

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский государственный
университет транспорта

Кафедра электротехники

С. Л. Курилин

Технология электромонтажных работ

учебное пособие

ГОМЕЛЬ – 2006

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	3
1.1 Трехфазная система электроснабжения	3
1.2 Классификация электроприёмников, электроустановок, электрооборудования и помещений	6
2 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	10
2.1 Виды и способы электрических соединений	10
2.2 Опрессовка	11
2.3 Сварка.....	14
2.4 Пайка	25
2.5 Разборные соединения	30
2.6 Соединение алюминия с медью	31
3 МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	34
3.1 Воздушные линии электропередачи	34
3.2 Кабельные линии электропередачи	40
3.3 Трансформаторы и трансформаторные подстанции	47
3.4 Распределительные устройства	50
3.5 Токопроводы и шинопроводы	54
4 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ.....	57
4.1 Провода и кабели, применяемые в электропроводах	57
4.2 Скрытые электропроводки	58
4.3 Открытые электропроводки	61
4.4 Электропроводки в трубах	65
4.5 Электропроводки в коробах и на лотках.....	67
4.6 Электропроводки в технических подпольях, подвалах, на чердаках и наружные.....	68
5 МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	69
5.1 Источники света	70
5.2 Светильники	72
5.3 Монтаж и подключение осветительных устройств	73
6 МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	76
6.1 Подготовка места для монтажа электродвигателя	77
6.2 Подготовка электродвигателя.....	77
6.3 Установка электродвигателя.....	79
6.4 Подключение и пуск электродвигателя	81
7 ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ.....	82
8 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	87
Л и т е р а т у р а	90

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Трехфазная система электроснабжения

В конце прошлого века великий русский ученый Михаил Осипович Доливо - Добровольский разработал и начал внедрять в Германии трехфазную систему электроснабжения переменным током. В это же время в Америке великий чешский ученый Никола Тесла разработал и начал внедрять двухфазную систему переменного тока. Почему для электроснабжения понадобился именно переменный ток?

Первые маленькие электростанции были постоянного тока и строились непосредственно на месте потребления электроэнергии, их генераторы приводились в действие паровыми машинами. Затем стали использовать энергию воды и строить гидроэлектростанции, достаточно удаленные от потребителей. К тому времени, когда потребовалось передавать энергию от гидроэлектростанций на расстояние десятки и сотни километров, уже было налажено массовое производство генераторов и двигателей постоянного тока. Однако для того, чтобы передавать электроэнергию с большой мощностью (а мощность - это скорость передачи или преобразования энергии) необходимо обеспечить большое значение произведения силы тока на напряжение.

Для увеличения силы тока требуется увеличивать сечение проводов, а делать это тяжело и дорого. Для увеличения напряжения особых препятствий как будто нет: – 1 мм воздушного промежутка в нормальных условиях выдерживает напряжение 3 кВ, а 10 мм – соответственно уже 30 кВ. Изоляция жил кабеля также обладает большой электрической прочностью. Таким образом, напряжение линии электропередачи без особых сложностей может быть увеличено до десятков и сотен киловольт. Однако что делать потребителю с таким высоким напряжением, к тому же смертельно опасным для жизни? Задача преобразования, т.е. увеличения и уменьшения напряжения постоянного тока на том этапе развития техники не могла быть решена. Электротехника постоянного тока зашла в тупик и началось интенсивное развитие устройств переменного тока.

В 80-х годах 19 века великий русский ученый Павел Николаевич Яблочков изобрел принцип трансформации переменного тока и создал первый трансформатор, представляющий собой железный сердечник и две обмотки провода различного сечения с разным числом витков. Затем группа венгерских ученых доработала конструкцию трансформатора практически до нынешнего вида,

применив замкнутый сердечник. С помощью трансформаторов электрическая энергия повышается по напряжению и подается в высоковольтную линию электропередачи. На месте потребления устанавливаются понижающие трансформаторы

Для чего нужны многофазные системы электропитания?

Более половины производимой электроэнергии потребляется электродвигателями – приводит в действие станки и другие механизмы. Для преобразования электрической энергии переменного тока в механическую можно использовать коллекторные двигатели, которые были разработаны для постоянного тока. Однако гораздо лучше применить специальные двигатели переменного тока, основанные на вращении магнитного поля. Вращающееся магнитное поле можно создать с помощью нескольких обмоток, пропуская по ним переменные токи, сдвинутые относительно друг друга по фазе. Если применить два источника, получим двухфазную систему. Если использовать три источника, получим трехфазную систему. Двухфазная система не получила широкого распространения, трехфазная система завоевала весь мир.

