



**Министерство образования
Республики Беларусь**

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Электрические станции»

ОСНОВЫ МОНТАЖА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лабораторный практикум

Минск 2008

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электрические станции»

ОСНОВЫ МОНТАЖА
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
1-43 01 01 «Электрические станции»,
1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»,
1-43 01 03 «Электроснабжение»

Минск 2008

УДК ~~631.171~~

~~ББК 40.76~~

О-75

Составитель
В. Н. Мазуркевич

Рецензенты:
В. Н. Сацукевич, М. И. Фурсанов

Основы монтажа электрооборудования: лаб. практикум для студентов специальности 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электрические системы и сети», 1-43 01 03 «Электроснабжение» / сост.: В. Н. Мазуркевич. – Минск: БНТУ, 2008. – 89 с.

Лабораторный практикум по дисциплине «Основы монтажа электрооборудования» предназначен для студентов электроэнергетических специальностей энергетического факультета.

Лабораторная работа № 1

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Монтаж электрических машин (электродвигателей и генераторов переменного и постоянного тока), входящих в состав производственных агрегатов и установок, включает в себя комплекс взаимосвязанных работ по предварительной проверке их исправности, сборке, установке, выверке и закреплении на фундаменте, подключении кабелей или проводов к выводам, проведению пусковых испытаний и сдаче в эксплуатацию.

Цель работы: изучить технологию монтажа электрических машин и приобрести знания основных приемов их монтажа.

Краткие теоретические сведения

Общие сведения и требования к монтажу электрических машин

Электрические машины различают по конструкции, климатическому исполнению, степени защиты, способу охлаждения и монтажа. Эти характеристики машин имеют стандартные условные обозначения, указываемые в их паспорте.

Исполнение по способу монтажа имеет следующее условное обозначение: общую буквенную часть, состоящую из двух букв (IM); затем одну цифру (от 1 до 9), указывающую группу конструктивного исполнения; после этого две цифры, означающие способ монтажа, и, наконец, одну цифру (от 0 до 8), характеризующую конец вала [4].

Первая цифра (от 1 до 9) означает следующее исполнение: 1 – машина на лапах с подшипниковыми щитами; 2 – с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите; 3 – без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном щите; 4 – без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине; 5 – без подшипников; 6 – с подшипниковыми щитами и стоячковыми подшипниками; 7 – со стоячковыми подшипниками (без щитов); 8 – с вертикальным валом; 9 – специального исполнения.

Вторая и третья цифры определяют пространственное положение машины (способ монтажа) и направление конца вала.

Последняя цифра характеризует конец вала: 0 – без конца вала; 1 – с одним цилиндрическим; 2 – с двумя цилиндрическими; 3 – с одним коническим; 4 – с двумя коническими; 5 – с одним фланцевым; 6 – с двумя фланцевыми; 7 – с фланцевым со стороны привода и цилиндрическим на противоположном конце; 8 – все прочие исполнения.

Примеры условного обозначения форм конструктивного исполнения электрических машин приведены в прил. 1.1 [4].

В зависимости от исполнения по способу монтажа электрические машины поступают с предприятий – изготовителей к месту монтажа в полностью собранном или частично разобранном виде. Полностью собранные машины (обычно мощностью до 600–1000 кВт) на месте монтажа устанавливают на фундамент непосредственно, либо на металлическую раму салазки либо на фундаментную плиту. К фундаменту они крепятся с помощью фундаментных болтов.

Машины поступающие в частично разобранном виде устанавливаются, или на отдельную фундаментную плиту или на общую для всего агрегата. При монтаже они собираются из частей в соответствии с технологией, предусмотренной предприятием – изготовителем.

Фундаменты предназначены для передачи на грунт давления от веса оборудования и сил, возникающих при его работе. Кроме того, они придают оборудованию дополнительную жесткость и устойчивость. В этой связи их масса в 5–6 и более раз (при больших ударных нагрузках) превышает массу оборудования (агрегата) и они заглубляются в грунт на 1–1,5 м и более.

Высота фундамента определяется расчетом, над полом она должна быть не менее 0,15 м. Связывать фундаменты разных машин между собой не допускается. Проходы между фундаментами должны быть не менее 1 м.

Площадь опорной поверхности фундамента определяется массой фундамента и агрегата, установленного на нем и допустимым давлением на грунт (от 2 до 5 кг/см²). Форма и размеры в плане должны соответствовать форме опорной поверхности оборудования с припуском на сторону в пределах 50–250 мм.

Чаще всего фундаменты выполняются из железобетона.

Фундаментальные плиты изготавливают предприятия-изготовители конкретных машин и поставляют совместно с ними. Плиты выполняют из толстой листовой стали и могут иметь форму прямоугольника

или П-образную форму (рис. 1.1). Могут использоваться швеллеры или балки крупного сечения.

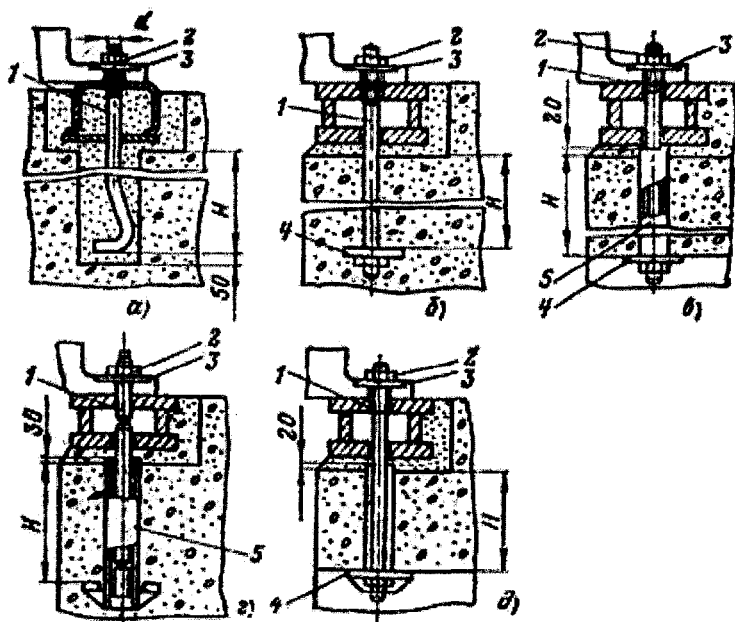


Рис. 1.1. Установка фундаментных болтов:

а, б - крепление глухое; *в, г* - крепление съемное; *1* - фундаментный болт (шпильки); *2* - гайка; *3* - шайба; *4* - плита; *5* - труба

Форма плит в плане соответствует форме опорной поверхности оборудования с припуском на сторону 50–100 мм. На их верхнюю поверхность и монтируется оборудование.

Фундаменты под оборудование, устанавливаемое без подливки, сооружают на полную проектную отметку. Если предусматривается последующая подливка раствором – фундаменты сдаются под монтаж, забетонированные на 50–80 мм ниже проектной отметки опорной поверхности станины машины. В случае установки машины на фундаментной плите, для размещения которой в фундаменте предусматривается специальная выемка – глубина выемки, должна быть 50–80 мм.

Крепление оборудования к фундаментам осуществляется с помощью фундаментных болтов. По конструкции они могут быть разными (крюкообразные, составные, конические, прямые и др.) и устанавливаться до бетонирования фундамента (глухое крепление) или после бетонирования в предусмотренные скважины и колодцы (см. рис. 1.1).

Соединение электрических машин с рабочими механизмами осуществляется с помощью муфт различного типа: жестких фланцевых, втулочно-пальцевых, упругих и др. или через механическую передачу (клиноремennую, шестеренчатую и т. п.). Любая муфта состоит из двух полумуфт, одна из которых плотно насаживается на вал машины, другая – на вал механизма. Между собой полумуфты соединяются болтами, обрезиненными пальцами, ленточными пружинами и др. [3, 6].

Вращающий момент от вала к полумуфте передается посредством призматических шпонок, вставляемых в пазы полумуфт и валов.

При соединении электрических машин и механизмов муфтами необходимо сцентрировать их валы, т. е. установить в такое положение, когда они являются продолжением один другого. В крупных машинах валы прогибаются под действием сил веса роторов. Поэтому даже если все подшипники агрегата расположены в одной горизонтальной плоскости – торцевые поверхности полумуфт не будут параллельны. Для получения свободного от усилий соединения в муфте необходимо крайние подшипники установить выше средних с тем, чтобы линии валов в месте соединения были непрерывны.

Перед закреплением на фундаменте (фундаментной плите) монтируемая электрическая машина выверяется, т. е. ее положение в плане, по высоте и горизонтали в двух взаимоперпендикулярных плоскостях приводится в соответствие с проектом.

Вращающиеся электрические машины должны быть установлены таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также для ремонта на месте установки. При массе машины более 50 кг должны быть предусмотрены приспособления для их подъема. Вращающиеся части машин, их муфты и шкивы должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

Должна быть исключена возможность попадания воды, масла и других жидкостей на обмотки машины и ее токосъемные устройства.

Вибрация оборудования и фундаментов не должна превышать допустимых по нормам значений [4]. Шум, создаваемый при работе машины совместно с механизмом, не должен превышать уровня, допускаемого санитарными нормами.

Синхронные машины мощностью 1000 кВт и выше, машины постоянного тока мощностью 1000 кВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники. У синхронных машин должны быть изолированы подшипники со стороны возбудителя и все подшипники возбудителя, кроме того, должны быть изолированы маслопроводы от корпусов подшипников.

Подключение проводов и кабелей к выводам электрических машин должно соответствовать указаниям предприятия изготовителя машины.

Монтаж электрических машин должен выполняться согласно монтажной документации, составленной с учетом особенностей работы агрегата, требований строительных норм и правил (СНиП), ПУЭ, монтажных инструкций заводов-изготовителей [1, 2, 3]. Непосредственно перед началом монтажа должен быть подготовлен фундамент, подъемно-транспортные средства: подобраны и испытаны стропы, тросы, лебедки, тали и другой необходимый такелаж; подготовлены подкладки, клиновые домкраты и др. [5].

Электрические машины, прибывшие в собранном виде, перед установкой не должны разбираться. Но если нет уверенности в исправности машины – она разбирается по акту, при этом технология разборки и последующей сборки должна соответствовать инструкции предприятия-изготовителя.

Машины, прибывшие в частично разобранном виде собираются по инструкции предприятия-изготовителя.

Технология монтажа электрических машин

Машины, поступающие с заводов-изготовителей в собранном виде, перед установкой осматривают. Если они не имеют наружных повреждений, производят очистку внутренних частей сухим сжатым воздухом. Предварительно проверяют подачу по трубопроводу сухого воздуха, для чего струю направляют на какую-либо поверхность. При продувке ротор проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках.

Затем осматриваются подшипники. Смазка в подшипниках качения при монтаже не заменяется. Проверяется только чтобы заполнение смазкой не превышало $2/3$ свободного объема подшипника, при частоте вращения вала до 1500 об/мин и $1/2$ – при большей частоте вращения.

Если при осмотре установлено, что подшипник качения поврежден – его снимают и устанавливают исправный, однотипный. Для снятия подшипников качения (полумуфт, шкивов, шестерен) применяют съемники различных конструкций. Съемник позволяет произвести захват внутреннего кольца подшипника при этом усилие не передается на шарики или ролики (рис. 1.2) [2, 3, 4].

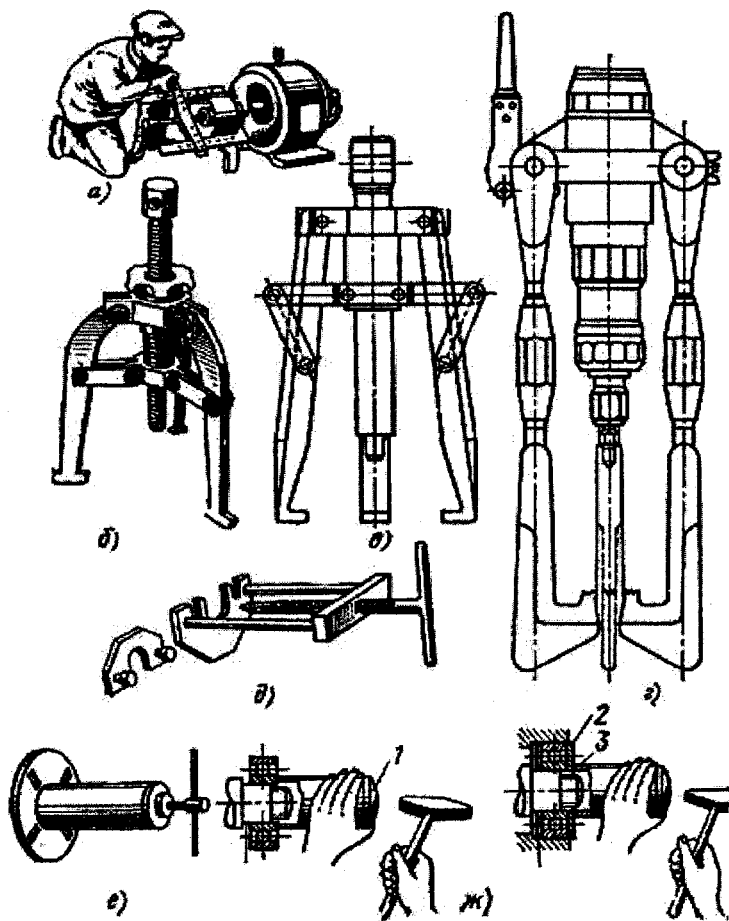


Рис. 1.2. Снятие шкива, полумуфты, шестерни; снятие и насадка подшипников качения:

а – съёмник с двумя тягами; *б* – универсальный съёмник с регулируемым раскрытием тяг; *в* – то же с самоустанавливающимися тягами; *г* – с гидравлическим приводом; *д* – съёмник для подшипников качения с захватом за подшипник; *е* – то же с захватом болтами за крышку или консоль подшипника; *ж* – насадка подшипников качения; 1 – выпуклая заглушка; 2 – шайба; 3 – отрезок трубы

Снятие производят путем вращения рукоятки центрального винта, упирающейся концом в торец вала. Если подшипник снять не удастся, то его подогревают до 100 °С, поливая горячим минеральным маслом.

Новый подшипник перед посадкой на вал тщательно промывают в бензине. Место посадки на валу чистят, промывают бензином и смазывают маслом. Подшипник перед насадкой подогревают в чистом минеральном масле с температурой 80–100 °С. Посадку производят с помощью отрезка трубы, упираемой во внутреннее кольцо подшипника [5, 6].

Роликовые подшипники демонтируют по частям. Внутреннее кольцо с вала снимают как и подшипник качения. Наружное кольцо с роликами из расточки щита извлекают приспособлением с подвижными секторами.

В отличие от шарикоподшипников роликовые подшипники монтируют отдельно: внутреннее кольцо напрессовывают на вал, а наружное кольцо вместе с роликами устанавливают в расточку подшипникового щита (корпуса).

В правильно посаженном подшипнике качения радиальный зазор между обоймой и телом вращения не должен превышать допустимых значений [4]. Внутреннее кольцо подшипника должно плотно прилегать к заплечику вала. Наружное кольцо должно легко вращаться вручную.

Подшипники скольжения при монтаже промываются. Для этого из подшипника выпускают остатки масла, отвернув спускные пробки. Затем, завинтив их в подшипники, наливают керосин и вращают якорь или ротор руками. Не прекращая вращения ротора, снова вывинчивают спускные пробки и дают стечь всему керосину, затем промывают подшипники маслом. После промывки маслом спускные пробки завинчиваются, и подшипники заполняют свежим маслом требуемой марки на 1/2 или 1/3 ванны.

В крупных машинах с неразъемными подшипниками скольжения контролируется зазор между валом и вкладышем с кольцевой смазкой с помощью пластинчатых щупов. Измеренные зазоры сравнивают с заводскими данными. Если они меньше – вкладыши расшавривают до необходимого диаметра, если больше – заменяют.

Далее проверяются исправность токоведущих частей и изоляции машины. Сопротивление изоляции машин напряжением до 1000 В

измеряют мегомметром на 1кВ. При температуре 10–30 °С сопротивление должно быть не меньше 0,5 МОм. Если оно окажется меньшим – обмотки необходимо сушить. Сушка может осуществляться внешним нагревом (горячим воздухом) или теплом, выделенным в обмотках при прохождении тока (величиной $0,7 I_{ном}$ при напряжении $(0,12–0,15 U_{ном})$, или нагревом вихревыми токами (метод индукционных потерь) наведенными в стали статора с помощью специальной намагничивающей обмотки и др. [4, 6].

Для электрических машин напряжением выше 1000В необходимость сушки изоляции и метод сушки устанавливаются по рекомендации предприятия-изготовителя.

Все эти работы могут выполняться как на стенде в специальном помещении так и по месту монтажа. Перед установкой машины на фундамент на конец её вала насаживается полумуфта или шкив. Для этого в шпоночную канавку конца вала закладывают шпонку, смазывают конец вала маслом и полумуфту насаживают на него винтовым приспособлением, предварительно сняв крышку подшипника с противоположного конца вала и уперев его в неподвижную опору (колонну, стену и др.). Если полумуфта насаживается трудно – её подогревают пламенем газовой горелки до 250–300 °С.

Далее проверяется уровнем горизонтальность опорной поверхности фундамента (плиты) в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях и машина грузоподъемным устройством устанавливается на фундамент. При этом фундаментные болты должны проходить через отверстия в опорных лапах. В случае установки машины на фундаментной плите вначале на фундамент устанавливается фундаментная плита. Для этого в предусмотренные отверстия в фундаменте закладывают фундаментные болты и по периметру фундаментной плиты укладывают стальные подкладки. Подкладки размещают в местах сосредоточенных нагрузок – под лапами станины, с двух сторон фундаментных болтов. Длина подкладок должна быть такой, чтобы они выступали на 35–50 мм из-под плиты. После этого фундаментную плиту устанавливают краном на подкладки. Плиту ориентируют по осям при помощи отвесов, спущенных с натянутых стальных струн (рис. 1.3). В горизонтальной плоскости её выверяют по уровню при помощи тонких стальных подкладок. Для их установки плита поднимается клиновыми домкратами. Выверка

протяженных плит в горизонтальной плоскости осуществляется гидростатическим уровнем.

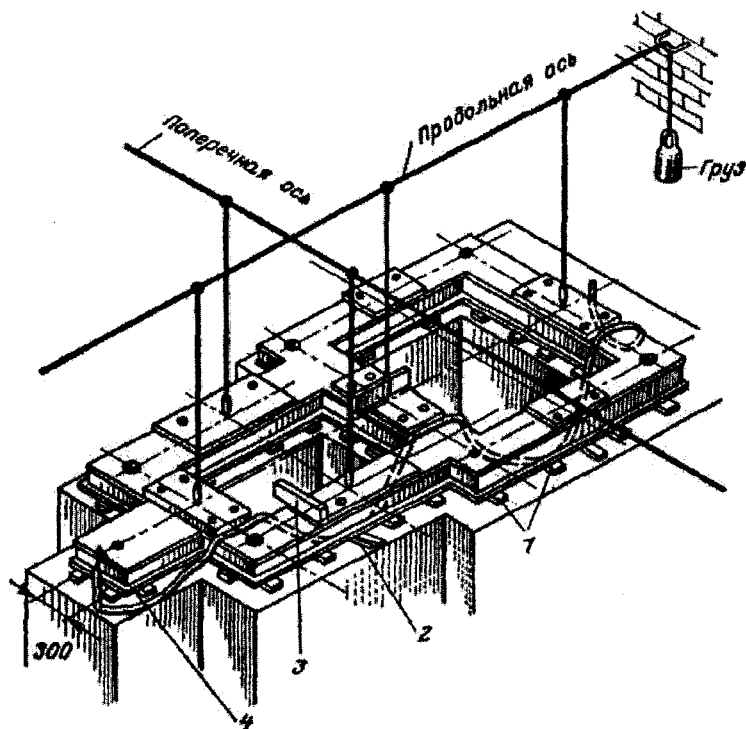


Рис. 1.3. Разметка основных осей на фундаменте и установка фундаментной плиты для электрических машин большой мощности:
1 – подкладки; 2 – клин стальной; 3 – уровень; 4 – гидростатический уровень

По завершению выверки плиты она крепится к фундаменту затяжкой фундаментных болтов. После установки машины плита вместе с подкладками подливается бетонной смесью.

