люминесцентными лампами. Примечание. Допускается светильник с люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа		
5 Светильник с люминесцентными лампами, установленными в линию		

<p>6 Светильник с люминесцентной лампой на кронштейне для наружного освещения</p>		
<p>7 Светильник с разрядной лампой высокого давления на кронштейне для наружного освещения</p>		
<p>8 Светильник с разрядной лампой высокого давления на опоре для наружного освещения</p>		
<p>9 Люстра</p>		<p>То же</p>
<p>10 Светильник-световод щелевой</p>		
<p>11 Прожектор</p>		
<p>12 Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону</p>		
<p>13 Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны</p>		
<p>14 Патрон ламповый</p>		
<p>14.1 стенной</p>		

14.2 подвесной		
14.3 потолочный		То же






Выборка из ГОСТ 2.755 - 87 «Обозначения условные графические в электрических схемах.
Устройства коммутационные и контактные соединения»


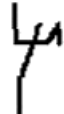







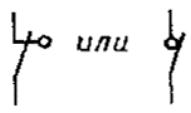

Таблица Г.5 – Функции коммутационных устройств

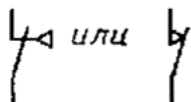




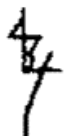





Наименование	Обозначение
1 Функция контактора	
2 Функция выключателя	
3 Функция разъединителя	
4 Функция выключателя-разъединителя	
5 Автоматическое срабатывание	
6 Функция путевого или концевого выключателя	
7 Самовозврат	
8 Отсутствие самовозврата	
9 Дугогашение	

Примечание. Обозначения, приведенные в пп. 1-4, 7-9 настоящей таблицы, помещают на неподвижных контакт-деталях, а обозначения в пп. 5 и 6 – на подвижных контакт-деталях.

Таблица Г.6 – Контакты коммутационных устройств

Наименование	Обозначение
1 Контакт коммутационного устройства	
1) переключающий без размыкания цепи (мостовой)	
2) с двойным замыканием	
3) с двойным размыканием	
2 Контакт импульсный замыкающий	
1) при срабатывании	
2) при возврате	

3) при срабатывании и возврате	
3 Контакт импульсный размыкающий	
1) при срабатывании	
2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	
4 Контакт в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
5 Контакт в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
6 Контакт без самовозврата	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
7 Контакт с самовозвратом	
1) замыкающий	

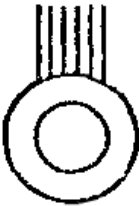
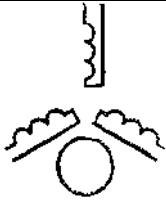
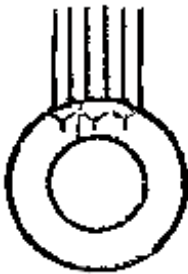
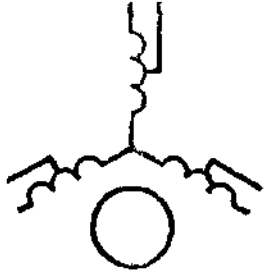
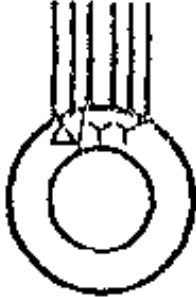
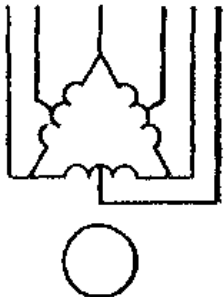

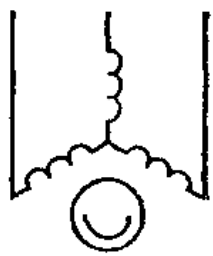






2) размыкающий	
8 Контакт переключающий с нейтральным центральным положением, с самовозвратом из левого положения и без возврата из правого положения	
9 Контакт контактора	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
3) замыкающий дугогасительный	
4) размыкающий дугогасительный	
5) замыкающий с автоматическим срабатыванием	
10 Контакт выключателя	
11 Контакт разъединителя	
12 Контакт выключателя-разъединителя	
13 Контакт концевого выключателя	
1) замыкающий	