Трехфазная система содержит три источника одинаковой частоты с одинаковыми значениями напряжений, сдвинутых по фазе на 120° и трехфазную линию электропередачи, к которой подключаются потребители. Для уменьшения потерь электроэнергии передается при повышенном напряжении, для чего на питающем конце линии устанавливается трехфазный повышающий трансформатор. В местах подключения потребителей устанавливаются понижающие трансформаторы, также трёхфазные, от которых питается распределительная сеть.

Высоковольтные линии электропередачи, напряжением 110 кВ и выше четырёхпроводные, провода обозначаются латинскими буквами, фазные *A*, *B* и *C* и нейтральный *N*. **Распределительные сети** среднего напряжения (от 6 до 35 кВ) как правило, трёхпроводные. Сети питания потребителей чаще всего четырехпроводные. Нейтральный провод, имеющий надёжное соединение с землёй называют «глухозаземлённой нейтралью». В обычной сети потребителей напряжение между каждой парой фазных проводов составляет 380 В (для такого напряжения используют термин «междуфазное» или «линейное»). Напряжение каждого фазного провода относительно нейтрального провода *N* равно 220 В (такое напряжение называют «фазным». Линейное напряжение больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. При обозначении

напряжения питания используют запись 380/220 В. Иногда применяют сеть электропитания напряжением 220/127 В либо 660/380 В.

Как подключить электроприемник к трёхфазной сети?

Бытовые однофазные приемники подключают между одним из фазных проводов и нейтральным проводом *N*. Для равномерной загрузки линии электропередачи, идущей по улице или по этажам многоквартирного дома фазные провода чередуют.

На производстве однофазные потребители, например осветительные лампы, также подключают к фазному напряжению. Некоторые однофазные потребители (например, сварочные трансформаторы) требуют повышенного напряжения питания 380 В. Такие устройства подключают между двумя фазными проводами, а их металлический корпус и сердечник соединяют с нейтральным проводом *N*. Если однофазных потребителей несколько, то для равномерной загрузки линии их подключают к проводам разных фаз.

Большинство промышленных потребителей энергии подключают по трехфазной схеме. Три одинаковых элемента трехфазного потребителя, например обмотки двигателя, соединяют “звездой - Y ” либо “треугольником - Δ ”. Металлический корпус потребителя с целью электробезопасности зануляют – соединяют с нейтральным проводом *N*. Если используют схему соединения Y , то среднюю точку соединения обмоток чаще всего также подключают к нейтральному проводу.

Преимущества трехфазной системы:

- Простой по конструкции, дешевый и надежный трехфазный асинхронный двигатель.
- Увеличенная пропускная способность линии электропередачи.
- Малые потери напряжения в линии.
- Малые потери электроэнергии в проводах.
- Возможность подключения однофазных потребителей с двумя значениями номинального напряжения питания (220 и 380 В).
- Возможность подключения трехфазных потребителей с двумя значениями фазного напряжения с соединением фаз по схеме Y либо Δ .
- Выпрямление переменного тока в постоянный с малыми пульсациями.

1.2 Классификация электроприёмников, электроустановок, электрооборудования и помещений

Электроприёмниками являются: промышленные, строительные, транспортные, торговые, сельскохозяйственные и иные предприятия, культурно-зрелищные сооружения, а также жилые посёлки и жилые микрорайоны городов

По надёжности электроснабжения **электроприёмники** делятся на три категории:

1. Электроприёмники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных элементов городского хозяйства.

В городских электрических сетях к I категории относятся: электроприёмники театров, крупных кинотеатров, стадионов, универмагов с площадью торгового зала свыше 1800 м² и т. п., сооружений с массовым скоплением людей, действующих при искусственном освещении, комплексы электроприёмников особых лечебных помещений (операционных блоков больниц и родильных домов, пунктов неотложной помощи и т. п.); технические и силовые электроприёмники жилых зданий выше 16 этажей (пожарные насосы, лифты, средства автоматического дымоудаления), аварийное освещение лестничных клеток, коридоров, вестибюлей, холлов, заградительные огни на кровлях зданий высотой 50 м и более, а также электроприёмники технических и силовых установок узлов радиосвязи, телеграфа, телефонных, водопроводных и канализационных станций и групп городских потребителей с общей нагрузкой более 10000 кВА.