В настоящее время при монтаже машины применяется бесподкладочный способ установки и выверки фундаментных плит [3]. В этом случае вместо подкладок фундаментная плита укладывается на клиновые домкраты, и после выверки, выгородив опалубкой домкраты, под нее осуществляется подливка высокопрочной бетонной смеси вибрационным способом. После затвердения подливки снимают

домкраты и временную опалубку и производят окончательную подливку плиты в этих местах.

Установленную на фундамент машину выверяют.

Главной операцией выверки является центровка сопрягаемых валов электрической и рабочей машины, входящих в агрегат. Она проводится в два этапа. На первом этапе центровка осуществляется по рискам, нанесенным на обода полумуфт. Риски наносят с помощью центроискателей на каждой полумуфте через 90° . Сначала накладывают контрольную линейку на обе полумуфты в четырех точках окружности, сдвинутых на 90° и убеждаются в отсутствии параллельного сдвига осей валов. Если оси сдвинуты то перемещают машину на фундаменте на требуемую величину. Перемещение машины в горизонтальной плоскости осуществляется путем сдвига ее на фундаменте в пределах зазоров резьбовых соединений опорных лап и фундаментных болтов. По вертикали положение машины изменяется путем установки под лапы стальных прокладок необходимой толщины. Минимальная толщина прокладок 0,5 мм, а их число укладываемых одна на одну – не более 4.

У сцентрированных машин установленная на все четыре пары риски линейка не имеет углового смещения и риски совпадают. Для окончательной центровки для машин небольшой мощности применяются монтажные скобы (рис. 1.4). Крупные машины центрируются с помощью индикаторов с часовым отсчетом [4, 6].

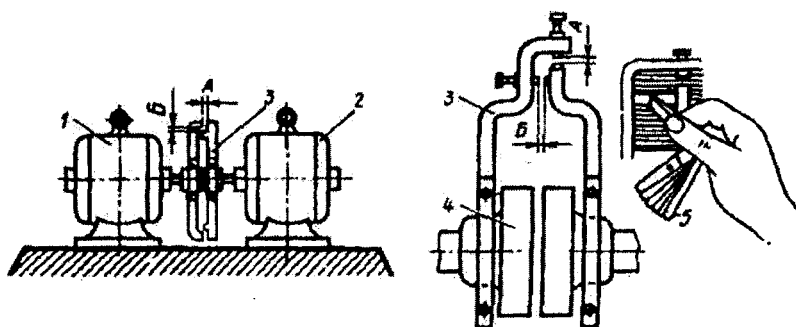


Рис. 1.4. Центровка валов машины и электродвигателя:
1 – машина; 2 – скобы; 3 – двигатель; 4 – полумуфта; 5 – щуп

Окончательная центровка заключается в измерении зазоров А и Б в четырех положениях валов, совместно поворачиваемых через 90°. Величины зазоров измеряются с помощью пластинчатых щупов. Разность зазоров в диаметрально противоположных положениях должна быть меньше допускаемых [4, 5] (например, для упругой втулочно-пальцевой муфты, работающей при частоте 1500 об/мин допустимое отклонение – 0,3 мм).

После центровки валов соединяют болтами полумуфты и предварительно затягивают фундаментные болты (нормальными ключами вручную до отказа). Проверяют сохранность центровки и свободу вращения соединенных валов, воздействуя на полумуфту рычагом. Если валы вращаются свободно – осуществляют подливку бетонной смесью фундаментных болтов (если они установлены в скважинах) и фундамента, если это предусмотрено проектом. При твердении подливки до 60 % проектной прочности бетона осуществляется окончательная затяжка гаек с усилием, указанным в проекте, после этого снова проверяется правильность выверки.

В случае использования клиноременной передачи валы двигателя и механизма должны быть строго параллельны, а середины шкивов находится в одной плоскости. Параллельность проверяется стальной линейкой, накладываемой на оба шкива одновременно [4, 5].

Далее к выводам машины подключаются кабели или провода. При этом собирается схема внутренних соединений машины.

Проводится пробный пуск и приемо-сдаточные испытания. Если все параметры соответствуют нормам – фиксируют окончательно машину на фундаменте с помощью установочных штифтов, контргаяк и др. После этого машина сдается в эксплуатацию.

Для машин поступающих в частично разобранном виде общая технологическая последовательность монтажа в этом случае следующая [4].

Распаковывают и размещают узлы на монтажной площадке; очищают, проводят ревизию и продувку машин сухим сжатым воздухом;

готовят фундамент и устанавливают фундаментную плиту;

монтируют подшипниковые стояки;

устанавливают статор на фундаментную плиту;

монтируют ротор в статор, с опиранием вала на подшипники в подшипниковых стояках;

центрируют и сопрягают валы агрегата;
пригоняют вкладыши и уплотнение подшипников скольжения;
выверяют воздушный зазор и осевой разбег ротора;
регулируют коллектор и контактные кольца;
монтируют щеточный механизм;
монтируют системы принудительной смазки и принудительной вентиляции;
монтируют внутренние соединения машины и ее внешние цепи;
проводят контроль состояния изоляции обмоток и если необходимо – сушку изоляции;
осуществляют пробный пуск и регулировку систем машины;
при необходимости балансируют ротор машины;
проводят прямо-сдаточные испытания;
проводят фиксацию машины на фундаментной плите;
оформляют техническую документацию и сдают машину в эксплуатацию.

Описание лабораторной установки

Для выполнения работы в лаборатории смонтирована электрическая машина – синхронный генератор, к корпусу которого закреплен возбудитель. Характеристики генератора приведены в его паспорте.

Генератор установлен на опорных салазках, имеющих отжимные болты, опирающиеся на опорные узлы. Кроме того, имеются регулировочные болты, позволяющие перемещать генератор на опорной конструкции в горизонтальные плоскости.

Для этого сначала ослабляют гайки болтов, крепящих генератор к салазкам, и вращением регулировочных болтов генератор перемещают на салазках на требуемую величину. Затем затягивают гайки болтов, крепящих генератор к салазкам.

Соединение генератора с первичным двигателем осуществляется клиноременной передачей. Для этого на вал насажен шкив.

На месте установки генератора (на полу) выполнена осевая линия агрегата.

Над генератором смонтирована монтажная струна с отвесами, закрепленная на опорном оседержателе. Место установки оседержателя размечено на полу.

План работы

1. Изучить инструкцию к лабораторной работе.
2. Ознакомиться с лабораторной установкой.
3. Провести выверку генератора на месте установки.
4. Получить у преподавателя задание (табл. 1.1) и составить последовательность операций по монтажу двигателя. Во всех вариантах двигатель соединяется с механизмом втулочно-пальцевой муфтой.
5. Составить отчет о работе.

Таблица 1.1

№ варианта	Тип двигателя, мощность, масса, исполнение	Способ установки на фундамент	Конструкция фундаментных болтов и способ их установки
1	АО-83-6 $P = 401$ кВт $Q = 540$ кг ИМ 1002	На салазках	Крюкообразные, замоноличенные в фундамент
2	ДА30-13-62 $P = 800$ кВт $Q = 5500$ кг ИМ 1001	На фундаментной плите с установкой плиты на пакеты прокладок и последующей подливкой бетонной смесью	Прямые, устанавливаемые в колодцах фундамента
3	АТД-1000 $P = 1000$ кВт $Q = 6020$ кг ИМ 7610	На фундаментной плите, установленной на подливку бетонной смесью	Прямые, устанавливаемые в колодцах фундамента

Техника безопасности

1. Работа выполняется без подачи напряжения на установку.
2. При выполнении работы следует соблюдать инструкцию по технике безопасности при работе в лабораториях кафедры «Электрические станции».

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию к лабораторной работе.
2. Ознакомиться с лабораторной установкой и натянуть монтажную струну по оси агрегата.
3. Установить генератор так, чтобы его ось вращения совпала с осью агрегата. Для этого необходимо, ослабив гайки крепежных болтов, вращением регулировочных болтов переместить генератор в требуемое положение, контролируя его по отвесам, опущенным с монтажной струны. После этого зажать гайки крепежных болтов.
4. Ознакомиться с конструкцией уровня и, устанавливая его последовательно на опорную конструкцию, отрегулировать положение генератора по горизонтали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для изменения положения генератора в горизонтальной плоскости вращать отжимные болты.
5. Используя материалы настоящей методички и сведения из литературы, составить последовательность действий при монтаже электродвигателя по заданному преподавателем варианту. Примеры установки двигателей на фундаментах приведены в прил. 2.
6. Составить отчет о работе.

Содержание отчета







1. Цель работы.
2. Последовательность действий при монтаже электродвигателя (согласно заданному варианту).
3. Теоретические сведения по монтажу электрических машин в объеме, определяемом студентом самостоятельно.

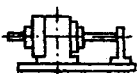
Контрольные вопросы




1. Определите содержание понятия монтажа электрических машин.
2. Расскажите об исполнении электрических машин по способу монтажа.
3. Как выполняются фундаменты под электрические машины.
4. Что такое выверка машины на фундаменте и какие инструменты при этом используются.
5. Как крепятся машины к фундаментам.
6. Чем отличается установка машины на фундамент непосредственно и на фундаментную плиту.
7. Как осуществляется соединение электрических машин с рабочими механизмами, входящими в агрегат.
8. Расскажите о центровке валов соединяемых машин.
9. Как устанавливаются и снимаются подшипники качения, на которые опирается вал машины.
10. Расскажите о выверке фундаментной плиты, устанавливаемой на пакеты металлических подкладок.
11. Как устанавливается и выверяется фундаментная плита при бесподкладочном способе монтажа машины.
12. Как крепится машина, устанавливаемая на фундаментной плите, к фундаменту.
13. Расскажите о конструкции двигателя по заданному варианту.

Литература: [1, с. 373 – 441];[3, с. 266 – 286];[5, с. 57 – 64].

Примеры условного обозначения форм конструктивного исполнения электрических машин

Группа исполнения	Конструктивное исполнение	Обозначение
1	2	3
IM1 Машины на лапах с подшипниковыми щитами	С двумя подшипниковыми щитами, на лапах, вал горизонтальный с цилиндрическим концом	IM1001 
	То же, вал вертикальный с цилиндрическим концом, направленным вниз	IM1011 
IM2 Машины на лапах с подшипниковыми щитами с фланцем на подшипниковом щите (или щитах)	На лапах, с фланцем на одном подшипниковом щите, доступным с обратной стороны, вал горизонтальный с цилиндрическим концом	IM2001 
	На лапах, с фланцем на одном подшипниковом щите, не доступным с обратной стороны, вал вертикальный с цилиндрическим концом, направленным вверх	IM2131 
IM3 Машины без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите (или щитах)	С двумя подшипниковыми щитами, с фланцем на стороне D доступным с обратной стороны, вал горизонтальный с цилиндрическим концом	IM3001 
	С двумя подшипниковыми щитами, с фланцами, доступными с обратной стороны на обоих подшипниковых щитах, вал вертикальный с цилиндрическими концами	M3912 

1	2	3
<p>IM4 Машины без лап с фланцем на станине</p>	<p>С двумя подшипниковыми щитами, с фланцем на стороне D, доступным с обратной стороны, вал горизонтальный с цилиндрическим концом</p>	<p>IM4001</p> 
	<p>С одним подшипниковым щитом, с фланцем на стороне N, доступным с обратной стороны; вал вертикальный с цилиндрическим концом, направленным вверх</p>	<p>M4731</p> 
<p>IM5 Машины без подшипниковых щитов</p>	<p>Со станиной на лапах, с ротором, без вала</p>	<p>IM5410</p> 
<p>IM6 Машины с подшипниковыми щитами и стоячковыми подшипниками</p>	<p>На лапах с двумя подшипниковыми щитами, с одним стоячковым подшипником на стороне D, без фундаментальной плиты</p>	<p>IM6000</p> 
	<p>Со станиной на лапах с фундаментальной плитой, с одним стоячковым подшипником на стороне N, с одним подшипниковым щитом</p>	<p>IM6211</p> 
<p>IM7 Машины со стоячковыми подшипниками (без подшипниковых щитов)</p>	<p>Без фундаментной или опорной плиты, станина на лапах, с одним стоячковым подшипником</p>	<p>IM7001</p> 
	<p>С фундаментной плитой на приподнятых лапах, с двумя стоячковыми подшипниками</p>	<p>M7610</p> 

1	2	3
IM8 Машины с вертикальным валом, кроме машин групп от IM1 до IM4	С подпятником и направляющим подшипником, расположенными под ротором, с валом, без маховика	IM8201 
	С подпятником и направляющим подшипником, расположенными над ротором, с валом, без маховика	IM8411 
IM9 Машины специального исполнения по способу монтажа	Встраиваемое исполнение с цилиндрической станиной (или без станины), с двумя подшипниковыми щитами, вал горизонтальный с цилиндрическим концом	IM9001 

Приложение 2

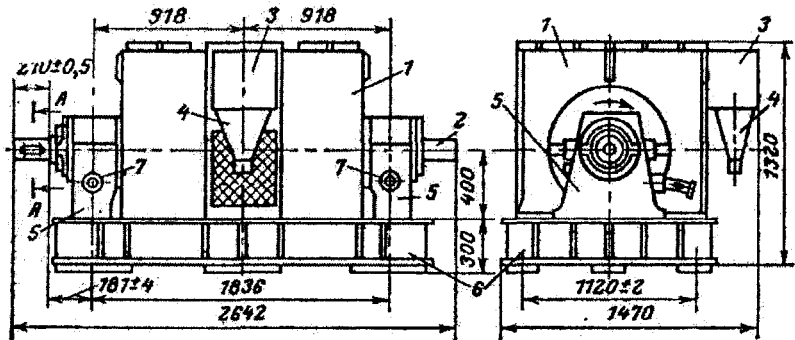


Рис. П 2.1. Асинхронные двухполюсные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии АД2 с разомкнутым циклом вентиляции мощностью 1000—1600 кВт (плита из балок):

1 — статор; 2 — вал; 3 — вводная коробка; 4 — кабельная муфта; 5 — стоячковый подшипник; 6 — фундаментная плита; 7 — подсоединение маслопровода системы принудительной циркуляции масла; размеры даны для верхнего предела мощности

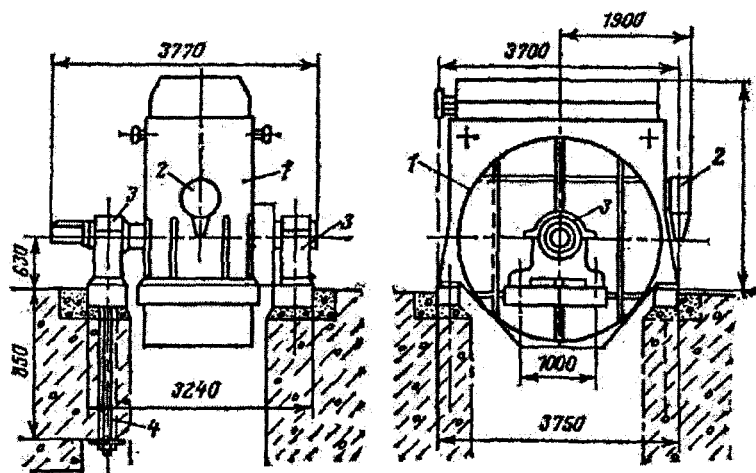


Рис. П 2.2. Установка синхронных электродвигателей серии СДН-2 и СДНЗ-2, 3200 кВт, 250 об/мин при бесподкладочном способе монтажа:

1 – статор; 2 – коробка выводов; 3 – стояковые подшипники; 4 – фундаментные болты

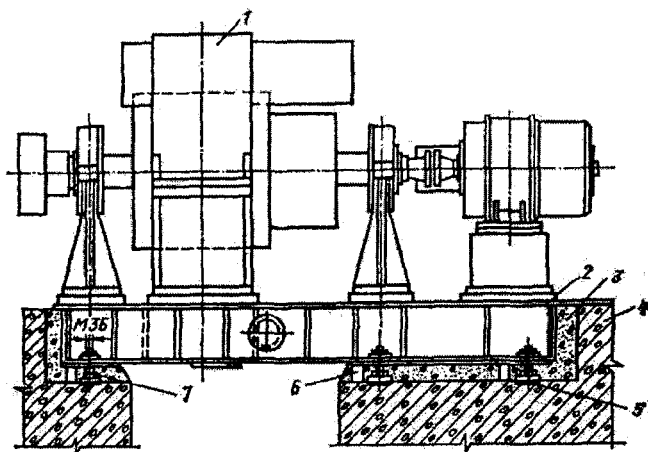


Рис. П 2.3. Установка электрической машины на приклеенных опорных узлах:
1 – электрическая машина; 2 – фундаментная плита; 3 – слой бетонной подливки; 4 – фундамент; 5 – слой клея; 6 – установочное приспособление; 7 – опорный узел

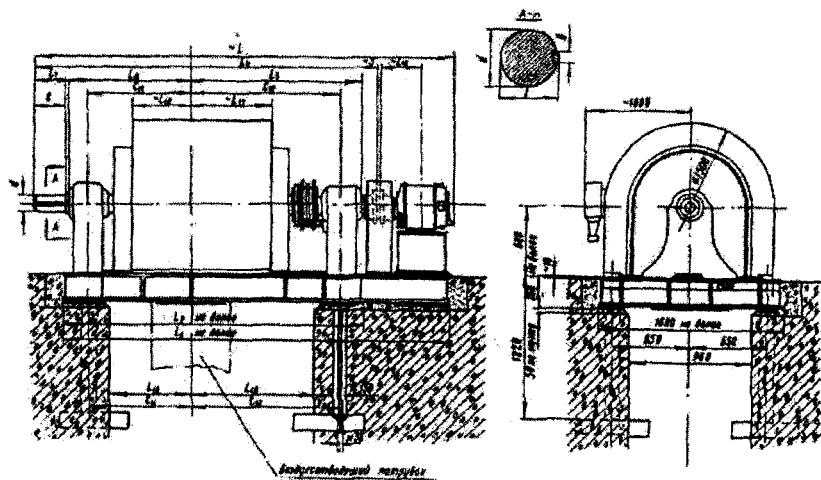


Рис. П 2.4. Установка синхронного генератора 14 габарита на фундаменте (возбудитель присоединен через эластичную муфту)

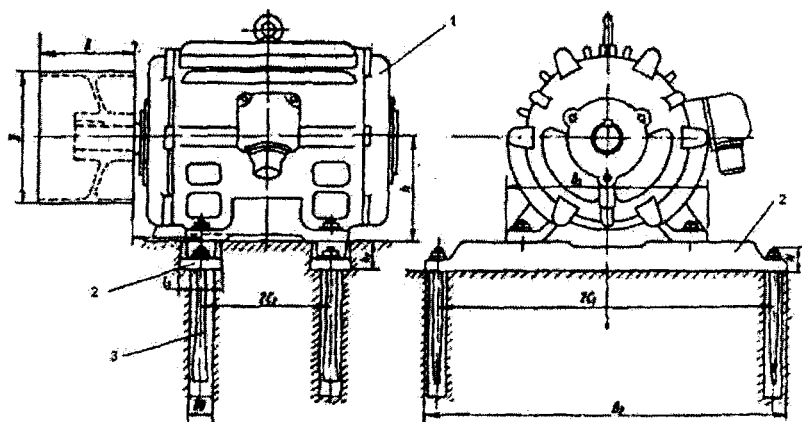


Рис. П 2.5. Установка электродвигателей А2, А02, АК2 8-го и 9-го габаритов (со шкивами) на салазках:

1 – электродвигатель; 2 – салазки; 3 – фундаментные болты, заливаемые бетонной смесью при монтаже электродвигателя

Лабораторная работа № 2

МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ТРУБАХ И НА ТРОСАХ

Цель работы: ознакомиться с устройством электропроводок в трубах и на тросах, со способами выполнения соединений и присоединений изолированных проводов и кабелей проводок, изучить технологию монтажа трубных проводок, научиться составлять ведомости-заявки на необходимые материалы и изделия для монтажа трубных проводок.