2) размыкающий	
14 Контакт, чувствительный к температуре (термо-контакт)	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
15 Контакт замыкающий с замедлением, действующим:	
1) при срабатывании	
2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	

Выборка из ГОСТ 2.722-68 «Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические»

Таблица Г.7 – Машины электрические

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
1 Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором, обмотка которого соединена в звезду, обмотка статора соединена: а) в треугольник		
б) в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой		

<p>2 Машина асинхронная трехфазная с шестью выведенными концами фаз обмотки статора и с короткозамкнутым ротором</p>		
<p>3 Машина асинхронная с переключением обмотки статора на два числа полюсов с короткозамкнутым ротором. Переключение обмотки статора:</p> <p>а) со звезды на звезду с двумя параллельными ветвями</p>		
<p>б) с треугольника на звезду с двумя параллельными ветвями</p>		
<p>4 Машина асинхронная трехфазная с внешним ротором; обмотка статора соединена в звезду</p>		
<p>5 Машина асинхронная двухфазная:</p> <p>а) с короткозамкнутым ротором</p>		
<p>б) с полым немагнитным ротором и неподвижным ферромагнитным сердечником</p>		
<p>6 Машина асинхронная двухфазная с тремя обмотками и полым немагнитным ротором; одна из обмоток расположена на неподвижном сердечнике.</p>		

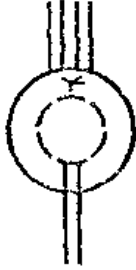
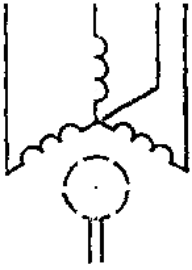

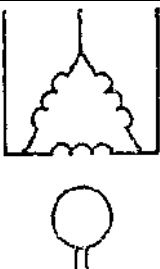

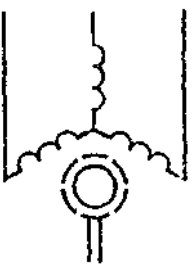
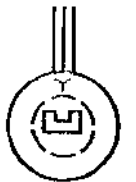
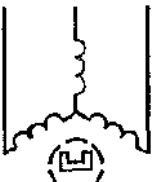
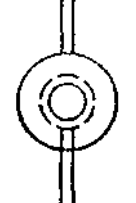
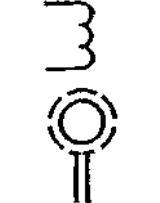
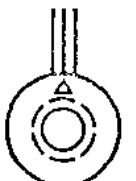
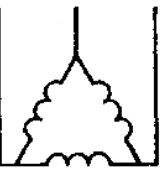
<p>7 Машина синхронная трехфазная явно-полюсная с обмоткой возбуждения на роторе; обмотка статора соединена в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой</p>		
<p>8 Машина синхронная трехфазная неявно-полюсная с обмоткой возбуждения на роторе; обмотка статора соединена в треугольник</p>		
<p>9 Машина синхронная трехфазная явно-полюсная с обмоткой возбуждения и с пусковой короткозамкнутой обмоткой на роторе; обмотка статора соединена в звезду</p>		
<p>10 Машина синхронная трехфазная с возбуждением от постоянных магнитов; обмотка статора соединена в звезду</p>		
<p>11 Машина синхронная однофазная явно-полюсная с обмоткой возбуждения и успокоительной или пусковой обмоткой на роторе</p>		
<p>12 Машина синхронная трехфазная явно-полюсная без обмотки возбуждения с пусковой короткозамкнутой обмоткой на роторе (реактивный синхронный двигатель); обмотка статора соединена в треугольник</p>		