Электроприёмники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Перерыв в электропитании таких приемников допустим только при автоматическом включении резервного питания (АВР), т. е. на время переключения питающей линии или запуска автоматизированного дизель-генератора. Из первой категории электроприёмников выделяется особая группа, бесперебойная работа которой необходима для безаварийной остановки производства во избежание угрозы для жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования, а также для обеспечения надёжной работы аппаратуры связи. При аварии в питающей сети потребители особой группы переводятся на питание от аккумуляторной батареи либо непосредственно, либо через инвертор, преобразующий энергию постоянного тока в сетевое напряжение переменного тока.

2. Электроприёмники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым срывом выпуска продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного числа городских жителей.

К этой категории относятся: жилые здания от 6 до 16 этажей включительно, а также меньшей этажности, но оборудованные стационарными кухонными электроплитами, лечебные и детские учреждения, школы и другие учебные заведения; силовые установки, технология которых ограничивает допускаемые перерывы в электроснабжении, столовые и кафе с числом посадочных мест от 100 до 500, магазины с площадью торгового зала от 220 до 1800 м² и т. п.; группы городских потребителей с нагрузкой от 300 до 10000 кВА для кабельных сетей и от 1000 кВА и более для воздушных сетей.

Для питания электроприемников второй категории рекомендуется иметь два источника, однако допускается и один. Обычно, если питание осуществляется по воздушной ЛЭП, то используется одна линия, если по кабелю – подключаются две кабельные линии. Перерыв в работе таких потребителей допустим на время включения резервного питания дежурным персоналом, либо на время устранения неисправности питающей линии выездной оперативной бригадой.

3. Все остальные электроприёмники, не попадающие под определение первой и второй категории. К третьей категории, в частности, относятся газифицированные дома высотой 5 и менее этажей, небольшие поселки и т. п. Электроприемники третьей категории получают питание от одного источника с перерывами не более суток.

Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения и преобразования электрической энергии. Все вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки потребителей должны выполняться в соответствии с действующими Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Эксплуатация электроустановок должна производиться в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ И ПТБ). Различают общие электроустановки и электроустановки специального назначения (спецустановки).

К общим электроустановкам относятся воздушные и кабельные линии электропередачи, трансформаторы, электродвигатели, конденсаторные и аккумуляторные установки, распределительные устройства а также устройства защиты, автоматики и измерения в электрических сетях.

К спецустановкам относятся установки для электролиза, электросварки, электроосвещения, электротермии, электрические грузоподъемные машины, преобразователи, электрические газоочистительные установки, электроустановки в нефтегазодобывающей и торфяной промышленности, в сельском и коммунальном хозяйстве, а также электроустановки испытательных станций и лабораторий.

Действующими электроустановками считаются такие установки, которые содержат в себе источники электроэнергии, которые находятся под напряжением полностью или частично, или на которые в любой момент может быть подано напряжение включением коммутационной аппаратуры.

По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением **до 1000 В** включительно и электроустановки напряжением **выше 1000 В**.

Электрооборудование и электротехнические устройства в отношении защиты персонала от прикосновения и попадания внутрь воды в соответствии с [3] характеризуются степенью защиты, обозначаемой буквами **IP** (*International Protection*) и двузначным кодом:

Первая цифра кода обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями оборудования и от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел.

0 – защита отсутствует; 1 – защита от случайного прикосновения большого участка тела и от попадания внутрь оборудования крупных предметов диаметром не менее 50 мм; 2 – защита от соприкосновения пальцев и от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 12,5 мм; 3 – защита от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 2,5 мм; 4 – защита от попадания внутрь оборудования посторонних тел диаметром не менее 1 мм; 5 – защита оборудования от попадания внутрь пыли; 6 – полная защита.

Вторая цифра кода обозначает степень защиты электрооборудования от проникновения внутрь оболочки воды.