Краткие теоретические сведения

Общие сведения об электропроводах в трубах

Электропроводки, выполненные изолированными проводами и кабелями, заключенными в трубопроводы для защиты их от механических повреждений или отделения от окружающей среды называются электропроводами в трубах. Кроме труб с проводами в их состав входят соединительные и присоединительные устройства, крепежные и установочные узлы и детали, собранные в единую конструкцию, проложенную и закрепленную на элементах здания, сооружений или технологического оборудования. В качестве труб могут использоваться стальные обыкновенные водогазопроводные или специальные электротехнические тонкостенные трубы, трубы из винилпласта, полиэтилена, полипропилена, металлические или пластмассовые глухие короба или лотки, металлические и пластмассовые гибкие рукава. В каждом конкретном случае тип труб для электропроводок в трубах определяется по рекомендациям ПУЭ.

В соответствии с ПУЭ в стальных трубах электропроводки прокладываются во взрыво- и пожароопасных помещениях электростанций и предприятий, в сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой, в общественных зданиях при открытой прокладке. Для соединения труб между собой, с выводными устройствами электродвигателей, с пусковыми аппаратами, светильниками, с патрубками соединительных и ответвительных коробок на их концах нарезается резьба. На одном конце трубы нарезается

длинная резьба 50 мм и более (в зависимости от диаметра трубы), а на другом – короткая резьба (14 мм и более). Соединяют трубы между собой стандартными соединительными муфтами.

При необходимости герметизации трубной проводки на резьбу труб при монтаже муфты подматывается лента из фторлонового уплотнительного материала или пеньковое волокно, пропитанное в разведенном олифой сурике.

Диаметр используемых труб зависит от числа и диаметра прокладываемых в них проводов, количества изгибов труб на трассе между протяжными и ответвительными коробками. Для его определения необходимо знать группу сложности прокладки проводов в трубах, диаметр прокладываемых проводов и их количество. С целью упрощения этой задачи в литературе [5, 3] приводятся специальные таблицы и номограммы (табл. 2.1 и рис. 2.1).

Таблица 2.1

Группа сложности прокладки проводов для участков трубных проводок в зависимости от их конфигурации и длины

Конфигурация участков трубных проводок при различных сочетаниях углов поворотов	Максимальная длина трубопровода, м, для групп сложности		
	I	II	III
Прямой участок	100	75	50
Повороты			
1 х 90° или 2 х (120°, 135°)	75	50	30
2 х 90° или 3 х (120°, 135°) или 1 х 90° + 2 х (120°, 135°)	50	30	20
3 х 90° или (4 х (120°, 135°) или 1 х 90° + 3 х (120°, 135°) или 2 х 90° + 2 х (120°, 135°) или 1 х 90° + 4 х (120°, 135°)	40	25	15
4 х 90° или 5 х (120°, 135°) или 2 х 90° + 3 х (120°, 135°) или 3 х 90° + 2 х (120°, 135°)	30	20	10

При большом количестве поворотов или большой длине трассы разделяют на части протяжными коробками.

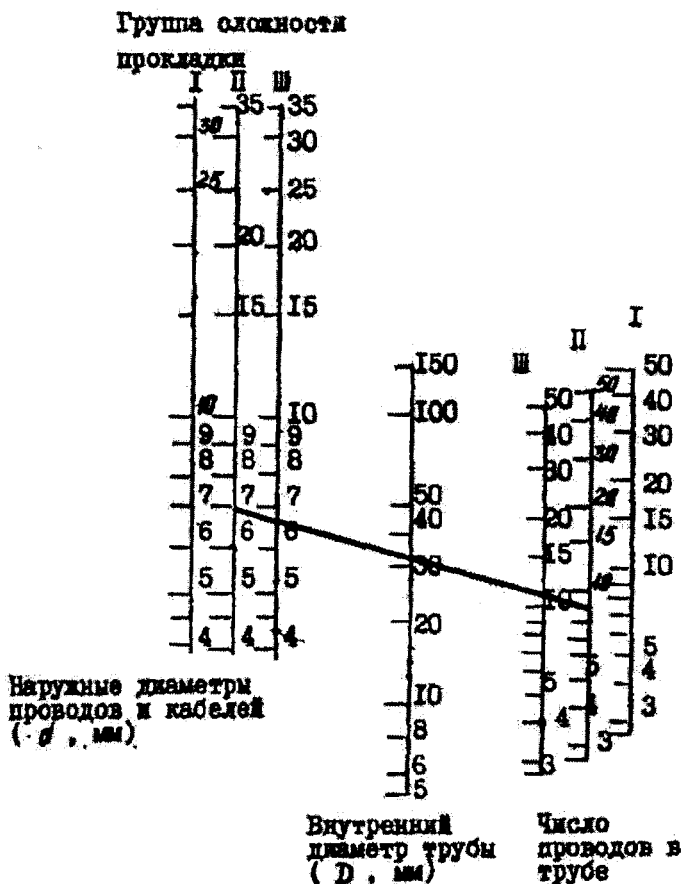


Рис. 2.1. Номограмма для выбора диаметра труб для прокладки трех и более проводов и кабелей

Обычно для электропроводок в трубах применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами. Рекомендации по использованию конкретных марок установочных проводов и не бронированных кабелей приводятся в литературе [3]. Чаще всего в стальных трубах прокладываются провода АПВ-660, ПВ-660, АПП-300, АПРТО-500 и др.; кабели АСРГ-500, АВРГ-500, АНРГ-500. Наружные диаметры этих проводов в зависимости от сечения указываются в справочной литературе [3, 5] табл. 2.2.

**Наружные диаметры проводов и кабелей,
применяемых для прокладки в трубах**

Сече- ние жил про- вода (кабе- ля), мм ²	Диаметр жил провода (кабеля) мм							
	одножильного		двужильного		трехжильного		четырёхжильного	
	ПР- 660	ПВ- 660	ВВГ- 660	АПР- ГО-660	АПР- ГО-660	СРГ- 660	ПРГО- 660	АПРГО- 660
	АПР- 660	АПВ- 660	АПВГ- 660	ПРГО- 660	АСРГ- 660			
	АПРВ- 660		МПВГ- 660					
	ПРВ- 660							
1,5	4,0	3,4	6,9	8,0	8,8	9,8	9,7	
2,5	4,7	4,2	7,4	9,0	9,6	10,7	10,7	
4,0	4,9	4,6	7,8	10,0	10,6	11,6	11,6	14,0
6,0	5,4	5,1	8,3	11,0	11,7	12,6	12,8	15,2
10,0	7,6	6,8	10,0	13,4	14,3	17,6	18,9	18,6
16,0	8,9	7,8	11,0	17,7	18,9	19,7	21,3	22,2
25,0	10,6	9,5	12,7	21,1	22,5	23,6	25,6	26,8
35,0	11,8	10,7	13,8	23,4	25,0	26,4	28,5	29,7
50,0	13,8	12,7	-	27,5	29,5	30,9	33,1	35,0

В стальных трубах, коробах, металлорукавах могут прокладываться: цепи одного агрегата; силовые и контрольные цепи нескольких двигателей, панелей, щитов и т. п., связанных единым технологическим процессом; цепи нескольких групп одного вида освещения при числе проводов до 8 и др.

Технология монтажа электропроводок в трубах

Монтаж электропроводок в трубах осуществляют в две стадии. На первой стадии выполняются работы по подготовке трасс: контроль – за оставлением в процессе сооружения зданий проемов, ниш, борозд, проходов через стены и перекрытия; разметка мест установки оборудования и концов труб, установка закладных деталей для крепления узлов и блоков оборудования и связывающих их электропроводок; закладка в фундаменты и другие строительные конструкции элементов трубных заготовок, подлежащих замоноличиванию; заготовка труб и узлов электропроводок в монтажно-заготовительных мастерских.

На второй стадии осуществляется монтаж труб, затяжка проводов и кабелей в них, установка электрооборудования, сборка электросхемы и подсоединение проводов, испытание электропроводки и сдача ее в эксплуатацию.

Заготовка элементов трубопроводов заготовка ведется в монтажно-заготовительных мастерских или электроремонтных мастерских предприятия. Материал труб и их диаметр должен соответствовать проекту. Трубы очищают снаружи металлической щеткой, внутри – электросверлилкой с ершиком на гибком валу, окрашивают внутри и снаружи, если они прокладываются открыто. Окрашенные трубы размечают и режут на куски необходимой длины. На концах труб нарезают резьбу и изгибают на трубогибах.

Необходимая длина труб и углы их изгиба устанавливаются по трубозаготовительным ведомостям или эскизам трубных трасс, составленными по проектным чертежам планов и разрезов электропроводок или по замерам в натуре на месте монтажа [1, 2, 5].

В трубозаготовительной ведомости для каждой трубы указывается номер, диаметр, расчетная длина, точки начала и конца трубы по трассе, длины прямых участков труб между концами или точками пересечения осевых линий труб в местах изгиба и значения углов изгиба в градусах. Форма трубозаготовительной ведомости приведена табл. 2.3 (для нижнего рисунка табл. 2.4).

Изгибы труб выполняют с нормализованными углами поворота (90, 120, 135°) и радиусами (400, 800, 1000 мм). Радиусы изгиба 400 мм применяются для труб, прокладываемых в перекрытиях, для вертикальных выходов труб и в стесненных местах. В остальных случаях

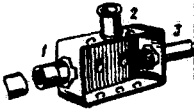
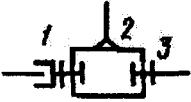
и при прокладке кабелей с однопроволочными жилами применяются радиусы 800 или 1000 мм.

Таблица 2.3

Но- мер уча- стка	Труба		Трасса		Длина участ- ков труб, раз- меры углов, радиусы изги- бов, мм
	матери- ал и размер, мм	дли- на, м	начало	конец	
1	T-25	2,8	Коробка ответви- тельная КО	Магнит- ный пус- катель № 1	1500; 120°; 800 700; 120°; 800 600; 120°; 800
2	T-25	1,8	Магнит- ный пус- катель	Коробка выводов электро- двигате- ля	300; 90°; 400 500; 90°; 400 360; 90°; 400 300; 90°; 400 200; 90°; 400

Таблица 2.4

Эскиз элемен- та	Условное обо- значение	Наименования и пояснения
1	2	3
	T-20 1620 	Отрезки стальных труб без резьбы: 1 – труба диаметром 20 мм длиной 1620 мм; 2 – труба с флажком для болта зануления
		Труба оканчивается короткой резьбой: полусгон – 0,5 длины муфты; труба оканчивается длинной резьбой: сгон для муфты и контргайки
		Трубы соединены муфтой на полусгонах; то же муфтой на сгоне и полусгоне

1	2	3
		<p>Коробка ответвительная с присоединением труб к корпусу: 1 – патрубок с заземляющими цапающими гайками; 2 – муфта приварена к коробке; 3 – ввод трубы с полугоном в коробку</p>
		<p>Пример выполнения замерочного эскиза для трубной заготовки на ответвление к электродвигателю: 1 – участок от коробки ответвления до пускателя магнитного; 2 – участок от пускателя до электродвигателя.</p>

Эскизы трубных трасс выполняются на замерных бланках с изображением труб схематически одной линией и использованием условных обозначений, приведенных в табл. 2.4. Участки труб, прокладываемые в горизонтальной плоскости на эскизе показываются горизонтальными линиями. Изгибы в горизонтальной плоскости наносятся под острыми углами к линиям. Внутри угла указывается его значение в градусах и радиус изгиба в миллиметрах. Длины участков записываются вдоль линии.

Участки трубной проводки в вертикальной плоскости изображаются линиями, перпендикулярными горизонтальным линиям. Изгибы труб в вертикальной плоскости указываются линиями наклоненными к строкам текста под тупым углом. Переходы из горизонтальной плоскости в вертикальную и наоборот показывают на эскизе в виде прямого угла.

Готовые элементы труб укомплектовывают коробками, муфтами, гайками, собирают в блоки, маркируют и доставляют на место монтажа.

Пластмассовые трубы изгибают только в горячем состоянии при температуре 100–300 °С. Нагрев пластмассовых труб осуществляется в глицерине (глицерине) или струей горячего воздуха. Изгиб выполняют в гибочном приспособлении. При этом надо учитывать способность материала после изгиба частично принимать первоначальную форму. В этой связи их следует изгибать на 20–25° больше требуемого угла. Во избежание смятия при изгибе в трубу закладывают спиральную пружину или металлорукав на 1–2 мм диаметр которых меньше внутреннего диаметра трубы.

Между собой пластмассовые трубы соединяют с помощью раструбов, изготовленных на одном из концов соединяемых труб, или соединительных муфт с раструбами. Между собой они крепятся сваркой, склеиванием или обсадкой.

Соединение пластмассовых труб с коробками, ящиками или аппаратами выполняют путем плотной посадки концов труб на патрубки коробок или фитингов, а также при помощи муфт и специальных втулок.

Монтаж труб и проводов. Перед прокладкой на месте монтажа устанавливают расположение осей и отметок помещений, технологического и электротехнического оборудования, к которому подсоединяются трубные электропроводки. По размеченной трассе электропроводки устанавливают ответвительные и протяжные коробки и ящики. При этом на горизонтальных участках трубы должны быть уложены с уклоном для того, чтобы в них не скапливалась влага. Для сбора влаги в самых низких местах трассы устанавливают водосборники. В простейшем случае это могут быть протяжные коробки.

Трубы соединяются между собой на резьбе или если не требуется герметизация проводки – с помощью стальных манжет. Соединение труб с корпусами электроприемников, аппаратов, ящиков, коробок может выполняться ввертыванием трубы в патрубок, свободным вводом трубы в отверстие и соединением посредством заземляющих гаек и другими способами (табл. 2.4).

Крепление труб электропроводок к конструкциям или оборудованию осуществляется скобами или хомутами. Расстояние между местами крепления открыто прокладываемых трубопроводов не должно превышать 2,5; 3; 4; 6 м соответственно для труб условного прохода 20; 25; 40–80; 100 мм. При подводе к электрооборудованию

трубы закрепляются не далее 0,8 м от электрических машин и аппаратов. У коробок трубы крепятся с двух сторон не далее 0,3 м.

Для гибкого подвода проводов к вибрирующему или перемещающемуся оборудованию используют гибкие вводы из покрытого пластиком отрезка металлорукава. Для защиты изоляции проводов на концах труб устанавливают разъемные или неразъемные пластмассовые втулки.

Заземление и зануление электропроводок выполняют гибкой медной перемычкой от трубы к корпусу или через трубу заземляющими (царапающими) гайками. Вставки из металлорукава соединяют заземляющей перемычкой из троса при помощи специальной муфты.

Затягивание проводов. Провода протягивают в трубы при помощи стальной проволоки, диаметром 1,5–3,5 мм, предварительно введенной в трубы. Провода выравнивают, и прикрепляют к петле протяжной проволоки. Затяжку производят 2 человека, один из которых тянет проволоку, а другой – направляет провода.

В коробках у концов труб оставляют запас провода для присоединения (7,5–10 см). Соединение проводов выполняют только в коробках и тщательно изолируют. На выводах проводов из труб укрепляются маркировочные бирки.

После монтажа электропроводки проверяют соответствие ее выполнения проекту, испытывают изоляцию проводов и проверяют непрерывность цепи зануления. При соответствии всех показаний с нормативами проводки сдают в эксплуатацию.

Тросовые электропроводки

Тросовые электропроводки – это электропроводки, у которых провода и кабели укреплены на натянутом несущем стальном тросе. Тросовые электропроводки применяют как внутри производственных помещений так и в наружных установках как для осветительных, так и для силовых сетей.

Различают проводки на собственном несущем тросе, т. е. с использованием специального тросового провода со встроенным в него стальным тросом (АРТ, АВТ-1, АТРГ, АВГС-1 и др.) и с креплением проводов и кабелей непосредственно к натянутому тросу или стальной проволоке. В последнем случае используются незащищенные

провода марок АПВ, ПВ, АПРВ или кабели АВРГ, АВВГ, ВР-2 и др. Эти провода и кабели, изолирующие и поддерживающие опоры и конструкции проводки подвешены свободно к несущему тросу (проволоке). Несущие тросы свободно или в натянутом положении надежно закрепляют к строительным элементам зданий и сооружений (рис. 2.2).

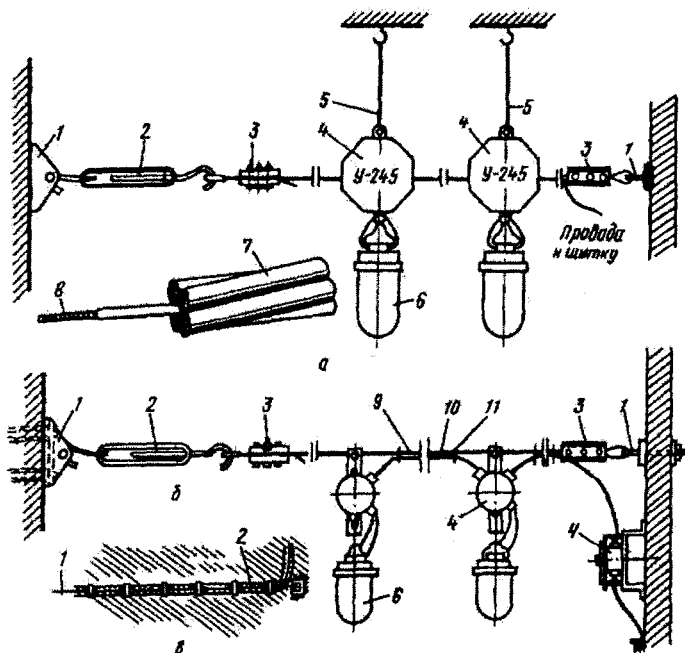


Рис. 2.2. Виды проводок:

а – тросовая; б – кабельная; в – струнная.

1 – анкерное крепление; 2 – натяжная муфта; 3 – тросовый зажим; 4 – ответвительная коробка; 5 – струнная подвеска; 6 – светильник; 7 – провод АРТ; 8 – трос; 9 – несущий трос; 10 – кабель; 11 – крепление кабеля к тросу; 12 – струна; 13 – провод

Разновидностью тросовых проводок являются струнные электропроводки. У них в качестве струны используют стальную проволоку диаметром от 2 до 4 мм. Ее закрепляют вплотную к строительным основаниям и применяют там, где крепление других типов проводок затруднено.

По сравнению с другими видами электропроводок тросовые являются наиболее дешевыми и удобными для монтажа. Монтаж тросовых проводок выполняется в две стадии. На первой стадии по фактическим замерам на объекте составляют замерочные эскизы, на которых указывают: марку, площадь сечения, число жил проводов или кабелей; общую длину и размеры отдельных участков проводок; марку и диаметр несущего троса; способы закрепления проводов к тросу; типы концевых анкерных креплений; промежуточных подвесов и др. Оформляют и выдают задания на заготовку проводок.

В качестве несущего троса рекомендуют использовать многопроволочные оцинкованные тросы диаметром 3...6,5 мм или проволоку, диаметром 5...8 мм, защищенную антикоррозийным покрытием.

Концевое крепление троса к строительным элементам зданий называют анкерным – оно воспринимает усилие натяжения троса. Анкерные крепления различают по конструкции: болтовой анкер с крюком; анкеры для крепления привариванием и др. Их конструкцию в конкретном случае выбирают в зависимости от строительного основания.