Таблица Д.1 – Буквенные обозначения марок кабелей

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
А	Впереди обозначения	Материал жил – алюминий
Не имеет символа	–	Материал жил – медь
А	Впереди обозначения (для кабелей с алюминиевыми жилами после символа материала жил)	Оболочка – алюминий
С	То же	Оболочка – свинец
СТ	То же	Оболочка – стальная гофрированная
В	То же	Оболочка – поливинилхлорид
Н	То же	Оболочка – наирит (негорючая резина)
П	То же	Оболочка – полиэтилен
Р	В середине обозначения	Изоляция жил – теплостойкая резина
В	То же	Изоляция жил – поливинилхлорид
П	То же	Изоляция жил – полиэтилен
Пс	То же	Изоляция жил – самозатухающий полиэтилен
Пв	То же	Вулканизированный полиэтилен
Не имеет символа	То же	Изоляция жил – бумажная, нормально пропитанная
В	В конце обозначения через дефис	Изоляция жил – бумажная, 103бедне-но-пропитанная
Ц	В начале обозначения	Изоляция жил – бумажная, пропитанная нестекающей массой на основе церезина
Б	В конце обозначения	Защитный покров – броня из стальной ленты
П	В конце обозначения	Защитный покров – броня из плоской стальной оцинкованной проволоки
Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
К	То же	Защитный покров – броня из круглой стальной оцинкованной проволоки
Г	То же	Указывает на отсутствие джутовой оплетки поверх брони
О	Перед символом С	Характеризует кабели с отдельно освинцованными жилами
О	Перед символом В	Характеризует кабели с отдельно экранированными жилами под поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы
Шв	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из ПВХ - пластика

Продолжение таблицы Д.1

Шп	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из полиэтилена
в	После буквы, обозначающей тип брони	Указывает на наличие усиленной подушки под броню, накладываемой поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии
б	То же	Отсутствие подушки у защитного покрова
л	То же	Усиленная подушка у защитного покрова
2л	То же	Особо усиленная подушка у защитного покрова
н	То же	Негорючий наружный покров у защитного покрова
-1к, -2к	В конце обозначения, после тире	С одной или двумя контрольными жилами
Т, ТС	То же	В тропическом исполнении

Таблица Д.2 – Токовая нагрузка на провода и шнуры с резиновой и ПВХ - изоляцией

S, мм ²	Ток, А												
	Проложенные открыто		Проложенные в трубе										
	С медными жилами	С алюминиевыми жилами	С медными жилами					С алюминиевыми жилами					
			Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный	Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0,5	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,75	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,0	17	–	16	15	14	15	14	–	–	–	–	–	–
1,2	20	18	18	16	15	16	14,5	–	–	–	–	–	–
1,5	23	–	19	17	16	18	15	–	–	–	–	–	–
2	26	21	24	22	20	23	19	19	18	15	17	14	14
2,5	30	24	27	25	25	25	21	20	19	19	19	16	16
3	34	27	32	28	26	28	24	24	22	21	22	18	18
4	41	32	38	35	30	32	27	28	28	23	25	21	21
5	46	36	42	39	34	37	31	32	30	27	28	24	24
6	50	39	46	42	40	40	34	36	32	30	31	26	26
8	62	46	54	51	46	48	43	43	40	37	38	32	32
10	80	60	70	60	50	55	50	50	47	39	42	38	38
16	100	75	85	80	75	80	80	60	60	55	60	55	55
25	140	105	115	100	90	100	100	85	80	70	75	65	65
35	170	130	135	125	115	125	135	100	95	85	95	75	75
50	215	165	185	170	150	160	175	140	130	120	125	105	105
70	270	210	225	210	185	195	215	175	165	140	150	135	135

Продолжение таблицы Д.2

95	330	255	275	255	225	245	250	215	200	175	190	165
120	385	295	315	290	260	295	–	245	220	200	230	190
150	440	340	360	330	–	–	–	275	255	–	–	–
185	510	390	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
240	605	465	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
300	695	535	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
400	830	645	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица Д.3 – Токовая нагрузка на провода с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических оболочках и кабели с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, ПВХ или резиновой оболочке, бронированные и небронированные, с нулевой жилой и без нее