0 – защита отсутствует; 1 – защита от капель сконденсировавшейся воды; 2 – защита от дождя; 3 – защита от дождя, сопровождающегося сильным ветром, 4 – защита от брызг; 5 – защита от водяных струй; 6 – защита от воздействий, характерных для палубы корабля; 7 – защита от кратковременного погружения в воду; 8 – защита при неограниченно долгом погружении.

Например код **IP23** обозначает, что обеспечена защита от проникновения внутрь пальцев или твердых предметов диаметром не менее 12,5 мм, а также от дождя, падающего на оболочку под углом не более 60° к вертикали. Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, допускается в условном обозначении проставлять знак “X” вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется или испытание которого не производится, например **IPX3**.

Вид климатического исполнения определяется в соответствии со стандартами, предусматривающими эксплуатацию, хранение и транспортировку машин, приборов и других технических изделий, в том числе и электротехнических, в районах с умеренным (У), холодным (ХЛ), влажным (ТВ) и сухим (ТС) тропическим климатом.

Климат нашей республики умеренный, что соответствует температуре окружающей среды от минус 40°С до плюс 40°С с допустимым временным уменьшением до минус 45°С либо увеличением до плюс 45°С.

Электротехнические изделия подразделяются также на **группы** по стойкости к воздействию внешних механических факторов: вибраций, ударов и т. п. Очевидно, что электрооборудование, установленное на движущихся транспортных средствах должно отличаться повышенной виброустойчивостью.

Электропомещениями называют помещения или отгороженные (например, сетками) части помещений, доступные только для обслуживающего персонала, в которых установлены находящиеся в эксплуатации электроустановки.

По характеру окружающей среды помещения делятся на следующие виды:

- Сухие, в которых относительная влажность не превышает 60%. При отсутствии в таких помещениях условий, характеризующих «жаркие», «пыльные помещения» и «помещения с химически активной средой», они называются нормальными.
- Влажные, где пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и в небольших количествах, а относительная влажность более 60%, но не превышает 75%.
- Сырые, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.
- Особо сырые, в которых относительная влажность воздуха длительно близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).
- Жаркие, где температура длительно превышает 30°C.
- Пыльные, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.; пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью.
- Помещения с химически активной средой, где по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части оборудования.

По **опасности** поражения электрическим током помещения подразделяются на:

- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения;
- помещения без повышенной опасности.

Условия **повышенной** опасности:

- сырость или токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлический, земляной, железобетонный, кирпичный и т.п.);
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к заземленным металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Особую опасность создают:

- особая сырость;

- химически активная или органическая среда;
- наличие двух или более условий повышенной опасности.

В зависимости от характеристики помещений, электроустановок, и электрооборудования, которые в них располагаются, к выбору машин, аппаратов, проводов и кабелей предъявляются различные требования.

Работы под открытым небом (наружные работы) по опасности поражения электрическим током приравниваются к работам в особо опасных помещениях.

2 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1 Виды и способы электрических соединений

Электрический контакт, выполняемый при оконцевании, соединении и ответвлении жил проводов и кабелей, а также при подключении их к контактным выводам электрооборудования, должен обладать высокой электропроводностью и механической прочностью.

Электрическое соединение может быть неразборным и разборным. Выполнение **неразборных** соединений связано с необратимым изменением соединяемых деталей. При опрессовке происходит пластическая деформация под действием сжимающих усилий. При сварке (электроконтактным разогревом, электродуговой, в пламени газовой горелки, термитной) происходит частичное расплавление зоны сварного шва с последующей кристаллизацией. **Паяное** соединение является промежуточным видом, оно может быть разобрано (распаяно) при нагреве выше температуры плавления припоя. Болтовое соединение является **разборным**.

Каждый из способов выполнения электрических соединений, обладает своими достоинствами и недостатками.

Опрессовка:

- + не требует нагрева;
- при этом способе необходимо внимательно следить за правильностью подбора наконечников, соединительных гильз и инструментов.

Сварка способом электроконтактного разогрева:

- + обеспечивает однородный и стабильный контакт;
- + не требует припоя;
- требует источника электроэнергии.

Электродуговая сварка:

+ обеспечивает высокую электропроводность и механическую прочность;

- требует сложного электро- и газового оборудования.

Газовая сварка:

+ не требует электроэнергии и припоя;

- требует громоздкого оборудования и соблюдения сложных правил техники безопасности при работе с газом.