Соединение несущего троса с анкером выполняют через натяжную муфту, обеспечивающую натяжение и регулирование стрелы провеса троса.

Трос закрепляют на крюке муфты или анкера болтовым зажимом при помощи коуша, а проволоку – стальной обжимкой или закручиванием. На концы троса или проволоки устанавливают заземляющие наколечники для присоединения нулевого защитного проводника (рис. 2.3).

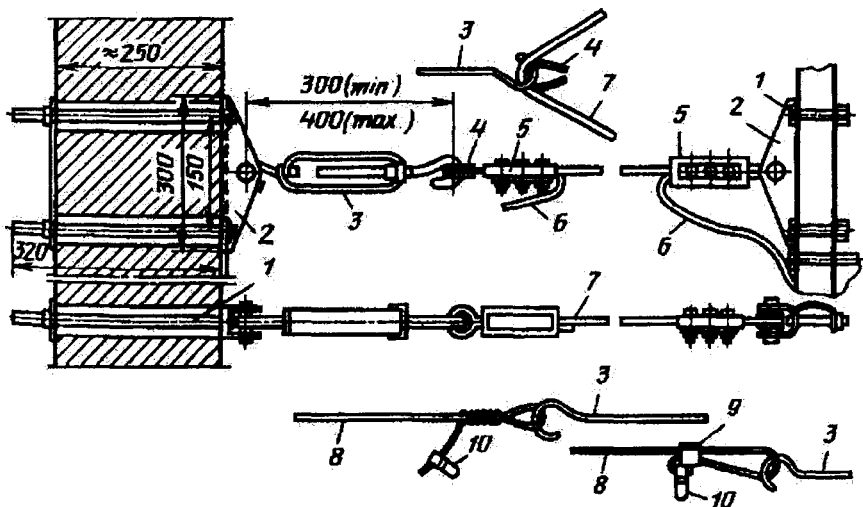


Рис. 2.3. Технология крепление анкеров и тросов:

1 – шпилька; 2 – анкер К300; 3 – натяжная муфта К-679; 4 – коуш; 5 – тросовый зажим; 6 – конец троса для заулюдения; 7 – трос; 8 – проволока; 9 – обойма; 10 – наконечник для заулюдения

Крепление проводов и кабелей к тросу выполняют стальными полосками с пряжками или пластмассовыми перфорированными лентами, устанавливаемыми на расстоянии 300...500 мм. Кабели и провода на тросе и в местах перехода их с троса на конструкции здания должны быть разгружены от механических усилий.

Ответвительные коробки для присоединения светильников к проводам крепят к монтажной полосе или пластине, которые подвешивают на трос. Допустимо крепить коробки непосредственно к тросу при помощи скоб. Для ответвления от тросовых проводов применяют специальные тросовые коробки типа У-245. Ответвление проводов в коробке выполняют только ответвительными сжимами без разрезания проводов. Светильники подвешивают к пластинам или коробкам на подвесах. Подвешивать светильники на проводах не допускается (рис. 2.4).

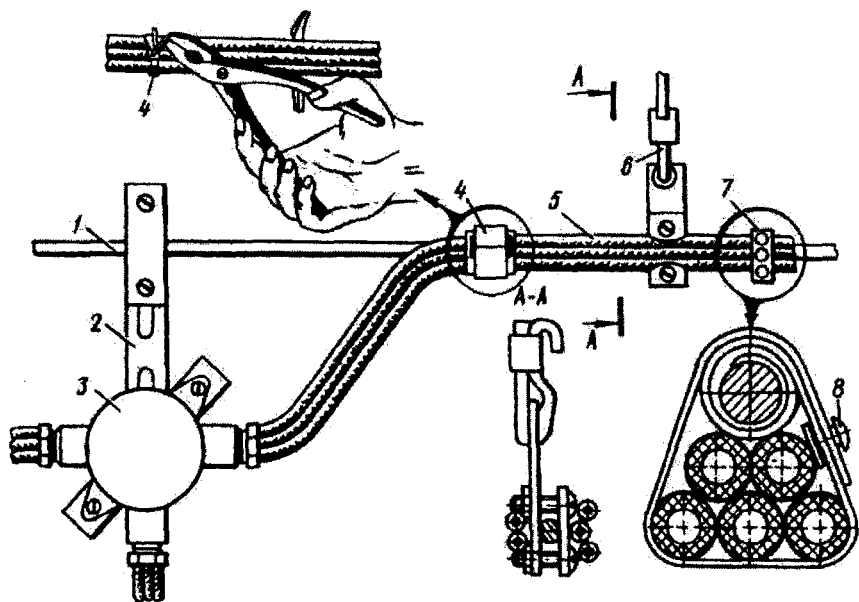


Рис. 2.4. Технология крепления проводов и коробок к тросу:

1 – трос; 2 – монтажная полоса; 3 – ответвительная коробка; 4 – пружка; 5 – провода; 6 – тросодержатель; 7 – пластмассовая лента; 8 – кнопка

На второй стадии монтажа заготовленные в мастерских секции проводок доставляют на объект, раскатывают на полу вдоль линии расположения светильников и временно подвешивают на подставках высотой 1,2...1,5 м для осмотра проводки, выпрямления проводов и подключения светильников. Подготовленную проводку поднимают и одним концом крепят к анкерной конструкции, натягивают полиспастом или лебедкой за второй конец и крепят его к противоположному анкеру.

Трос натягивают так, чтобы стрела его провеса была в пределах от $1/40$ до $1/60$ длины пролета (для пролетов 6 м рекомендуют стрелу провеса 100...150 мм). Величину стрелы провеса регулируют натяжными муфтами.

В сетях с глухозаземленной нейтралью несущий трос зануляется в двух точках на его концах. Концы троса соединяются с нулевым защитным проводом гибкой перемычкой.

По завершению монтажа до установки ламп в светильники измеряют сопротивление изоляции проводки мегаомметром на 500 В. Изоляция должна быть не ниже 0,5 МОм. Затем устанавливают лампы в светильники, закрепляют арматуру светильников и проводку опробуют подачей напряжения. После проверки освещенности, оформляют документацию и проводку сдают в эксплуатацию.

Соединение, оконцевание и присоединение жил проводов и кабелей

Соединение жил проводов и кабелей частей электропроводок между собой, присоединение их к контактным выводам электрооборудования производится непосредственно или с помощью специальных устройств. Эти устройства называют контактной арматурой. Конструкция контактной арматуры зависит от материала, формы и конструкции токоведущих частей, назначения соединений и способа их выполнения.

Все соединения и ответвления проводов электропроводок должны выполняться в соединительных коробках, установленных в местах доступных для осмотра и ремонта. При этом предусматривается запас длины проводников (7...10 см) для возможности повторного соединения. Проводники не должны испытывать механических напряжений.

В общем случае соединения токоведущих частей могут быть разъёмными и неразъёмными. Разъёмные соединения выполняют с помощью болтов, винтов и гаек. При этом применяют шайбы нормальные и увеличенные, шайбы-звездочки, П-образные шайбы, пружинные разрезные шайбы, клеммы, наконечники и др.

Неразъёмные соединения монтируют при помощи сварки, опрессовки, пайки. От качества контактных соединений проводок зависит надёжность работы электроустановки в целом. Сопротивление контактного соединения после его изготовления не должно быть более сопротивления эквивалентного участка целого проводника. В процессе эксплуатации сопротивление контактного соединения не должно быть выше 1,8 значения сопротивления целой жилы.

Наибольшие трудности при монтаже вызывают контактные соединения алюминиевых жил. Алюминий обладает малой прочностью, повышенной текучестью, большим коэффициентом теплового

линейного расширения и высокой окисляемостью по сравнению с медью. Пленка окиси на поверхности жилы имеет практически на порядок большее сопротивление, в 2–3 раза большую температуру плавления и большую плотность, чем чистый алюминий. Это создает большое переходное сопротивление контакта и вызывает трудности при пайке и сварке контактов.

В этой связи при выполнении контактного соединения пленка окиси должна быть удалена с контактных поверхностей и приняты меры против ее повторного возникновения.

Малая прочность алюминия приводит к тому, что при многократных присоединениях провода ломаются около контактов. Повышенная же текучесть металла обуславливает самопроизвольное ослабление болтового присоединения алюминиевых проводов и необходимость периодически подтягивать резьбовое соединение.

Контактные соединения алюминиевых жил с медными выводами аппаратов на открытом воздухе подвержены атмосферным воздействиям. Выпадающая влага на поверхности контакта приводит к возникновению электролитической коррозии, алюминий сильно окисляется и разрушается. Поэтому такие контакты необходимо защищать от попадания влаги или покрывать третьим металлом – оловом (серебром).

Выполненные соединения, ответвления и оконцевания проводов обматываются изоляционной лентой в несколько слоев (не менее трех). Электрическая прочность изоляции в месте соединения или ответвления должна быть не ниже, чем прочность изоляции в целом.

Соединение и оконцевание алюминиевых проводов

Алюминиевые жилы проводов соединяют сваркой, пайкой и механически.

Сваривают алюминиевые провода в специальной формочке электрической, газовой или термитной сваркой. Электросварку выполняют угольными электродами от сварочного трансформатора 6...12 В. Для растворения пленки окиси при этом применяется флюс ВАМИ. Флюс (50 % – KCl, 30 % – NaCl, 20 % – криолит) разводят водой до сметанообразного состояния и смазывают место сварки. После сварки соединение очищают и изолируют изоляционной лентой.

Для пайки проводов с их концов снимают изоляцию, оголенные жилы зачищают и соединяют внахлест двойной скруткой с образованием в месте касания жил желобка, длиной 20–30 мм. Соединенные скруткой провода нагревают пламенем газовой горелки или паяльной лампы до температуры плавления припоя [марки А (состав олово – 40 %, цинк – 58 %, медь – 2 %), $t_{\text{плавл.}} = 400\text{--}425\text{ }^{\circ}\text{C}$]. После этого желобок протирают с нажимом палочкой нагретого припоя вначале с одной стороны, затем, после его облуживания – с другой. Флюс при этом не требуется. Одновременно облуживают и внешние поверхности места скрутки. После остывания места пайки подчищают, протирают тканью, смоченной в бензине, покрывают влагонепроницаемым лаком и изолируют лентой.

Для соединения жил механически – болтовыми или винтовыми зажимами, или подключения к контактными выводам аппаратов однопроволочные провода сечением до 10 мм^2 и многопроволочные – до $2,5\text{ мм}^2$ оконцовываются колечком. Оконцевание колечком выполняют в следующей последовательности: снимают изоляцию с концов проводов (на длине равной трем диаметрам винтов плюс 3 мм), оголенные концы проводов смазывают вазелином и зачищают наждачной бумагой. Сразу после зачистки покрывают чистым слоем кварцево-вазелиновой пасты (50 % кварцевого песка и 50 % технического вазелина). Затем конец жилы изгибают колечком по диаметру винта (болта). На винт надевают пружинную разрезную шайбу, шайбу-звездочку, колечко провода. Изгиб колечка должен быть направлен по часовой стрелке.

Винт заворачивают в клемму до смыкания концов пружинящей шайбы (рис. 2.5).

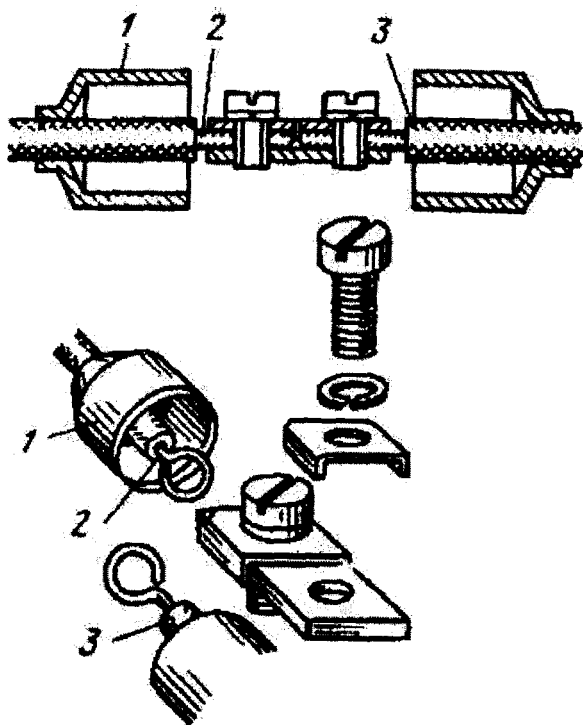


Рис. 2.5. Соединение алюминиевых проводов сети с медными проводами осветительной арматуры:
 1 – изолирующая половинка корпуса; 2 – медный провод;
 3 – алюминиевый провод сети

Все детали зажимов должны иметь гальваническое покрытие для защиты от коррозии. Винтовые клеммы устанавливаются в соединительных и разветвительных коробках проводки. Контактные выводы оборудования могут иметь зажимной контактный винт. В этом случае жила провода оконцовывается «пестиком» и этот конец вводится под зажимной контактный винт.

Концы однопроволочных жил проводов и кабелей сечением более 10 мм^2 и многопроволочные сечением более $2,5 \text{ мм}^2$ снабжают наконечниками, которые приваривают (припаивают) или опрессовывают (рис. 2.6).

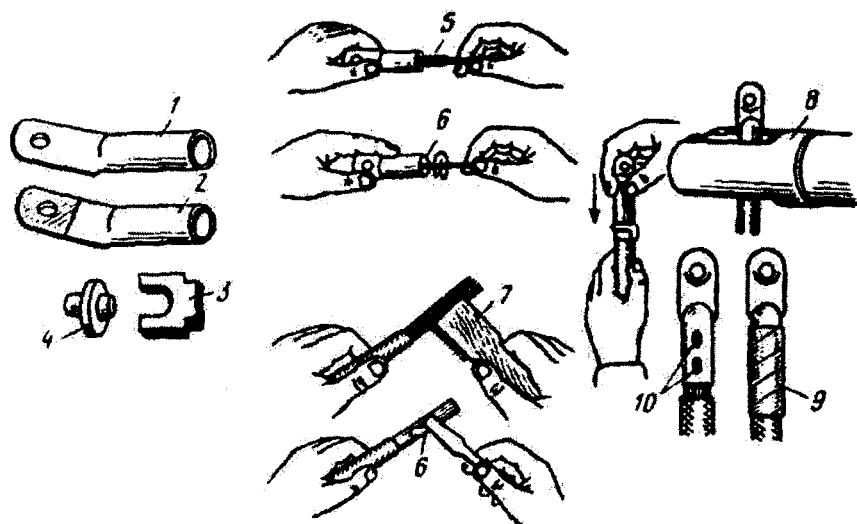


Рис. 2.6. Последовательность окончевания жилы провода опрессованием:
 1 – наконечник типа ТА; 2 – наконечник ТАМ; 3, 4 – матрица прессы и пуансон;
 5 – ершик; 6 – смазка; 7 – щеточка; 8 – пресс; 9 – изоляция;
 10 – места опрессовки

Опрессовка – это соединение жилы с гильзой или наконечником за счет их совместной деформации с помощью формообразующего инструмента (пуансонов и матриц). В результате возникает соединение металлов за счет сил внутримолекулярного сцепления – так называемая холодная сварка.

Соединение опрессовкой жил проводов и кабелей сечением до 35 мм^2 выполняют в гильзах ГМ, ГАО (а окончевание в наконечниках Т) одним или двумя вдавливаниями с помощью пресс-клещей. (см. образцы выполненных соединений, имеющиеся на лабораторном столе).

В гильзу ГАО жилы вводят с одного или двух концов. Гильзы для ввода проводов с двух сторон имеют удвоенную длину и опрессовываются в двух местах. Они подбираются по общему сечению соединяемых проводов.

Алюминиевые жилы сечением $16 \dots 240 \text{ мм}^2$ соединяются гильзами ТА. При этом используется гидропресс.

Оконцевание алюминиевых жил выполняют с помощью алюминиевых (ТА) или медно-алюминиевых (ТАМ) наконечников. Перед опрессовкой производят механическую очистку концов жил и внутренних поверхностей трубчатой части гильз и наконечников под слоем технического вазелина (с помощью стальных щеток). Контактные поверхности, покрытые масляными пленками, предварительно обезжиривают растворителями (смывками) и лишь затем очищают механическим способом до металлического блеска.

После очистки контактные поверхности покрываются чистым слоем кварцево-вазелиновой пасты. Выполненное соединение жил изолируют изоляционной лентой.

В настоящее время для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей холодной сваркой все шире применяют специальные контактные элементы из алюминиевых сплавов. Контактные элементы состоят из соединительной втулки (наконечника), ось внутреннего отверстия которой смещена относительно оси наружной поверхности и болтов. В более толстой стенке втулки выполнены два, четыре и более отверстий с резьбой. В эти отверстия вворачиваются болты из алюминиевого сплава, торец которых закруглен, а под головкой имеется кольцевая проточка. Соединяемые жилы после обезжиривания и зачистки покрываются кварце-вазелиновой пастой (или специальной токопроводящей контактной смазкой) вводятся во втулку до середины ее длины. Гаечным ключом болты поочередно вворачиваются во втулку, при этом они упираются в жилу и при достижении расчетной силы сжатия головка болта срезается по плоскости кольцевой проточки. При этом обеспечивается холодная сварка жилы с металлом втулки.

Соединение и оконцевание медных жил проводов и кабелей

Соединение и ответвление однопроволочных медных жил сечением до 10 мм^2 выполняют скруткой с последующей пропайкой самой и скрутки (до 6 мм^2) или бандажной пайкой (более 6 мм^2). Многопроволочные жилы предварительно расплетают, скручивают, затем пропаивают. Длина мест соединений скруткой или бандажной пайкой должна составлять не менее 10...15 наружных диаметров соединяемых жил.

Для пайки применяют оловяно-свинцовый припой (ПОС) и канифоль.

Медные жилы сечением более 10 мм^2 оконцовывают наконечниками, а соединяют между собой гильзами. Непосредственное соединение жилы с гильзой или наконечником выполняют сваркой, пайкой, опрессовкой.

Оконцевание медных однопроволочных жил сечением до 10 мм^2 выполняют колечком. Концы многопроволочных жил скручивают и пропаивают, а затем придают форму колечка.

В настоящее время для соединения жил проводов и кабелей электропроводок в разветвительных коробках все чаще применяется контактная арматура западноевропейских фирм.

Немецкая фирма «Wago» предлагает два типа пружинно-зажимных устройств – плоско-пружинный зажим для соединения одножильных проводников от $0,5$ до 4 мм^2 и зажим из хромоникелевой пружинной стали для одно- и многожильных проводников сечением до 35 мм^2 и соединительные колпачки. В соединительных колпачках жилы находятся в среде защитной токопроводящей смазки, что позволяет получить надежные соединения, не требующие технического ухода.