S, мм ²	Ток, А				
	Одножильные	Двухжильные		Трехжильные	
	В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	–	–	–	–

Таблица Е.1 – Буквенные коды, определяющие вид электрических элементов

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры электрических приборов	Двухбуквенный код
1	2	3	4
А	Устройства (общие обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры. Устройство АПВ	АКС
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или много-разрядные преобразователи, или датчики для указания или измерители	Громкоговоритель	ВА
		Магнестрикционный элемент	ВВ
		Детектор ионизирующих излучений	ВД
		Сельсин-приёмник	ВЕ
		Телефон (капсюль)	ВФ
		Сельсин-датчик	ВС
		Тепловой датчик	ВР
		Фотоэлемент	ВЛ
		Микрофон	ВВ
		Датчик давления	ВР
		Пьезоэлемент	ВQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	ВR
		Звукосниматель	BS
Датчик скорости	BV		
С	Конденсаторы	Силовая батарея конденсаторов	СВ
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная цифровая, логический элемент	DD
		Устройство хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
Е	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательные элемент	EK
		Лампы осветительные	EL
		Пиропатрон	T
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Генератор, аккумулятор батареи	G
		Батарея	GB
		Синхронный компенсатор	GC
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	НА
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
		Лампа сигнальная с белой линзой	HLW
		Лампа сигнальная с зелёной линзой	HLG
Лампа сигнальная с красной линзой	HLR		

1	2	3	4
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	КА
		Реле указательное	КН
		Реле электротепловое	КК
		Реле напряжения	КV
		Контактор, магнитный пускатель	КМ
		Реле частоты	КF
		Реле времени	КТ
		Реле промежуточное	КL
L	Катушка индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения	LL
		Реакторы	LR
		Реактор секционный	LRK
М	Двигатели постоянного и переменного тока		
Р	Приборы, измерительное оборудование (сочетание РЕ применять не допускается)	Амперметр	РА
		Счётчик импульсов	РС
		Частотометр	РF
		Счётчик активной энергии	РI
		Счётчик реактивной энергии	РK
		Омметр	РR
		Регистрирующий прибор	РS
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель в силовых цепях	Q
		Выключатель автоматический	QF
		Выключатель нагрузки	QW
		Выключатель секционный	QK
		Выключатель шиносоединительный	QA
		Разъединитель	QS
		Потенциометр	RP
S	Устройства коммутационные в целях управления, сигнализации и измерительные (обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей)	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий	
		уровня	SL
		давления	SP
		положения (путевой)	SQ
		частоты вращения	SR
температуры	SK		
Т	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	ТА
		Электромагнитный стабилизатор	ТС
		Трансформатор напряжения	ТВ
U	Устройства связи Преобразователи электрических величин	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Преобразователь частотный.	UF
		Выпрямитель	UD
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT

1	2	3	4
		Тиристор	VS
		Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
		Вентиль	WS
	Антенны	Трансформатор, фазовращатель	WT
		Аттенюатор	WU
		Антенна	WA
X	Соединения контактные	Токосъёмник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит включения	YAC
		Электромагнит отключения	YAT
		Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плита	YH

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Практическое занятие №1	5
Практическое занятие №2	9
Практическое занятие №3	16
Практическое занятие №4	29
Практическое занятие №5	48
Практическое занятие №6	56
Практическое занятие №7	67
Список литературы	80
Приложения	81

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Виктор Иванович Чарыков
Владимир Иванович Мошкин
Владимир Андреевич Буторин

Монтаж электрооборудования

Часть 1

Практикум

При составлении практикума использованы открытые источники

Редактор Л.С. Иванова

Подписано в печать 27.04.18

Формат 60x84 1/8

Бумага 80 г/м²

Печать цифровая

Усл. печ. л. 13,75

Уч.- изд. л. 13,75

Заказ № 88

Тираж 100 экз.

Библиотечно-издательский центр КГУ.

640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.

Курганский государственный университет.