Термитная сварка:

+ технологически не сложна;

+ не требует громоздкого оборудования и электроэнергии;

- обладает повышенной пожароопасностью и требует специальных условий хранения термитных патронов и спичек.

Пайка:

+ не нуждается в сложном оборудовании и приспособлениях;

+ при пайке способом полива расплавленным припоем можно обойтись без электроэнергии;

- этот способ отличается наибольшей трудоемкостью.

Болтовое соединение:

+ наиболее простой способ соединения;

- менее надёжно, чем неразборное соединение;

- требует особых мер по стабилизации электрического контакта при соединении алюминия.

Целесообразность применения того или иного способа зависит от материала жил (алюминий, медь), вида (однопроволочная или многопроволочная), площади сечения (кв. мм), наличия оборудования, приспособлений, инструмента, электроэнергии. Рекомендации по их применению, приведенные в инструкции [5] можно наглядно представить в виде таблицы.

2.2 Опрессовка

Различают два способа опрессовки – местного вдавливания и сплошного обжатия. Опрессовку выполняют ручными клещами, а также механическими, пиротехническими или гидравлическими прессами с помощью сменных пуансонов и матриц.

Способ местного вдавливания заключается в том, что на соединительной гильзе, либо на на лицевой стороне трубчатой части наконечника делают лунки. Во время опрессовки следят за тем, чтобы лунки были расположены соосно опрессовываемой жиле и друг другу. Остаточная после опрессовки толщина материала нормируется в зависимости от сечения и типа гильзы.

Опрессовка алюминиевых жил способом местного вдавливания

Последовательность операций:

- Выбирают наконечник или соединительную гильзу, пуансон, матрицу и механизм для опрессовки согласно инструкции [5] или справочнику [7].
- Проверяют наличие слоя кварцевазелиновой пасты* на внутренней поверхности наконечника или гильзы. Если наконечники или гильзы получены с завода несмазанными, то их внутреннюю поверхность очищают ветошью, смоченной в бензине, а затем смазывают пастой.
- Снимают с концов жил изоляцию. При оконцевании изоляция снимается – на длине, равной трубчатой части наконечника, а при соединении – на длине, равной половине размера гильзы.
- У жил с бумажной пропитанной изоляцией удаляют остатки пропиточного состава. Для этого жилу протирают ветошью, смоченной в бензине.
- Секторные жилы округляют. Операцию округления многопроволочных жил выполняют плоскогубцами, а однопроволочных – при помощи механического или гидравлического пресса, в который вместо пуансона и матрицы устанавливают специальные вкладыши.
- Зачищают жилы до металлического блеска. Для этой операции используют щетку из кардоленты или наждачную бумагу.
- Алюминиевые жилы сразу же смазывают кварцевазелиновой пастой.
- Надевают на жилы наконечник или гильзу. При оконцевании жилу вводят в наконечник до упора, а при соединении – так, чтобы торцы соединяемых жил соприкасались между собой в середине гильзы.
- Трубчатую часть наконечника или гильзу устанавливают в матрицу и производят сжатие до упора.
- При опрессовке алюминия электрический контакт дублируется. Если используют однозубый пуансон, то на наконечнике делают два вдавливания, а на гильзе – четыре, по два вдавливания на каждый конец соединяемых жил.
- Для контроля качества соединения специальным измерителем или штангенциркулем с насадкой измеряют остаточную толщину соединения.
- Острые края гильзы опиливают напильником или зачищают наждачной бумагой.
- Выполненное контактное соединение протирают ветошью, смоченной в бензине, а затем обматывают изоляционной лентой.

При опрессовке соединений жил кабелей 6-10 кВ принимают меры для выравнивания электрического поля**, симметрия которого нарушается против мест вдавливания.

* Наполнителем кварцевазелиновой пасты является дробленый песок. Осколки песчинок имеют острые края, которые при деформации алюминиевых деталей сцарапывают оксидную плёнку с их поверхностей, обеспечивая соприкосновение по металлу. Вазелин препятствует доступу кислорода воздуха к зачищенным поверхностям.

** Зоны сгущения линий электрического поля могут являться очагами возникновения частичных разрядов, приводящих к ускоренному старению и пробоем изоляции. Во избежании этих явлений непосредственно на гильзу накладывают экран из одного слоя полупроводящей бумаги.