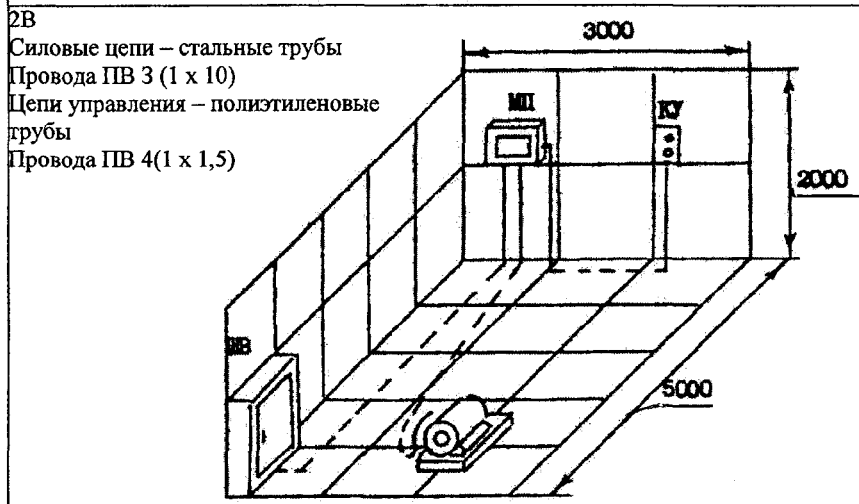
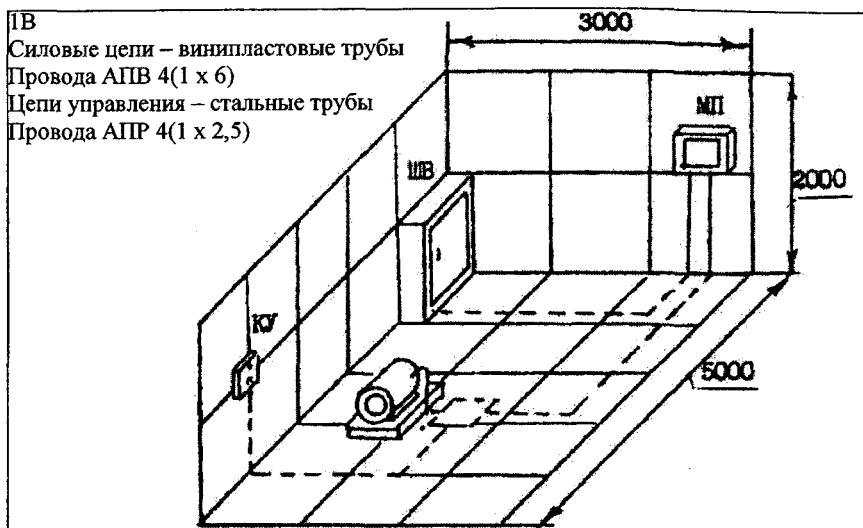
Розеточные клеммы «Alu – Plus» фирмы «Wago» с плоско-пружинными зажимами предназначены для установки в распределительных коробках. Эти клеммы наполнены токопроводящей контактной пастой, которая при подключении алюминиевого проводника автоматически снимает с него окисную пленку, смазывает и защищает от повторного окисления.

Подобная контактная арматура (так называемые «инсталляционные клеммы») изготавливается и другими фирмами.

Содержание работы, порядок и методика ее выполнения

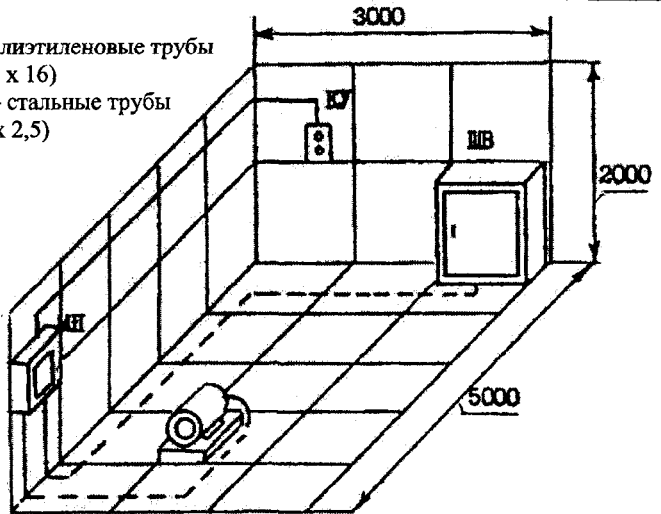
После ознакомления с теоретическим материалом каждая бригада выполняет работу в соответствии с заданным преподавателем вариантом трубной проводки.

Варианты заданий указаны в табл. 2.5, где приведены масштабные схемы расположения электрооборудования в цепи питания электродвигателя. На схемах указан материал труб, марка провода, количество проводов в трубе и их сечение.



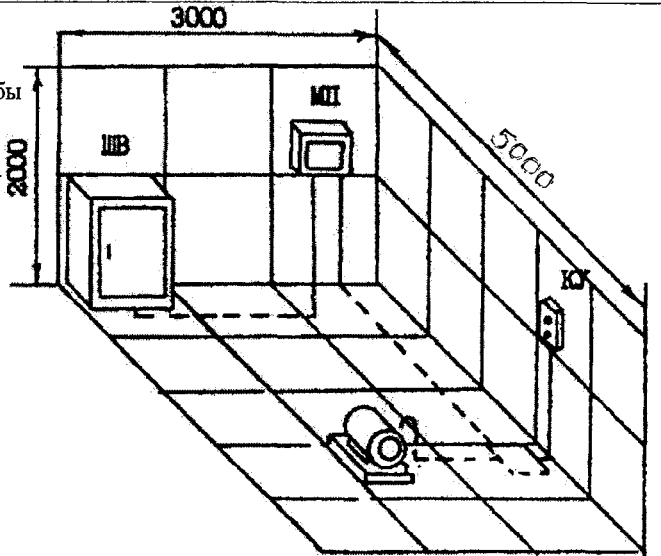
3В

Силовые цепи – полиэтиленовые трубы
 Провода АПРВ 4(1 x 16)
 Цепи управления – стальные трубы
 Провода АПВ 3(1 x 2,5)



4В

Силовые цепи –
 виниловые трубы
 Провода АПВ 4
 (1 x 25)
 Цепи управления –
 стальные трубы
 Провода АПВ 4
 (1 x 2,5)



В соответствии с заданием изучается схема расположения электрооборудования и выполняется эскиз электропроводки. Пользуясь эскизом и схемой расположения электрооборудования, составляются зачерченные эскизы трубных трасс. Далее определяются диаметры труб. Для этого, пользуясь табл. 2.1, устанавливают группу сложности прокладки проводов в трубах. Затем на номограмме (см. рис. 2.1) соединяют прямой линией отметки на шкалах, соответствующие наружному диаметру проводов (см. табл. 2.2) их числу для конкретной группы сложности прокладки. На пересечении прямой со средней шкалой определяется минимальный диаметр трубы и по таблицам сортамента изготавливаемых труб (табл. 2.6 и 2.7) окончательно выбирается стандартный диаметр трубы и все ее параметры.

Таблица 2.6

Трубы стальные

Наружный диаметр, мм			элек- тро- свар- ные (э)	Толщина стенки, мм			Масса 1м, кг		
водогазопроводные	лег- кие (л)	обык- но- вен- ные (о)		л	о	э	л	о	э
услов- ный проход									
15	21,3	21,3	20	2,5	2,8	1,6	1,16	1,28	0,72
20	26,8	26,8	26	2,5	2,8	1,8	1,50	1,66	1,07
25	33,5	33,5	32	2,8	3,2	2	2,12	2,39	1,48
32	42,3	42,3	47	2,8	3,2	2	2,73	3,09	2,21
40	48	48	59	3	3,5	2	3,33	3,84	2,82
50	60	60		3	3,5		4,22	4,88	

Трубы полиэтиленовые и винилпластовые

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм		
	Низкого давления	Высокого давления	Винилпластовые
10	2	2	1
12	2	2	1
16	2,7	2	1,2
20	3,3	2	1,5
25	4,2	2,3	1,9
32	5,3	2,9	2,4
40	6,7	3,6	3
50	8,3	4,5	3,7

На следующем этапе работы, используя данные раздела 2 и материалы приложения, выбираются необходимые монтажные изделия для проводки и составляется трубозаготовительная ведомость-заявка (см. табл. 2.3). Завершает работу составление указаний по монтажу проводки.

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены: цель работы, эскиз заданной электропроводки; замерочные эскизы трубопроводов; трубозаготовительная ведомость-заявка; указания по монтажу электропроводки, теоретические материалы по усмотрению студента.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет и когда применяется электропроводка в трубах и на тросах?
2. Какие установочные провода и кабели применяются для электропроводок?

3. Как соединяются участки электропроводок?
4. Как выполняют соединение проводов винтовыми зажимами?
5. Как выполняют оконцевание многожильного провода наколочником?
6. Чем обусловлены особенности соединения алюминиевых жил проводов и кабелей?
7. Что такое замерочный эскиз труб и в какой последовательности он составляется?
8. Расскажите о технологии монтажа электропроводок в трубах?
9. Как осуществляется соединение труб между собой и с вводными устройствами электрооборудования?
10. Как выполняют тросовые электропроводки? Чем регулируется стрела провеса электропроводки?
11. Определите последовательность действий при монтаже тросовой проводки?
12. Как осуществляется заземление труб электропроводок в трубах и тросов тросовых электропроводок ?

Литература: [3, с. 381 – 412]; [5, с. 11 – 24].

Лабораторная работа № 3

МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Цель работы: ознакомиться с видами электропроводок жилых и общественных зданий, способами прокладки проводов, используемыми материалами и аппаратурой; изучить технологию монтажа и освоить элементы инженерной подготовки производства работ по монтажу электропроводок в жилых и общественных зданиях.

Краткие сведения по электропроводкам

Электропроводкой называют совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями и деталями. В жилых и общественных зданиях они являются составной частью установок электрического освещения или специальных силовых установок, напряжением до 1 кВ.

По способу выполнения электропроводки разделяют на открытые и скрытые.

Открытые электропроводки прокладывают по поверхностям стен и потолков, по опорам и фермам, на тросах, в трубах, в плинтусах, в лотках свободной подвеской и др.

Электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий, под навесами и т.п. называют наружной.

Электропроводки выполняют защищенными и незащищенными изолированными установочными проводами всех сечений и небронированными силовыми кабелями с сечением фазных жил до 16 мм².

Защищенный провод имеет поверх электрической изоляции металлическую или другую оболочку, герметизирующую и защищающую провод от внешних воздействий.

Незащищенный провод не имеет защитной оболочки, но может иметь оплетку пружей.

В настоящее время для электропроводок в жилых и общественных зданиях используют провода и кабели с медными жилами стандартных сечений (1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35 мм² и более).

Допускается использование алюминиевых и алюмомедных проводов. Чаще всего применяются провода незащищенные, марок:

- ПВ-1, ПВ-2, АПВ, АПР – одножильные, с медной, алюминиевой (А) жилой с поливинилхлоридной (В), резиновой (Р) изоляцией на напряжение 380 и 660 В;
- АППВ, ППВ, АППВ, ППВС – плоские (второе П в марке) двух и трехжильные с разделительным основанием или без него на напряжение 380 В;
- МПМ, МПМУ, МПМЭ – одножильные монтажные провода с гибкой из луженых проволок медной жилой в полиэтиленовой изоляции (Э – экран в виде оплетки из луженных медных проволок);

- ШВВП, ШВО – шнур с двумя скрученными жилами (О – нитяная оплетка), предназначены для переносных бытовых электроприемников и изготавливаются с сечением гибких жил от 0,5 до 1,5 мм² ;
провода защищенные марок:

- АПРН, ПРН – одножильные с резиновой изоляцией в негорючей резиновой оболочке (Н);

- ПРВД – двухжильные с резиновой изоляцией на 380В, в поливинилхлоридной оболочке;

Кабели: АВВГ, ВВГ, ВРГ, НРГ, ВВБ – для прокладки внутри помещений всех типов (в сухих, сырых, влажных и др. помещениях).

Для электропроводок в жилых и общественных зданиях применяются изготавливаемая различными фирмами установочная арматура и светотехнические приборы: выключатели, переключатели, штепсельные розетки, коробки, светильники и др.

Выключатели служат для коммутации цепей освещения и бытовых приборов. Они могут быть разной конструкции защищенного исполнения для открытой и скрытой установок внутри помещений и брызгозащитного исполнения для наружной установки.

Переключатели предназначены для управления освещением из двух и более мест. Они имеют 3 клеммы для подключения.

При необходимости изменения режима освещения в помещениях взамен выключателей применяются светорегуляторы (диммеры), которые обеспечивают плавное регулирование яркости освещения.

Штепсельные розетки используются для подключения переносных и передвижных электропотребителей. Они изготавливаются с двумя или тремя контактными гнездами для однофазных и с четырьмя гнездами для 3-фазных потребителей. Одно из этих гнезд служит для заземления корпуса (открытой проводящей части оборудования) потребителя.

Коробки в электропроводах служат для разных целей – для распределения проводов по разным направлениям и соединения цепей проводки в соответствии со схемой соединений, для установки клемм, для размещения розеток и выключателей в углублении стен и др. Они могут изготавливаться из металла и пластмассы. Коробки открытой установки могут иметь несколько входов с сальниками для уплотнения проводов.

Ввод питания электропроводки от источника электроснабжения (понижительного трансформатора) в помещение, здание, квартиру осуществляется через вводное или вводно-распределительное устройство. Вводное устройство содержит аппараты защиты, учета электроэнергии и управления независимыми групповыми цепями (цепями освещения, питания розеток, бытовых машин и др.).

В соответствии с ГОСТ 30331.1–95, ГОСТ 30331.3–95 и СНиП 2.08.01–89 «Электропроводки жилых и общественных зданий» электропроводки питаются напряжением 220/380 V от сети с глухозаземленной нейтралью (условное обозначение – TN). И только в особоопасных помещениях для освещения применяется сниженное напряжение (36 V и ниже) получаемое от специальных трансформаторов (220) 380/36 V.

В зависимости от способа заземления питающей сети и открытых проводящих частей оборудования зданий (корпусов электрооборудования и других металлических частей нормально не находящихся под напряжением, но на которых появляется напряжение при повреждении изоляции) системы их электроснабжения разделяют на следующие виды: TN-C, TN-S, TN-C-S. [9]

Первая буква – «Т» определяет характер заземления источника питания – непосредственное соединение нейтрали с землей. Вторая буква – «N» определяет характер соединения открытых проводящих частей оборудования потребителя с землей – путем соединения отдельным проводом с заземляющим проводником источника питания. Буква – «С» указывает на то, что функция нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике (PEN – проводник) (рис. 3.1, а). Буква – «S» указывает, что нулевой защитный (PE) и нулевой рабочий (N) проводники выполняются отдельными проводами (рис. 3.1, б). Сочетание букв C-S говорит о том, что часть приемников имеет заземление через PEN проводник, а часть – через PE – проводник (рис. 3.1, в).

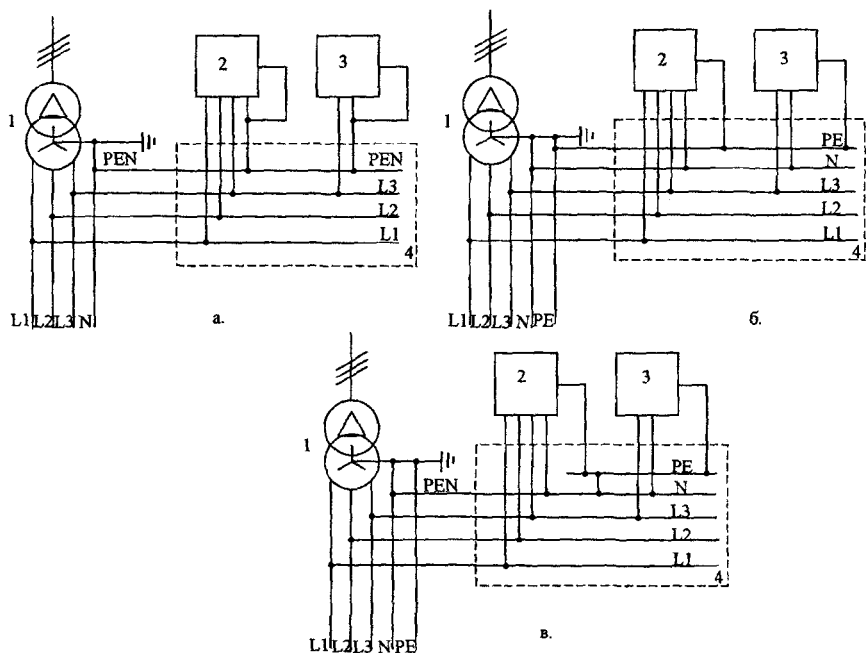


Рис. 3.1. Принципиальные схемы подсистем заземления TN:

a – TN-C; *б* – TN-S; *в* – TN-C-S

1 – трансформатор питания, *2* – трехфазный потребитель, *3* – однофазный потребитель, *4* – вводное устройство в здание (квартиру)

Согласно ГОСТ система заземления TN-C в жилых и общественных зданиях запрещена к применению. Рекомендуется система TN-S и TN-C-S. В системах TN-S, TN-C-S электробезопасность людей обеспечивается не собственно системой электроснабжения, а возможностью применения в них устройства защитного отключения (УЗО) [8].

Под УЗО понимают быстродействующую защиту, обеспечивающую автоматическое отключение электроустановки при возникновении тока утечки I_{Δ} (тока небаланса). Эффективность применения УЗО создается его малым временем отключения – до 40 мсек. Это и позволяет осуществить защиту человека от непосредственного контакта с проводником, находящимся под напряжением (при $I_{\Delta} \leq 30$ мА), а так же предупреждает опасность возникновения пожара при замыканиях электропроводки (при $I_{\Delta} > 100$ мА).

УЗО состоит из трансформатора, первичные обмотки которого подключены к фазному (фазным) и нейтральному проводникам. Вторичная обмотка замкнута на поляризованное реле. При появлении тока утечки реле срабатывает, обеспечивая размыкание контактов УЗО.

УЗО может устанавливаться во вводном устройстве в здание и для защиты человека должно иметь ток срабатывания $I_{\Delta} \leq 30$ мА, а если предусматривается защита только от пожара – $I_{\Delta} = 100 \dots 300$ мА. Последовательно с УЗО должны устанавливаться автоматические выключатели для защиты от сверхтоков короткого замыкания. Возможно использование и так называемых дифференциальных автоматических выключателей, представляющих собой комбинацию УЗО со встроенной защитой от сверхтоков КЗ. Они служат для защиты людей, электрооборудования, электропроводки и выполняют функции как УЗО, так и автоматического выключателя.

Схема электроснабжения квартиры (этажного щитка) с применением однофазного УЗО приведена на рис. 3.2.

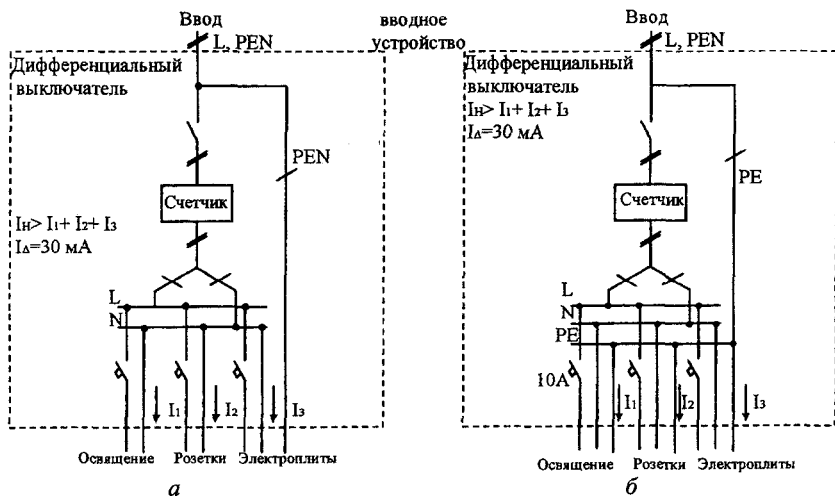


Рис. 3.2. Схема электроснабжения квартиры при установке УЗО:

- а – при установке УЗО в существующей двухпроводной сети;
- б – для системы заземления TN-C-S (для нового строительства без реконструкции питающей сети)

На рис. 3.2, а показана схема подключения УЗО в двухпроводной сети, которую можно использовать в существующих зданиях до реконструкции системы электроснабжения. На рис. 3.2, б – схема для системы заземления TN-C-S. В обоих схема применен дифференциальный выключатель. Номинальный ток этого выключателя должен превышать рабочий ток групповых потребителей. В цепях групповых потребителей (освещения, розеток, бытовых машин) устанавливаются однополюсные автоматические выключатели. В схеме рис. 3.2, б сечение шинки РЕ должно быть не менее суммы площадей отходящих от нее проводников, каждый из которых подключает открытую проводящую часть отдельного оборудования. Использование одного проводника PEN; PE, N для нескольких независимых цепей запрещается.

В TN – системах в качестве PEN – проводника должен использоваться медный (10 мм^2) или алюминиевый провод сечением не менее 16 мм^2 . Разрыв или размыкание этого провода запрещается. Изоляция PEN; PE, N проводов должна быть такой же как из фазного провода.

Технические условия на монтаж электропроводок

Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению, конструкции и архитектурным особенностям здания и сооружения. Вид электропроводки и способ прокладки проводов и кабелей должны соответствовать требованиям электро и пожарной безопасности.

Скрытая и открытая прокладка электропроводок по нагреваемым поверхностям не допускается. Расстояние от открыто проложенных внутри зданий проводов и кабелей, а также от коробок скрытых проводок до стальных трубопроводов при параллельной прокладке должно быть не менее 100 мм, а при пересечении – 50 мм. Расстояние до трубопроводов с горячими жидкостями и газами соответственно 400 и 100 мм.

При открытой прокладке защищенных проводов с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 10 мм. Если обеспечить это не удастся – провод следует отделять от поверхности

слоем несгораемого материала выступающего с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм. В случае скрытой прокладки защищенных и незащищенных проводов с оболочкой из сгораемых материалов в пустотах строительных конструкций, в бороздах и т.п. с наличием сгораемых элементов в строительных конструкциях провода надо защищать сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

Опорные конструкции (кронштейны, скобы) электропроводок должны закрепляться на строительных конструкциях зданий без ослабления их прочности, а незащищенные провода должны крепиться к конструкциям с применением изоляционных прокладок.

Проходы проводов и кабелей через несгораемые стены, перекрытия должны выполняться в отрезках пластмассовых труб, а через – сгораемые – в отрезках стальных труб, которые после прокладки проводок должны уплотняться (шлаковатой, раствором и др.).

Электропроводки по стенам прокладывают только горизонтально или вертикально на расстоянии 100...200 мм от потолка, проемов окон и дверей. Выключатели устанавливают на высоте 1,5 м от пола, от входной двери со стороны ручки, а розетки – на высоте 0,8...1 м на расстоянии не менее 0,5 м от заземленных частей (для кухонь не нормируется). В детских учреждениях выключатели и розетки устанавливают на высоте 1,8 м. Выключатели подключают к фазному проводу так, чтобы неподвижный контакт был присоединен к фазному проводу, приходящему от ввода или щитка.

Установка выключателей, предохранителей, автоматических выключателей в нулевых рабочих проводниках запрещена. Сечение нулевых рабочих проводников и их изоляция должны быть равноценны фазным проводникам.

Патроны и пробочные автоматы должны подключаться так, чтобы винтовая гильза оставалась без напряжения. Все остальные аппараты, в том числе и установленные в щитках, подключают в сеть на неподвижные контакты. Штепсельные розетки подключают так, чтобы фазный провод присоединялся к контакту левого гнезда, а нулевой провод – к правому. Соединения и ответвления проводов монтируют сваркой или болтовыми зажимами. Места соединений не должны испытывать механических воздействий и иметь изоляцию равноценную изоляции целых мест жил.

Смонтированные электропроводки должны иметь сопротивление изоляции не менее 0,5 мОм между каждым проводом и землей и между двумя любыми проводами.

Основные сведения по технологии монтажа электропроводок

В общем случае монтаж электропроводок выполняется в следующей последовательности: размечаются места ввода, установки щитков, светильников, розеток, выключателей и другой аппаратуры; размечаются трассы прокладки проводов, проходы через стены и перекрытия, места крепления проводов и кабелей; выполняются пробивные работы, если в процессе строительства проходы и борозды не были выполнены; устанавливаются поддерживающие, несущие и изолирующие опоры; заготовленные заранее и скомплектованные узлы проводок доставляются в зону монтажа; осуществляется прокладка проводов или кабелей; устанавливаются электроприемники и распределительные пункты; оконцовываются провода (кабели) и присоединяются к зажимам аппаратов; проверяется качество монтажных работ, проводка испытывается и сдается в эксплуатацию.

В каждом конкретном случае монтаж электропроводок выполняют в соответствии с составленным заранее проектом производства работ (ППР) в две стадии.

На первой стадии выполняются подготовительные и заготовительные работы – установку закладных частей в строительных конструкциях, подготовку трасс электропроводок и заземления, подготовку и сборку отдельных узлов электросети – магистрали, стояков, элементов групповых проводок.

На второй стадии в зданиях прокладывают узлы электропроводок, устанавливают и испытывают проводки и при хорошем ее состоянии сдают в эксплуатацию.

Для качественного и эффективного выполнения работ по монтажу электропроводок большое значение имеет качественная инженерная подготовка этих работ, т. е. качественно составленный ППР.

ППР должен содержать план размещения электропроводок в помещениях, принципиальные схемы, схемы электрических соединений,

рабочие чертежи и эскизы узлов электропроводок, изготавливаемых в монтажно-заготовительных мастерских; спецификации на оборудование, материалы, инструмент; сметы; указания по монтажу.

Схемой электропроводок на плане называют чертеж, на котором показано расположение элементов электроустановок относительно строительных конструкций здания или сооружения. Щитки, линии электропроводки, электроустановочные изделия на планах показывают условными графическими изображениями (прил. 1).

Для понимания того, как должна быть выполнена электропроводка необходимо уметь читать ее электрическую схему, т. е. уметь определять по условным графическим изображениям тип и конструктивные особенности токоприемников, осветительных приборов и ламп, линий освещения, наличия штепсельных соединений, выключателей и щитков и др. Необходимо также по имеющимся размерам определить конкретное место расположения токоприемников в здании (рис. 3.3).

Электрическая схема проводок на плане обязательно сопровождается расчетно-монтажной схемой, где проводится обозначение и тип устанавливаемого оборудования и пускозащитной аппаратуры, марки и способы прокладки проводов и другие данные, необходимые для монтажа (табл. 3.1).

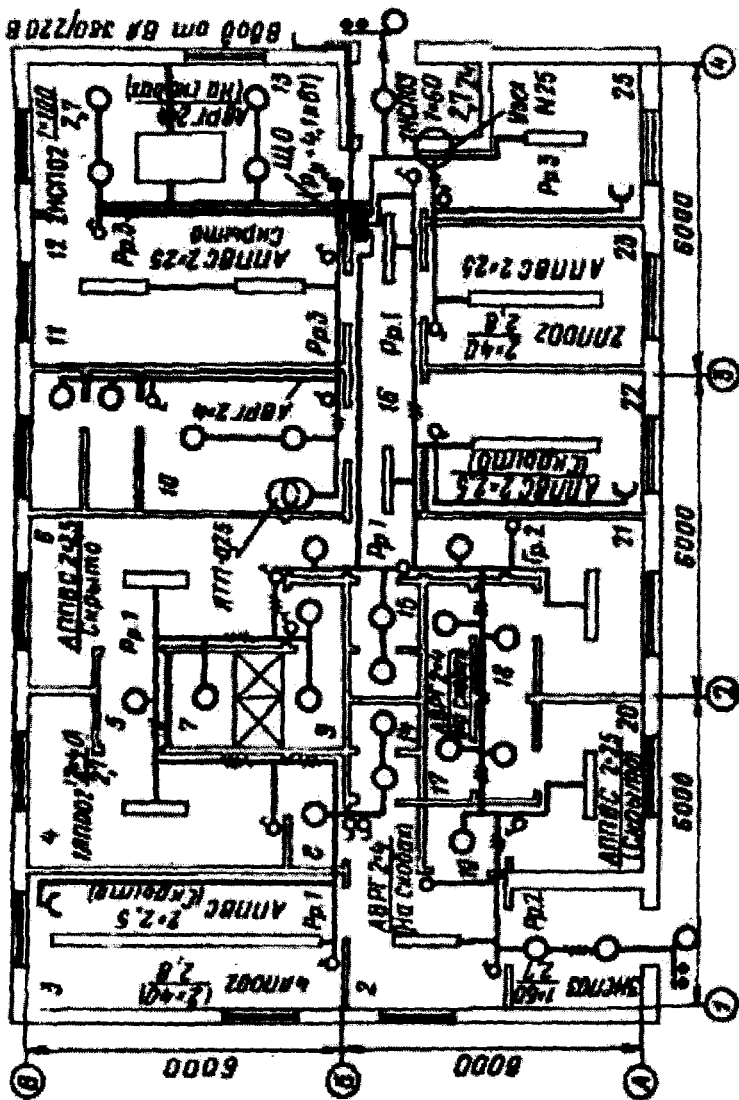


Рис. 3.3. Электрическая схема на осветительной электропроводки на плане здания (высота потока 3,0 м)

Монтажная схема осветительной электропроводки для здания

Групповой щиток				Групповая линия			Токоприемники			Расчетные данные				
№ по плану тип Рус, Р _р , кВт I _р , А	№ группы	Тип автомата	Ток теплового расцепителя, А	Ток электромагн. расцепителя, А	марка, число жил, площадь сечения провода	способ прокладок	длина, м	Светильники, шт	Штепсельные розетки, шт	Выключатели, шт.	Мощность, кВт	Ток, А		Фаза
												Ток, А	потери напряжения, %	
ЩО ЩО 32-21 А-3114	1	АЕ-1031	15		АВРГ 2х4 АППВС2х2,5	На скобах Скрыто	1650	16	1	7	1,4	6,3	0,6	А
	2	АЕ-1031	15		АВРГ 2х4 АППВС2х2,5	На скобах скрыто	1053	16	1	8	1,38	6,2	0,7	В
Р _у = 4,1 кВт Р _р = 3,4 кВт I _р = 6,9 А	3	АУ-1031	15		АВРГ 2х4 АППВС2х2,5	На скобах скрыто	2741	15	1	10	1,32	6,0	0,2	С
									ЯТП	0,25			24	

Прокладка проводов при монтаже включает в себя их правку, подготовку концов, протягивание в коробки; изгибание проводов на поворотах, прокладку между коробками (в бороздах, на стенках и потолках).

В помещениях без повышенной опасности незащищенные изолированные провода открытых проводок прокладываются на изоляторах на высоте не менее 2 м от уровня пола. Изоляторы при этом на бетонных и каменных стенах устанавливают на металлических скобах,

закрепленных дюбелями. Непосредственно провода к изоляторам крепят мягкой проволокой, привязывая их к головке или шейке изолятора. Чтобы не повредить изоляцию в месте привязки на провод подматывается 2 слоя изоляционной ленты. В местах изгиба радиус изгиба проводов с резиновой изоляцией не должно быть меньше $6d$, с пластмассовой изоляцией – $10d$, где d – наружный диаметр провода.

Плоские провода открытых проводок прокладываются, начиная с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. На концах провода вырезают разделительное основание закрепляют, выпрямляют и крепят по длине специальными гвоздями. При монтаже по сгораемым основаниям под провод по всей длине прокладывается асбестовая полоска или стальная лента, выступающая за провод на 10 мм с обеих сторон.

Провода скрытых электропроводок при прокладке крепят через 250...300 мм алебастровым раствором. Подключение и соединение их в коробках выполняют после затвердения алебастрового раствора. Непосредственное соединение, ответвление и оконцевание проводов проводок должно проводиться с помощью опрессовки в наконечниках, сварки, пайки, болтовым или винтовым соединением. После чего места соединения обматываются изоляционной лентой в несколько слоев. Электрическая прочность изоляции места соединения должна быть не ниже чем прочность сплошной изоляции провода.

Присоединение однопроволочных проводов сечением до 10 мм^2 и многопроволочных до $2,5 \text{ мм}^2$ к зажимам приемников может выполняться непосредственно под зажимной контактный винт или предварительно согнув жилу колечком по часовой стрелке. Концы многопроволочных проводов предварительно скручивают и пропаивают. При большем сечении – применяют специальные наконечники, припаиваемые или привариваемые к жиле.

Возможно применить для соединения провод в разветвительных коробках специальных соединительных клемм изготавливаемых разными фирмами (например, «Cage Clamp»). В клеммах используется специальная контактная паста, обеспечивающая длительное надежное соединение проводов [8].

После подключения и проверки схемы составляют исполнительную схему проводки и акт на скрытые работы. Установка выключателей, розеток и светильников и их подключение осуществляется после выполнения штукатурных работ.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется по плану размещения электропроводки в здании санпропускника (см. рис. 3.3). Схема электропроводки выполнена при системе заземления TN-C.

В здании имеется 25 помещений. В помещениях 4, 5, 6, а так же 16 и 17, 18, 20 21 управление освещением выполнено по схеме управления из 2-х мест (переключателями с 3 клеммами). Высота потолка во всех помещениях – 3 м.

Содержание работы и методика ее выполнения

При выполнении работы необходимо изучить материал настоящей методички, ознакомиться с проектом электропроводки в здании представленном на рис. 3.3 и образцами установочной аппаратуры, электромонтажных изделий, представленными в лаборатории. Далее для варианта, заданного преподавателем (табл. 3.2) составить схемы соединений проводов и узлов проводки в указанных помещениях.

Таблица 3.2

№ варианта	Номера помещений здания (рис. 3.3)
1	3, 14
2	5, 6, 8
3	16, 10, 11
4	17, 18, 20, 21
5	12, 13, 24
6	22, 23, 25

Для составления схем соединения проводов следует по плану здания в каждом помещении наметить места расположения разветвительных коробок. Они должны устанавливаться так, чтобы отходящие проводники протягивались через стену не более чем в одно отверстие.

Затем выполняются эскизы соединений в узлах с указанием числа и длины проводов, отходящих от коробки до установочной аппаратуры.

Например, для помещения № 25 (в осях здания А-Б и 3-4) последовательность составления схемы соединений узла 25 показана на рис. 3.4, а, б, в.

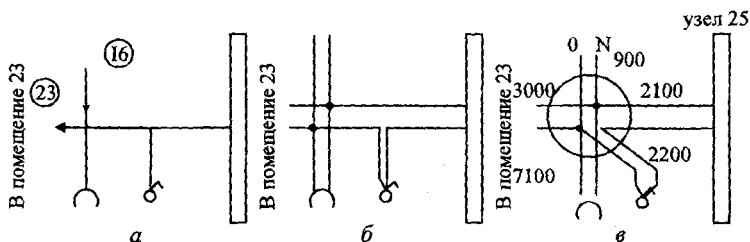


Рис. 3.4. Схемы соединений осветительной электропроводки в узле № 25:
 а – однолинейная; б – многолинейная;
 в – соединение проводов в узловой коробке

По составленным схемам разрабатывается перечень необходимых для выполнения электромонтажных изделий и установочной арматуры. После чего, используя данные [1–3] составляются указания по монтажу проводки.

Содержание отчета

1. Схема соединений проводов и узлов проводки в отдельных помещениях здания.
2. Перечень необходимых для выполнения проводки электромонтажных изделий и установочной арматуры.
3. Указания по монтажу проводки.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электропроводок применяются в жилых и производственных помещениях ?
2. Какие системы заземления используются в электропроводках ?
3. Как обеспечивается безопасность обслуживания электрооборудования жилых зданий ?
4. Как обозначаются элементы осветительных проводок на планах зданий ?
5. Перечислите технические условия на монтаж электропроводок.
6. Какие требования предъявляются к монтажу выключателей, патронов, розеток ?
7. Назовите последовательность и поясните содержание монтажных операций по монтажу электропроводок.

8. Что содержит и для чего составляется проект производства работ.

9. Как составляется схема соединений узла электропроводок ?




Литература: [3, с. 292 – 322]; [5, с. 37 – 49].

Приложение 1

Таблица П1

Условные графические обозначения электропроводок и электрооборудования на планах зданий и сооружений

Графическое обозначение	Элемент схемы	Буквенный код
1	2	3
	Линия электропроводки, состоящая из 2 или 3 проводов	
	Линия заземления или зануления	
	Щит, пункт распределительный	А
	Щиток групповой рабочего освещения	А
	Групповой щиток аварийного освещения	А
	Светильник с лампой накаливания	
	Линия из светильников с люминесцентными лампами	
	Выключатель одно и двухполюсные	
	Розетка штепсельная	
	Выключатель автоматический	

1	2	3
	Магнитный контактор трехполюсный	КМ
 $\frac{\text{L40}}{2,7}$	Светильник с лампой накаливания мощностью 40 Вт, подвешенный на высоте 2,7 м под полом	
$\frac{a-b-v-\Gamma}{d-e-z-i}$	Обозначения на линиях питающей сети освещения: <i>a, б</i> – расчетные нагрузки и ток; <i>в</i> – длина участка, <i>г</i> – момент; <i>д</i> – потеря напряжения в линии <i>е, ж, и</i> – марка проводника, его сечение и способ прокладки	
	Кнопка управления	

Лабораторная работа № 4

МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ДО 35 КВ)

Цель работы: ознакомиться с конструкцией кабелей, их марками и назначением, с материалами и изделиями, применяемыми при монтаже кабельных линий, изучить способы прокладки кабелей, их соединения и оконцевания.

Краткие сведения по конструкции кабелей

Кабельные линии предназначены для передачи электроэнергии на различные расстояния. Они состоят из одного или нескольких параллельных силовых кабелей, концевых и соединительных кабельных муфт, крепежных деталей.

Силовой кабель – это изолированный провод или несколько скрученных вместе взаимно изолированных проводов (жил), заключенных в общую герметичную оболочку. Поверх оболочки могут быть положены защитные покровы. Силовые кабели могут прокладываться в земле, воде, на открытом воздухе и внутри помещений.

Кабельные муфты – устройства, обеспечивающие соединение (ответвление) кабелей и присоединение их токоведущих жил к выводам электрических аппаратов или к проводам воздушных линий.

Все силовые кабели подразделяются на 2 группы:

- кабели низкого напряжения – на 1, 6, 10, 35 кВ;
- кабели высокого напряжения – 110 кВ и выше.

Кабели низкого напряжения изготавливаются с медными и алюминиевыми одной, двумя, тремя, четырьмя жилами, с бумажно-масляной, пластмассовой и резиновой изоляцией, в свинцовой, алюминиевой, пластмассовой оболочках, бронированные и небронированные (см. образцы кабелей на стенде «Силовые кабели»).

Кабели высокого напряжения изготавливаются с бумажно-масляной и пластмассовой изоляцией с одной медной или алюминиевой жилой.

Силовые кабели 1–35 кВ состоят из следующих основных элементов [11]:

– токопроводящих жил, изоляции жил, оболочек и защитных покровов.

Кроме того в конструкцию кабелей могут входить экраны, нулевые жилы, жилы защитного заземления, заполнители (рис. 4.1).