Особенности опрессовки медных однопроволочных и многопроволочных жил сечением от 4 до 240 кв. мм

Последовательность операций та же, что и при опрессовке алюминиевых жил, но есть некоторые особенности:

- Не требуется смазка кварцевазелиновой пастой.
- Не требуется дублирование электрического контакта. Опрессовку медных наконечников и гильз выполняют пуансоном с одним зубом. На трубчатой части наконечника выполняют одно вдавливание, на гильзе два (по одному на каждый конец соединяемых жил).

Опрессовка алюминиевых жил малого сечения (до 10 кв. мм)

Опрессовку соединений и ответвлений тонких алюминиевых жил выполняют в гильзах ГАО (гильза алюминиевая опрессовочная) при одностороннем вводе жил в гильзу. Гильзу выбирают в соответствии с количеством и сечением соединительных жил. При суммарном сечении соединяемых жил меньше внутреннего сечения гильзы следует ввести дополнительные проволоки для уплотнения места соединения. Для изоляции места соединения применяют полиэтиленовые колпачки.

Опрессовка медных многопроволочных жил малого сечения (от 1 до 2,5 кв. мм) способом обжатия в кольцевом наконечнике

Опрессовку выполняют в кольцевых медных наконечниках по ГОСТ 9688-82, обжимаемых специальными пресс-клещами. Порядок выполнения операций:

- выбирают соответствующие сечению жилы наконечник, пуансон и матрицу;
- с конца жилы снимают изоляцию на длине 25-30 мм;
- зачищают жилу до металлического блеска и туго скручивают плоскогубцами.
- Укладывают жилу в наконечник и надевают его на стержень пуансона так, чтобы жила выходила через желобок пуансона;
- производят обжим наконечника пресс-клещами до упора шайбы пуансона в торец матрицы.

Надёжность электрического контакта зависит от точности соблюдения инструкции. При выполнении операций опрессовки **недопустимо:**

- недопустимо применять наконечники и гильзы несоответствующие сечению и типу жилы;
- недопустимо применять пуансоны и матрицы, несоответствующие указанным в "Инструкции по оконцеванию, соединению и ответвлению алюминиевых и медных жил, изолированных проводов и кабелей и соединению их с контактами выводами электротехнических устройств".

- недопустимо выкусывать проволоки для облегчения ввода жилы в наконечник или гильзу.
- недопустимо производить опрессовку алюминия без смазки жил и гильз кварцевазелиновой пастой.

2.3 Сварка

Сварка является наиболее производительным, экономичным и надёжным способом выполнения контактных соединений. Сваркой называется процесс получения неразъёмного соединения твердых металлов, осуществляемый за счет использования междоатомных сил сцепления. Чаще всего этот эффект достигается плавлением участков соединяемых деталей и материала присадки или электрода в зоне сварного шва. Однако сварное соединение может быть получено и при плотном сжатии деталей одновременно с нагревом места контакта (точечная и шовная электроконтактная сварка) и даже без нагрева (сварка давлением и взрывом).

В электромонтажной практике сварку применяют для оконцевания и соединения алюминиевых жил проводов и кабелей всех сечений, для соединения медных и алюминиевых шин, стальных заземляющих проводников, магистралей и самих заземлителей, а также для крепления электрических аппаратов и деталей. При монтаже широко применяют четыре способа сварки: электросварку контактным разогревом, электродугую, термитную и газовую. При изготовлении электроаппаратуры в заводских условиях применяют также сварку давлением, взрывом, магнитно-импульсную и электроконтактную сварку (точечную или шовную).

Для удаления пленки окиси с поверхности алюминиевых жил применяют флюс ВАМИ.

Флюс ВАМИ представляет собой смесь трех составляющих: - хлористого калия (5%), хлористого натрия (30%), и криолита К-1. Температура плавления флюса 630°С. Химическая промышленность выпускает флюс в виде порошка, расфасованного в герметически закрытые банки. При отсутствии готового флюса его приготавливают из растертых и просеянных через сито компонентов в указанной выше пропорции. Порошок флюса перед употреблением разводят водой до консистенции густой сметаны (100 частей флюса на 30...40 частей воды по массе). Перед сваркой флюс наносят волосяной кисточкой тонким слоем на поверхность алюминиевых жил. Нанесение флюса толстым слоем не способствует улучшению качества соединения.