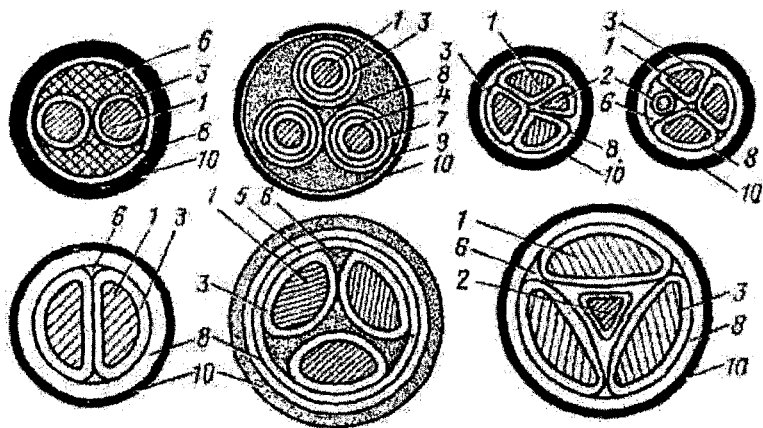


Рис. 4.1. Сечения силовых кабелей:

а — двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами; *б* — трехжильные кабели с поясной изоляцией и с отдельными оболочками; *в* — четырехжильные кабели с нулевой жилой секторной, круглой и треугольной формы; 1 — токопроводящая жила; 2 — нулевая жила; 3 — изоляция жилы; 4 — экран на токопроводящей жиле; 5 — поясная изоляция; 6 — наполнитель; 7 — экран на изоляции жилы; 8 — оболочка; 9 — бронепокров; 10 — наружный защитный покров

Токопроводящие жилы изготавливаются из меди или алюминия и могут быть однопроволочными и многопроволочными, круглой, секторной, сегментной и других форм сечения. Жилы, скрученные из отдельных проволок меньшего сечения обеспечивают гибкость кабеля даже большего сечения. Проводимость меди в 1,65 раза больше алюминия, но плотность алюминия в 3,3 раза меньше меди. В этой связи алюминиевые жилы тех же сопротивления что и медные весят в 2 раза меньше, хотя их сечение большее.

Нулевые жилы предназначены для протекания разности токов фаз при неравномерной их нагрузке. Они присоединяются к нейтрали источника тока и являются четвертыми в конструкции кабеля.

Жилы защитного заземления используются для соединения не находящихся под рабочим напряжением металлических частей, электроустановки, к которой подключен кабель, с контуром защитного заземления источника тока.

Изоляция служит для обеспечения необходимой электрической прочности жил кабеля по отношению друг к другу и к заземленной

оболочке. Она может быть выполнена из кабельной бумаги, пропитанной кабельными маслами или компаундами либо из пластмасс.

Изоляция из кабельной бумаги выполняется из лент шириной 12...32 мм, наматываемых с зазором 0,5...2 мм между витками. Витки последующих слоев смещаются на 1/3 ширины ленты с тем, чтобы совпадение зазоров по толщине слоя изоляции происходило через 2 слоя. Толщина кабельной бумаги от 0,08 до 0,17 мм, а слоя изоляции в зависимости от напряжения и сечения жил находится в пределах 0,75...2,75 мм [11].

В зависимости от вязкости пропиточного состава кабели с бумажной изоляцией могут быть изготовлены с вязким пропиточным, с обедненно-пропиточным и с нестекающим пропиточным составом. В первых двух случаях бумага пропитывается маслосиликоновым составом, но в обедненно-пропиточном – свободная его часть частично или полностью удалена. Это позволяет применять кабели для вертикальных и наклонных трасс с ограниченной разностью уровней.

Кабели с нестекающим пропиточным составом – это кабели, бумажная изоляция которых пропитана таким составом, что при рабочих температурах кабеля состав не способен к стеканию. Такие кабели перед маркировкой имеют букву «Ц» и предназначены для вертикальной прокладки. В процессе эксплуатации в изоляции кабелей с вязкой пропиткой возможно образование пустот вследствие неизбежных циклов многократных нагревов и охлаждения («теплового дыхания»). Состав расширяется больше чем оболочка, что приводит к растрескиванию ее из-за меньшего температурного коэффициента объемного расширения металла. При последующем остывании кабеля вследствие большой остаточной деформации оболочки в толще изоляции образуются места с пониженным содержанием пропиточного состава. Так как кабель охлаждается от оболочки к жиле то возле жилы возможно образование пустот. В результате электрическая прочность изоляции снижается.

Кроме жильной изоляции в бумажных кабелях из бумаги изготавливается и поясная изоляция.

Кабели с резиновой изоляцией применяются при напряжениях до 1 кВ переменного тока в основном для питания передвижных механизмов. Резиновая изоляция выполняется из сплошного слоя резины или резиновых лент с последующей вулканизацией.

Кабели с пластмассовой изоляцией постепенно вытесняют кабели с бумажной изоляцией в силу целого ряда преимуществ. В качестве изоляции в них используется поливинилхлоридный пластикат в виде сплошного слоя или из композиций полиэтилена либо из самозатухающего или вулканизированного полиэтилена (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Конструкция одножильного кабеля с пластмассовой изоляцией:

1 – токопроводящая жила; 2 – полупроводящий слой; 3 – изоляция жилы из сшитого полиэтилена; 4 – полупроводящий слой по изоляции; 5 – электропроводящая лента; 6 – экран из медной ленты (или проволоки); 7 – разделительный слой для герметизации экрана; 8 – полиэтиленовая оболочка из полиэтилена повышенной твердости или ПВХ пластиката пониженной горючести; 9 – защитный покров

При работе кабели греются. Длительно допустимая температура жил при эксплуатации и максимально допускается температура жил при КЗ не должны превышать значений, указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Вид изоляции жил	Длительно допустимая температура жил, °С	Максимально допустимая температура жил при КЗ, °С
Пропитанная бумага на U = 1–6 кВ	80	200
U = 10 кВ	65	200
Поливинилхлоридный пластикат	70	160
Термопластичный полиэтилен	70	130
Вулканизированный и сшитый полиэтилен	90	250

Экраны в силовых кабелях 6 кВ и выше обеспечивают выравнивание электрического поля и защиту внешних цепей от электромагнитных полей токов, протекающих по жилам. Они выполняются из полупроводящей бумаги, пластмассы, алюминиевой или медной фольги.

В кабелях с бумажной изоляцией 6...10 кВ экраны располагают на поясной изоляции. Электропроводящая бумага содержит ацетиленовую сажу. Может применяться и металлизированная полупроводящая бумага, поверх которой накладывается алюминиевая или медная фольга.

В кабелях с пластмассовой изоляцией напряжением 6 кВ экраны накладываются на жилы и поясную изоляцию. На жилы экраны выполняют из фольги того же металла что и жилы, а на поясную изоляцию накладывается из электропроводящей прорезиненной ткани (бумаги, пластмассы) обмоткой лентой в 1–2 слоя толщиной 0,24...0,3 мм с 20 % перекрытием.

У кабелей с пластмассовой изоляцией без алюминиевой оболочки поверх электропроводящего экрана накладывается экран из двух медных лент, толщиной не менее 0,06 мм.

Наличие в конструкции кабеля полупроводящих слоев и токопроводящих экранов позволяет исключить тангенциальную составляющую электрического поля и создает в изоляции радиальное поле. Кроме того, полупроводящий слой по жиле предотвращает сваривания жильной изоляции с жилой и допускает смещение жилы относительно изоляции при изгибе кабеля.

Заполнители в кабелях служат для устранения воздушных промежутков и придания кабелю круглой формы. Они закладываются между изоляцией жил и поясной изоляцией в виде жгутов из сульфатной бумаги. В кабелях с жилами в отдельных оболочках для заполнения промежутков применяются жгуты из пропитанной кабельной пряжи или штапелированной стеклопряжи. У кабелей с пластмассовой изоляцией заполнение выполняется из материала изоляции жил или поливинилхлоридного пластиката (для кабелей до 3 кВ может быть из непропитанной кабельной пряжи). Кабели до 1 кВ могут не иметь заполнителей.

Оболочки кабелей предотвращают проникновение в изоляцию влаги, химически активных растворов, света и защищают кабель от механических повреждений.

Кабели с бумажной изоляцией покрывают алюминиевой или свинцовой оболочкой. Алюминиевые оболочки в 2–2,5 раза прочнее свинцовых и имеют повышенную стойкость к вибрации. Могут использоваться в качестве нулевой жилы кабеля.

При больших сечениях кабелей сплошная оболочка получается очень жесткой. В этих случаях применяются гофрированные оболочки. Кабели с пластмассовой изоляцией (невлагоемкой) не нуждаются в металлической оболочке и поэтому имеют пластмассовую оболочку. При этом в материале оболочке имеются пластификаторы и стабилизаторы, обеспечивающие стойкость против светового старения.

Но оболочки из поливинилхлоридного пластиката (ПВХ) при низких температурах становятся хрупкими. Оболочки из полиэтилена лучше, они имеют большую влагонепроницаемость и стойкость к агрессивным средам чем ПВХ.

Защитные покровы могут состоять из подушки, бронепокрова и наружного покрова.

Подушка – часть защитного покрова, положенная на оболочку и предназначенная для предохранения ее от повреждения лентами или проволоками брони. Может быть выполнена из битумного состава и крепированной бумаги, ПВХ лент, в виде полиэтиленового защитного шланга и др.

Бронепокров состоит из металлических лент или проволок и защищает кабель от внешних механических повреждений. Ленты могут быть стальными и оцинкованными. Проволоки – оцинкованные, круглые или плоские.

Наружный покров защищает броню от коррозии. Может быть выполнен в виде пластмассового шланга или оплетки из волокнистых материалов, пропитанных противогнилостным и негорючим материалом.

Кабели на заводе изготавливаются определенной строительной длины 50–540 м. Для хранения и удобства транспортировки они наматываются на кабельные барабаны. Для защиты концов кабеля от увлажнения при хранении, транспортировке и прокладке на них устанавливаются герметизирующие термоусаживаемые каппы.

Каппа представляет собой колпачок из термоусаживаемого изоляционного материала на внутренней поверхности которого нанесен слой термоплавкого клея. Каппа надевается на очищенную от пыли, грязи, мастики оболочку конца кабеля не касаясь его торца и усаживается пламенем газовой горелки (горячим воздухом) начиная от середины ее длины.

Временная герметизация кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией может быть выполнена намоткой на концы липкой ПВХ ленты.

Области применения силовых кабелей указывается в «Единые технические указания по выбору и применению электрических кабелей» [10] и определяются с учетом конструктивного исполнения сети, способа ее прокладки, воздействия на них агрессивной, взрыво и пожароопасной среды. Расшифровка марок кабелей приведена в прил. 1 [11].

Краткие сведения по прокладке кабельных линий

Кабельные линии могут иметь длину от нескольких метров до десятков и более километров.

Для образования кабельной линии длиной, превышающей строительную длину кабеля, применяют несколько кабелей, соединяя их последовательно с помощью соединительных кабельных муфт. Присоединение кабелей к электрическим аппаратам наружной и внутренней установки по концам линии осуществляют посредством концевых кабельных муфт. Назначение кабельных муфт состоит в том, чтобы создать соединение или присоединение концов кабеля, обеспечить электрическую прочность места соединения не меньшую чем прочность ненарушенной изоляции кабеля и защитить изоляцию от увлажнения в период эксплуатации линий.

Кабельные линии прокладывают в земле (траншеях), по строительным конструкциям зданий и сооружений, в специальных кабельных сооружениях (туннелях, каналах, коллекторах, блоках, шахтах, эстакадах, галереях, лотках, коробах и др.).

Трасса кабельной линии выбирается так, чтобы расход кабеля был наименьшим и осуществлялась его защита от повреждений по разным причинам (механических повреждений, коррозии, перегрева и др.).

Для уменьшения затрат на разных участках линии применяют разные способы прокладки кабелей.

Монтаж кабельных линий осуществляют по проекту производства работ после завершения строительства кабельных сооружений, переходов через стены и потолки, установки закладных деталей и т.п.

Прокладка кабелей в земле может выполняться в траншеях и бестраншейным способом.

При прокладке кабеля в траншее предварительно с помощью строительных механизмов или вручную отрывается траншея. Ее глубина, ширина, величина углов поворотов должны соответствовать требованиям ПУЭ. В местах пересечения трассой инженерных сооружений или сближении с ними все размеры нормируются ПУЭ (рис. 4.3).

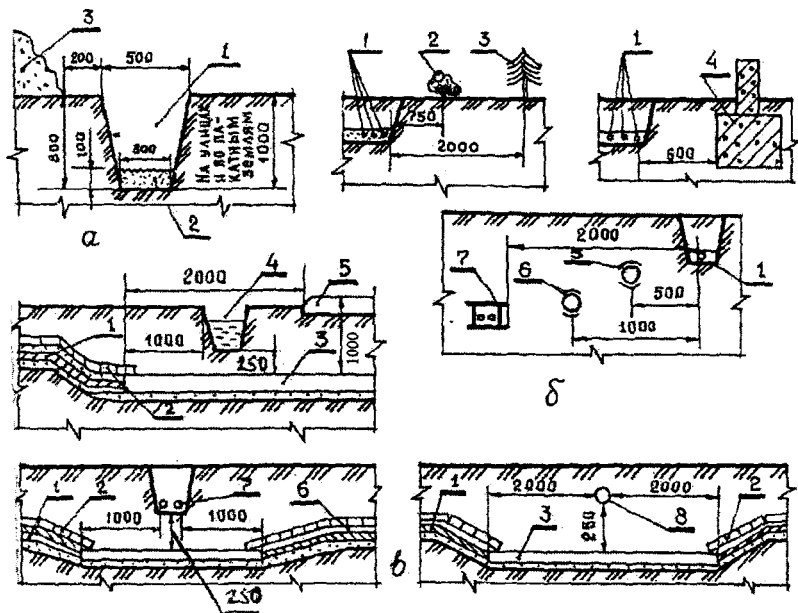


Рис. 4.3. Подготовка трассы для прокладки кабелей в земле:

а – размеры траншеи для одиночного кабеля 6 кВ: 1 – траншея; 2 – песчаная подсыпка; 3 – грунт из траншеи;

б – наименьшие допустимые расстояния при сближении силовых кабелей с насаждениями и сооружениями: 1 – кабель; 2 – кустарник; 3 – дерево; 4 – фундамент; 5 – водопровод; 6 – газопровод низкого давления; 7 – теплотрасса;

в – наименьшие допустимые расстояния при пересечении силовыми кабелями подземных сооружений и дорог: 1 – кабель; 2 – кирпич; 3 – стальная труба; 4 – лювет (с водой); 5 – шоссе; 6 – песчаная засыпка; 7 – кабель связи; 8 – трубопровод

После приемки и подготовки траншеи к монтажу на ее дно подсыпается слой мелкой земли (100 мм), не содержащей камней и мусора. Кабель, намотанный на барабан, доставляется к месту и раскатывается с барабана с помощью кабелеукладчика, трубоукладчика или домкратов. При этом тянуть кабель по земле не допустимо. Для этого применяются раскаточные ролики.

С раскаточных роликов кабель опускается в траншею и укладывается змейкой, т. е. с запасом по длине (1...2 %). В местах установки соединительных муфт оставляется запас кабеля для повторной разделки (рис. 4.4).

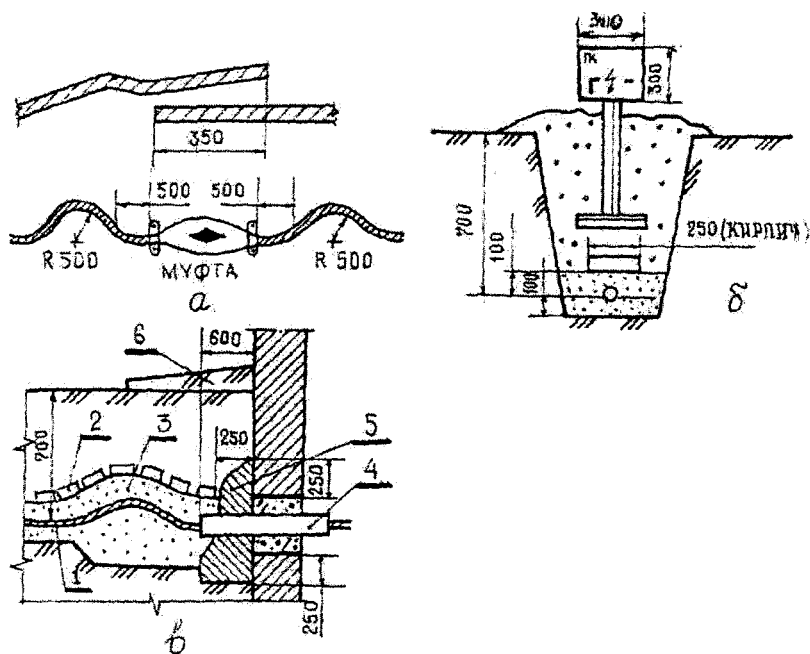


Рис. 4.4. Прокладка кабелей в траншеях:

а – запас кабеля для повторной разделки; *б* – размещение в траншее кирпича и опознавательного знака; *в* – устройство ввода кабеля в здание: 1 – кабель; 2 – кирпич; 3 – песчаная подушка; 4 – стальная защитная труба; 5 – гидроизоляция (глина); 6 – отмостка здания

При параллельной прокладке нескольких кабелей в одной траншее их концы располагаются со сдвигом мест, где будут смонтированы соединительные муфты не менее чем на 2 м. Одновременно предусматривается запас кабеля по длине, необходимый для монтажа муфт и укладки дуг компенсаторов. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий не должно быть более 4 для трехжильных кабелей до 10 кВ сечением до 70 мм², 5 штук для сечения от 25 до 240 мм² и 2 штук для одножильных кабелей [11].

В месте ввода кабеля в здание образуется запас на случай демонтажа концевой муфты и нового ее монтажа. Для этого достаточно растянутый полукруг кабеля длиной 1,5 м. Сам ввод выполняется с использованием трубы длиной не менее 0,6 м. Кабель протягивается

в трубу и уплотняется негорючим легко разрушаемым материалом. Для уплотнения могут использоваться специальные надувные камеры из металлизированной фольги, герметизирующие место прохода кабеля через стену (без трубы).

Уложенный на подсыпку кабель засыпается мелкой землей слоем не менее 100 мм. На засыпку укладывается защитный слой красного плотного глиняного кирпича или асбоцементных плит, и после успешного испытания кабеля повышенном напряжении траншея засыпается грунтом. В местах пересечений с коммуникациями, на поворотах, муфтах, 100 м прямых участков над кабелем устанавливаются опознавательные знаки (см. рис. 4.4, б).

Бестраншейная прокладка кабелей применяется для одиночных бронированных кабелей напряжением до 10 кВ со свинцовой или алюминиевой оболочкой. Для этого используется ножевой кабелеукладчик.

Кабели, проложенные в производственных помещениях или кабельных сооружениях, должны быть доступны для осмотра и ремонта. На открытых участках они защищаются от случайных механических повреждений. Для снижения пожароопасности кабели не должны иметь горючих защитных покровов. Все металлические кабельные конструкции, оболочки кабелей должны быть защищены и окрашены.

К строительным основаниям отдельные кабели крепятся с помощью скоб или хомутов на кронштейнах. При большом числе кабелей их прокладывают по сборным кабельным конструкциям, состоящим из кабельных стоек и полок. Потоки кабелей прокладывают в лотках, коробах или кабельных сооружениях. По железобетонным перекрытиям и несущим конструкциям кабели прокладываются на тросах.

Проложенные горизонтально кабели жестко крепятся в конечных точках, непосредственно у концевых муфт; на поворотах тросы с обеих сторон изгибов, у соединительных и стопорных муфт. При вертикальной прокладке кабели жестко закрепляют через каждые 1–2 м.

Для прокладки кабельный барабан доставляется в удобное место на трассе и устанавливается на кабельные домкраты. Конец кабеля крепится к предварительно протянутому по трассе канату (стальной

проволоке). С помощью лебедки канат тянется, и кабель раскатывается с барабана. При этом его укладывают на раскаточные ролики.

Раскатанный кабель поднимается на кабельные конструкции при помощи монтажных блоков и укладывается на подвесы, полки или лотки.

В отдельных случаях кусок кабеля необходимой длины (например, между колодцами кабельных блоков) раскладывается по земле или помещению петлями. Прикрепив его конец к канату, затянутому по трассе, производят протяжку кабеля лебедкой. При этом протяжка осуществляется без остановок с контролем усилия тяжения. После протяжки кабель укладывается на кабельные конструкции.

Концы всех кабелей, у которых в процессе прокладки нарушается герметизация, должны быть временно загерметизированы.

Соединение и оконцевание силовых кабелей

Соединение и оконцевание силовых кабелей осуществляется с помощью кабельных муфт и концевых заделок. Кабельные муфты по назначению разделяются: на соединительные (с); ответвительные (о); переходные (п); концевые наружной установки (кн); концевые внутренней установки (кв).

Перед соединением и оконцеванием кабелей вначале производится разделка их концов. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки и изоляции жил, как показано на рис. 4.5.

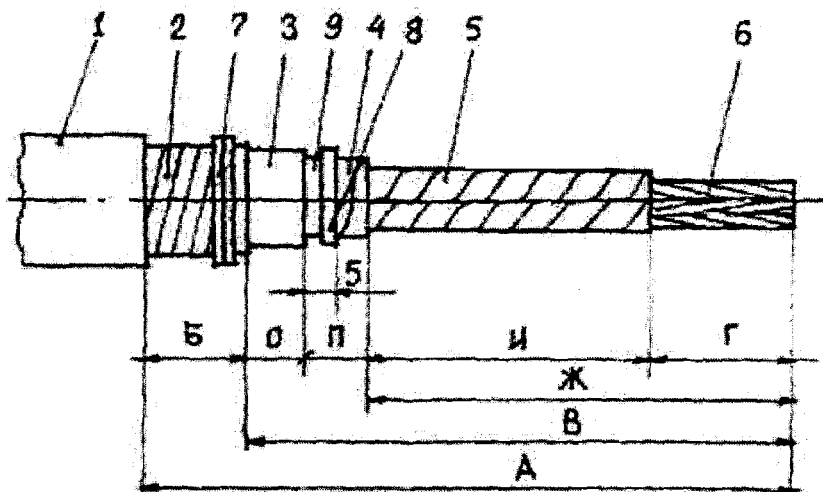


Рис. 4.5. Разделка конца трехжильного кабеля с бумажной изоляцией:

1 – наружный покров; 2 – броня; 3 – свинцовая или алюминиевая оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 – изоляция жилы; 6 – жила кабеля; 7, 8 – бандажи; 9 – полу-проводящий экран

Размеры разделки (А, О, П, Ж, Г) зависят от напряжения, марки, сечения жил, типа муфты и приводятся в монтажных инструкциях [10, 12]. Во избежание раскручивания защитных покровов, брони, бумажной изоляции при разделке накладываются бандажи – из проволоки на защитные покровы и броню, на бумажную изоляцию – из клейкой ленты (ниток).

Освобожденные жилы кабеля разводят вручную или специальным шаблоном, не допуская переломов. Радиус изгиба жилы с бумажной изоляцией не должен быть менее 10 диаметров изгибаемой жилы.

Далее концы жил освобождают от изоляции и оконцовывают трубчатым наконечником (соединительной гильзой), приваривая (припаивая) их к жиле электросваркой, газосваркой, контактным разогревом или опрессовкой [3]. В настоящее время для оконцевания жил и их соединения применяют специальные наконечники и соединители с болтами, ввернутыми в резьбовое отверстие более толстой стенки. При затяжке болта он торцом упирается в жилу кабеля и при

достижении определенной силы нажатия головке болта срезается. Тем самым обеспечивая надежное электрическое и механическое соединение жилы и наконечника (соединителя) (см. образцы соединителей).

Затем производится монтаж выбранного типа муфты. До 90-х годов применялись кабельные муфты со стальной воронкой (чугунным корпусом) или из эпоксидного компаунда. Первые из них для герметизации изолированных разведенных жил и их электрической изоляции заливались заливочным битумным составом (МБ – 70/60, МБ – 90/75 и др.). Эпоксидные муфты заливались эпоксидным компаундом (эпоксидная смола плюс кварцевый песок), в который перед заливкой вводится отвердитель. Через несколько часов компаунд отвердевал, обеспечивая монолитную герметичную изоляцию места соединения.

Восстановление изоляции жил бумажных кабелей осуществлялось бумажными роликами или самоклеющимися лентами [3].

Металлические оболочки кабелей и их броня при монтаже соединительных муфт электрически соединяются гибким медным проводом и заземляются у концевых муфт. К оболочке или броне медный проводник припаивается или закрепляется теперь специальной роликовой пружиной.

Выполненные ранее такие муфты еще продолжают эксплуатироваться но в настоящее время применяются термоусаживаемые муфты фирмы Raychem или Российских и Украинских фирм (см. приложения к работе).

Термоусаживаемые муфты имеют высокую надежность и простоту монтажа, занимают мало места, могут изгибаться как кабель, не стареют, имеют не большую стоимость. В этой связи они вытеснили все другие типы муфт.

Термоусаживаемые муфты изготавливаются из поперечно сшитых термопластичных полимеров с пластической памятью формы. Термопластичные полимеры состоят из хаотично расположенных длинных и тонких молекул. В зависимости от расстояния между молекулами и кристаллической структуры меняется и их жесткость. Если полимер нагреть – его кристаллическая структура разрушается и материал начинает течь и может принять любую форму. Затем, по мере охлаждения вновь образуются кристаллические зоны, которые

восстанавливают жесткость и материал сохраняет форму, в которую его поместили.

При облучении термопластичного полимера потоком высокоэнергетических электронов происходит соединение молекул – поперечная сшивка. Это создает новую трехмерную систему внутренней кристаллической решетки. Теперь при нагреве материала его кристаллическая структура нарушается, но поперечные связи действуют как эластичные стяжки между молекулами и он не течет а становится подобным резине. Материал при этом можно деформировать (растянуть) и после охлаждения вновь возникающая трехмерная кристаллическая структура сохранит деформированную форму.

При последующем нагреве – кристаллическая структура разрушится и растянутые поперечные связи вернут материалу его форму (бывшую до деформации). После остывания эта форма сохранится.

Термоусаживаемые муфты производятся всех типов, для любых конструкций кабелей, разных сечений и номинальных напряжений. Каждый тип муфт состоит из нескольких термоусаживаемых трубок разных диаметров и материалов разного назначения, изготовленных из поперечно сшитых полимеров и поставляемых в растянутом состоянии. Кроме того в комплект муфты входят герметизирующие и полупроводниковые материалы (в виде лент или трубок) с нелинейными электрическими характеристиками, обеспечивающие выравнивание распределения напряженности электрического поля у обреза экрана и у соединителей (наконечников) жил (для муфт напряжением выше 1 кВ); маслостойкие трубки, обеспечивающие герметизацию жил с бумажной изоляцией; проводящие перчатки для 3–4 жильных кабелей; проводящие трубки; непаянная система заземления; соединители (наконечники) и др.

Термоусаживаемые муфты монтируются после разделки концов кабеля. Размеры разделки оболочки и изоляции указываются в инструкциях по монтажу муфт (прил. 3, 4, 5). Затем последовательно выполняются операции, предусмотренные по технологии. Усадка изолирующих манжет соединителей, жильных трубок, кожуха и др. осуществляется нагревом трубки пламенем газовой горелки или струей горячего воздуха с $t = 120...140$ °С начиная со середины ее длины. При нагреве трубки усаживаются в 2,5...4,5 раза, плотно охватывая элементы конструкции кабеля, а термопластичный клей,

нанесенный на внутреннюю сторону трубки расплавляясь, герметизирует муфту.

У кабелей выше 1 кВ в место среза экрана, металлической оболочки, у торцов соединителей жил (наконечников) наблюдается повышенная плотность силовых линий электрического поля. Для выравнивания напряженности поля в термоусаживаемых муфтах применяются усаживаемые полупроводниковые трубки с определенным объемным электрическим сопротивлением и диэлектрической проницаемостью, конкретной длины. При неправильном выборе параметров поля и длины трубки возникает скачок напряженности поля на конце трубки как это показано на рис. 4.6, 4.7.

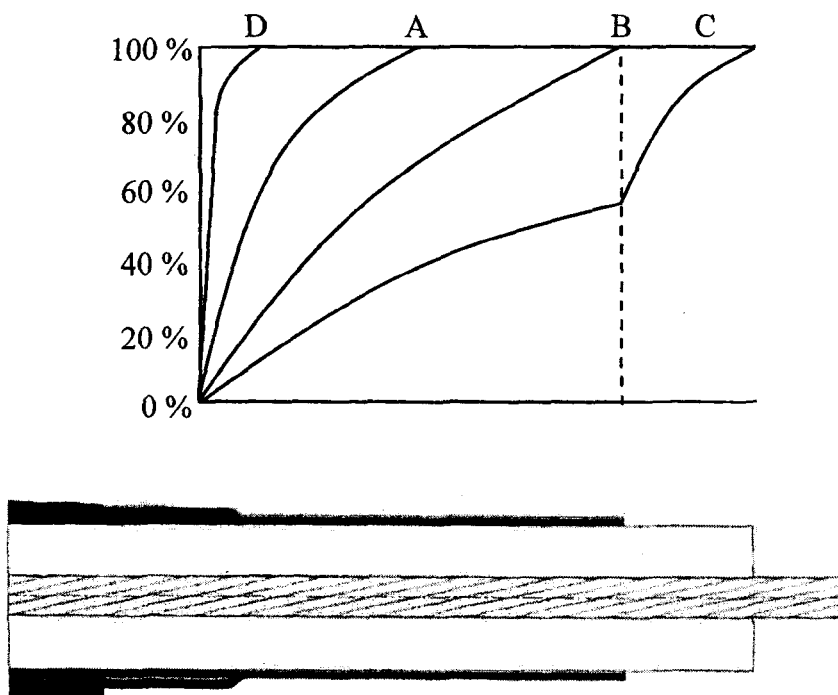


Рис. 4.6. Распределение напряженности электрического поля места
обреза экрана:

A – при неправильном подборе электрических характеристик полупроводниковых трубок; *B* – при правильном выборе характеристик полупроводниковых трубок и их длины; *C* – при короткой длине полупроводниковых трубок; *D* – без выравнивания напряженности

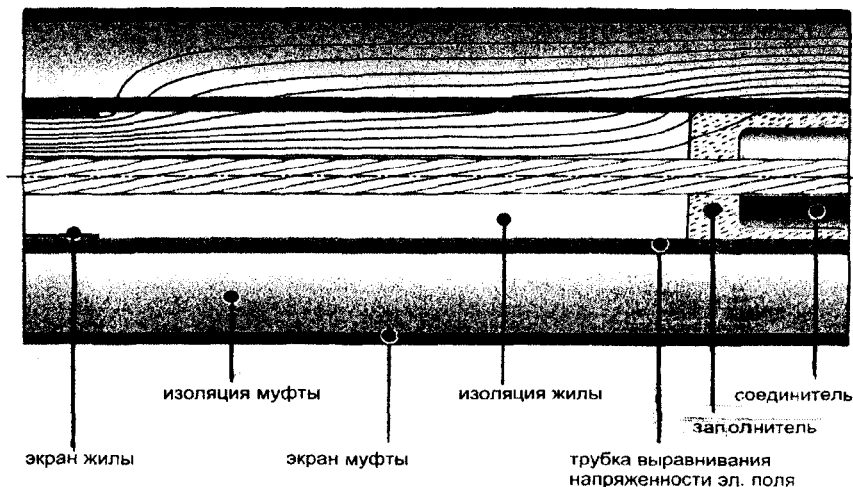


Рис. 4.7. Распределение напряженности электрического поля в соединительных муфтах с полупроводниковой трубкой выравнивания поля

У концевых наружных муфт их внешняя поверхность должна иметь высокую стойкость к трекингу и эрозии. При напряжениях 6, 10, 20, 35 кВ на внешнюю трубку дополнительную усаживают трекингстойкие изоляционные юбки.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией кабелей по настоящей методичке и рассматривая образцы кабелей, представленные на стенде «Силовые кабели».
2. Изучить маркировку кабелей по приложению 1 и 2 к работе.
3. Изучить способы прокладки кабелей.
4. Изучить технологию соединения и оконцевания кабелей.
5. По заданному преподавателем варианту (табл. 4.2), используя сведения из настоящей методички и отдельного комплекта прил. 3, 4, 5 составить указания на монтаж кабельной линии. Кабельная линия напряжением 10 кВ имеет одну соединительную и две концевые муфты – одна – внутренней установки, вторая – наружной установки.

6. Составить отчет о работе. В отчете привести указания на монтаж кабельной линии и кабельных муфт, марки используемых кабельных муфт.

Таблица 4.2

Номер Варианта	Марка и способ прокладки кабеля	Типы термоусаживаемых муфт
1	ААШвУ 3х95 (в земле)	Фирмы Raychem
2	АВВБГ 3х120 (на стене)	Соединительная – Raychem, концевые - Белтовэкс
3	ААБЛУ – В 3х150 (в тоннеле)	Соединительная Фирмы Термофит концевая наружная - Raychem
4	АОСБУ 3х120 (в канале)	Соединительная – Белтовэкс, концевые - Термофит
5	АБВУ 3х240 (в земле)	Концевые Фирмы Raychem, соединительные - Термофит

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Задание и указания на монтаж кабельной линии и кабельных муфт.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о конструкции кабелей с бумажной, пластмассовой или резиновой изоляцией.
2. Как маркируются кабели ?
3. Как осуществляется прокладка кабелей в земле (в случае без инженерных сооружений и с инженерными сооружениями по трассе или при пересечении их) ?
4. Как выполняется разделка концов кабелей перед их соединением ?
5. Каким образом соединяют кабели между собой ?

6. Расскажите о технологии монтажа термоусаживаемых кабельных муфт (соединительных, концевых переходных).

7. Как осуществляется выравнивание напряженности электрического поля при соединении кабелей ?

8. В чем особенность монтажа концевых наружных муфт ?

Литература: [5, с. 30 – 36]; [3, с. 416 – 488]; [7, с. 67 – 85, 172–176].

Приложение 1

Буквенные индексы, обозначающие материалы и конструкцию элементов кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией

Индекс	Место расположения индекса в марке кабеля	Значение индекса	Пример марок кабелей
1	2	3	4
Токопроводящая жила			
А	На первом месте	Алюминиевая	ААБЛУ, ААШВУ, АСБУ
Нет	–	Медная	АБЛУ, СБУ, ВВГ
(ож)	В конце обозначения	Однопроволочные жилы	ААБДУ 3 х 120(ож), ААШВУ 3 х 95(ож)
Изоляция жил			
Нет	–	Бумажная с вязкой пропиткой	ААБЛУ, СБУ, ААШВУ
В	В конце обозначения через дефис	Бумажная с обедненной пропиткой	ААБЛУ-В, СБУ-В, АСБУ-В
Ц	Впереди обозначения	Бумажная с нестекающей пропиткой	ЦААБЛ, ЦСБ, ЦАСБ
В	После индекса жил	Из поливинилхлорида	АВВГ, АВБбшв, ВВГ
П	То же	Из полиэтилена	АПВГ, АПВБбшв, ПВГ

1	2	3	4
У	То же	Бумажная с повышенными температурами нагрева	ААБЛУ, ААШВУ, ААШНСУ
Пс	В середине обозначения	Из самозатухающего полиэтилена	
Па	То же	Из вулканизированного полиэтилена	АПаВГ
Пвс	То же	Из вулканизированного самозатухающего полиэтилена	АПвсВГ
Рт	То же	Из резины повышенной теплостойкости	НРтГ, ВРтГ
Оболочка			
А	На первом или втором месте	Алюминиевая	ААБЛУ, ААШНСУ, АБЛУ
С	На первом или втором месте	Свинцовая	АСБУ, АСШВУ, СБУ
В	В середине обозначения	Поливинилхлоридная	АВПГ, АППВ, АППГ
П	То же	Полиэтиленовая	АВПГ, АППВ, АППГ
Г	После индекса оболочки	Кабель без защитного покрова	СГУ, АСГУ, ПВГ
Н	На первом или втором месте	Не распространяющая горение резина	НРГ, АНРГ
О	То же	Отдельная оболочка каждой жилы	АОСБУ, ОСБУ

1	2	3	4
Подушка под броней			
Нет	—	Крепированная бумага, пропитанная битумом	АСБУ, СБУ, АСБГ
л	После индекса брони	Крепированная бумага, пропитанная битумом, и одна пластмассовая лента	АСБЛУ, ААБЛУ
2л	То же	Крепированная бумага, пропитанная битумом, и две пластмассовые ленты	ААБ2ЛУ, АСБ2ЛУ
в	То же	Выпрессованный поливинилхлоридный шланг	ААБВУ, АБВУ
п	То же	Выпрессованный поливинилхлоридный шланг	ААБЛУ, АБЛУ
б	То же	Без подушки	ААББУ, АВВБбшв
Броня			
Б	После индекса облоочки	Плоские стальные ленты	ААБЛУ, АСБУ, АВВБбшвУ
П	То же	Стальные оцинкованные плоские проволочки	ААПЛУ, АСПЛУ, СПЛУ
Наружный покров			
Нет	—	Пропитанная битумом кабельная пряжа	ААБЛУ, АСБУ, АВВБ
Г	После индекса брони	Без наружного покрова на броне	СБГУ, АСБГУ, ААБЛУ

1	2	3	4
н	После индекса брони или ленты	Негорючий состав из стеклянной пряжи	ААБЛУ, АСБЛУ
Шп	То же	Полиэтиленовый шланг	АашУ, АВББШп, АСШп
Шв	То же	Поливинилхлоридный шланг	ААШвУ, ААБлШ-вУ
Шпс	То же	Шланг из самозатухающего полиэтилена	ААШпсУ, АСШпсУ
Область применения			
Т	В конце обозначения через дефис	Для эксплуатации в районах с тропическим климатом	СБУ-Т
С	То же	Для сельского хозяйства	АВВГ-С1

ЛИТЕРАТУРА

1. Этус, Н. Г. Технология электромонтажных работ на электростанциях и подстанциях / Н. Г. Этус, Л. Н. Махлина. – М.: Энергоиздат, 1982.

2. Князевский, Б. А. Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок / Б. А. Князевский, Л. Е. Трунковский. – М.: Высшая школа, 1984.

3. Соколов, Б. А. Монтаж электрических установок / Б. А. Соколов, Н. Б. Соколова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

4. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

5. Практикум по технологии монтажа и ремонта электрооборудования / под ред. А. А. Пястолова. – М.: Агропромиздат, 1990.

6. Нейштадт Е. Т. Лабораторный практикум по предмету «Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования предприятий и установок» / Е. Т. Нейштадт. – М.: Высшая школа, 1991.

7. Зюзин, А. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / А. Ф. Зюзин, Н. З. Поконов, А. М. Вишток. – М.: Высшая школа, 1960.

8. Справочник по эксплуатации электрооборудования. – М.: Донецк; АТС, 2006.

9. Куценко, Г. Ф. Электробезопасность / Г. Ф. Куценко. – Минск: Дизайн ПРО, 2006.

10. Техническая документация на муфты для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией до 35 кВ. – М.: Энергия, 1982.

11. Пантелеев, Е. Г. Монтаж и ремонт кабельных линий / Е. Г. Пантелеев. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

12. Каталог 2002/2008 фирмы Raucher «Кабельная арматура».

13. Инструкция по монтажу термоусаживаемых концевых муфт. ЗАО Термофит.

14. Инструкция по монтажу термоусаживаемых соединительных муфт ЗАО Термофит.

15. Инструкции по монтажу термоусаживаемых муфт ОДО «Белтовэкс».

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	3
Лабораторная работа №2. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ТРУБАХ И НА ТРОСАХ	24
Лабораторная работа №3. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ	48
Лабораторная работа №4. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ДО 35 КВ)	64

Учебное издание

ОСНОВЫ МОНТАЖА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
1-43 01 01 «Электрические станции»,
1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»,
1-43 01 03 «Электроснабжение»

Составитель:
МАЗУРКЕВИЧ Владимир Николаевич

Ответственный за выпуск И. Ю. Никитенко
Компьютерная верстка Д. К. Измайлович

Подписано в печать 19.09.2008.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 5,17. Уч.-изд. л. 4,05. Тираж 100. Заказ 746.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0121627-01/01/04.

Проспект Н 3, Минск.