2.3.1. Сварка электроконтактным разогревом

Сварка электроконтактным разогревом широко применяется при соединении алюминиевых жил проводов и кабелей. В зависимости от сечения соединяемых жил применяют несколько разновидностей этого способа сварки:

Сварка скрученных жил аппаратом ВКЗ.

Аппарат ВКЗ предназначен для соединения однопроволочных алюминиевых жил с суммарным сечением в скрутке до 12,5 кв. мм. В комплект входят сварочный прибор (пистолет) и блок питания, содержащий сварочный трансформатор 220/10 В, трансформатор управления 220/36 В и реле включения. Сварка выполняется без применения флюса.

Последовательность операций:

- С концов жил с помощью клещей снимают изоляцию на длине 35-40 мм, зачищают их щеткой из кардоленты или наждачной бумагой до металлического блеска и скручивают вместе.
- Подготавливают сварочный прибор аппарата ВКЗ к сварке - отводят назад его угольный электрод и зажимают скрученные жилы губками держателя так, чтобы их концы упирались в лунку угольного электрода.
- Нажатием спускового крючка, включают прибор, после чего угольный электрод под действием пружины, по мере расплавления торцов жил, продвигается вперед и сваривает их. Сварка автоматически прекращается в момент оплавления соединяемых жил на заданную длину.
- Место соединения изолируют полиэтиленовым колпачком или изолентой.

Сварка скрученных жил клещами, содержащими два угольных электрода.

Область применения та же, что у аппарата ВКЗ. Клещи подключают ко вторичной обмотке понижающего трансформатора 220/ 9...12 В мощностью 0,5 кВА. Подготовка жил выполняется также, как и при сварке аппаратом ВКЗ, только изоляция с жил снимается на большей длине (25...30 мм), и на концы жил длиной 5...6 мм перед сваркой наносится тонкий слой флюса.

Последовательность операций сварки:

- Концы угольных электродов сближают до соприкосновения, под действием протекающего тока место контакта раскаляется.
- Раскаленное место контакта электродов прижимают к опущенным вертикально вниз торцам жил, до расплавления алюминия и образования сварочного шарика.
- После остывания место сварки очищают стальной щеткой или наждачной бумагой от шлака и остатков флюса, покрывают слоем влагостойкого лака, а затем изолируют полиэтиленовым колпачком или изолентой.

Сварка жил по торцам способом сплавления в общий монолитный стержень.

Этот способ применяют при соединении по торцам многопроволочных алюминиевых жил суммарным сечением от 32 до 240 кв. мм жил. Для сварки применяют понижающий трансформатор с вторичным напряжением 8...9 В, мощностью 1...2 кВА. Один вывод трансформатора подключают к электрододержателю с угольным электродом, второй к охладителю. Перед началом сварки из алюминиевого провода сечением 2,5...4

кв. мм подготавливают присадочные прутки: - тщательно очищают их поверхность щеткой из кардоленты или наждачной бумагой, обезжиривают тканью, смоченной в бензине, и покрывают тонким слоем флюса.

Последовательность операций сварки:

- С концов жил снимают изоляцию на длине, зависящей от сечения соединяемых жил.
- Если подготавливают к сварке жилы кабеля с бумажной пропитанной изоляцией, то на изоляцию, у ее обреза, накладывают нитяной биндаж, затем ослабляют плоскогубцами повив проволоки жилы и тканью, смоченной в бензине, удаляют с их поверхности маслоканифольевый состав.
- Соединяемые жилы располагают вертикально торцами вверх, складывают в общий пучок и скручивают его пассатижами.
- По суммарному сечению соединяемых жил подбирают соответствующую разъемную цилиндрическую форму и надевают её на жилы. Во избежание прилипания расплавленного алюминия форма изнутри должна быть покрыта кокильной краской или мелом, разведенным в воде до консистенции густой сметаны.
- Обе половины формы скрепляют проволочным биндажом или хомутом из тонкой жести. Нижнюю часть формы уплотняют подмоткой асбестового шнура толщиной 1...1,5 мм.
- Закрепляют охладитель, уплотняя, при необходимости, место контакта подмоткой медной фольгой.
- Торцы жил обмазывают тонким слоем флюса.
- В начале сварки плотно прижимают конец угольного электрода к торцам жил и держат его так до начала расплавления, после чего медленно перемещают конец электрода по торцам жил, расплавляя одну за другой все проволоки. Затем круговыми движениями электрода перемешивают образовавшуюся ванночку расплавленного металла, одновременно сплавляя туда же прутки присадки.
- После заполнения формы расплавленным алюминием до краёв электрод отводят; процесс сплавления жилы считается законченным.
- После остывания места сварки снимают охладитель и форму и щеткой из кардоленты очищают от шлака место сварки и прилегающие участки жил.

2.3.2. Электродуговая сварка

В 1802 г. академик Василий Владимирович Петров открыл явление электрической дуги и указал на возможность применения ее для расплавления металлов. Однако со времени открытия до технического применения прошло 80 лет. В 1882 г. Николай Николаевич Бенардос применил электрическую дугу для сварки, наплавки и резки металлов угольным электродом. Присадочный пруток плавясь под действием тепла дугового разряда заполняет сварочный шов. Для питания дуги была использована специальная батарея химических элементов. В 1888 г. Николай Гаврилович Славянов предложил выполнять дуговую сварку плавящимся металлическим электродом. На это изобретение были выданы патенты в России, Франции, Германии, США, Великобритании и

других стран мира. Н. Г. Славянов разработал металлургические основы электродуговой сварки, применил в качестве источника питания генератор и создал электросварочный аппарат, названный им электроплавильником, который явился прообразом современных сварочных автоматов. В 20 веке электродуговая сварка бурно развивалась и в настоящее время это самый распространенный и надежный вид соединения. Электродуговой сваркой выполняют все виды швов – нижний, горизонтальный, вертикальный и потолочный. При электромонтажных работах применяют: ручную сварку штучными электродами, механизированную (полуавтоматическую) сварку электродной проволокой, а также сварку неплавящимся электродом.

Ручная электродуговая сварка стали штучными электродами широко применяется при выполнении работ по креплению электрооборудования и монтажу цепей заземления. Слой обмазки электрода обеспечивает устойчивое горение дуги и защиту расплавленного металла от окисления.

Для питания сварочной цепи переменным током используют сварочные трансформаторы, а постоянным – выпрямители и генераторы. Сварку на постоянном токе выполняют как при прямой, так и при обратной полярности. Прямой полярности соответствует подключение отрицательного полюса к сварочному электроду, а положительного - к материалу. На постоянном токе устойчивее горит дуга, лучше качество шва, можно сваривать детали меньших размеров и применять электроды, обмазка которых содержит меньше вредных веществ. Однако источники постоянного тока сложнее, дороже и менее надежны в эксплуатации.

Механизированная (полуавтоматическая) сварка получила широкое распространение при изготовлении конструкций из тонколистовой стали. При работах в монтажной зоне используют ранцевые полуавтоматы, закрепляемые на спине плечевыми ремнями. По гибкому шлангу к сварочной горелке одновременно подаются электродная проволока и защитный углекислый газ, в струе которого и горит дуга. Для регулировки процесса сварки изменяют скорость подачи проволоки. Преимущества полуавтоматов - высокая производительность и лучшее качество шва. Полуавтоматическая сварка алюминия и сплавов выполняется в струе инертного газа аргона или смеси аргона с гелием. Полуавтоматическую сварку медных шин выполняют только в нижнем положении (плашмя) под слоем флюса. Для питания сварочных полуавтоматов чаще используют выпрямители, реже трансформаторы, в последнее время всё шире применяют инверторные источники сварочного тока.

Сварка неплавящимся электродом широко используется для соединения деталей из алюминия и других цветных металлов и сплавов, а также легированной стали. В отдельных случаях при выполнении швов в нижнем положении до сих пор используют угольные электроды. Однако все чаще применяют сварку вольфрамовым электродом в струе инертного газа аргона. Аргонно-дуговая сварка позволяет соединять детали практически в любых пространственных положениях.

Особенности электродуговой сварки алюминия. Оксидная пленка на поверхности алюминиевых деталей обладает большой электрической прочностью. Напряжение холостого хода источников сварочного тока увеличено до 150 и более вольт. Для зажигания и устойчивого горения дуги применяют высокочастотные зажигающие и стабилизирующие импульсы амплитудой 800 и более вольт.

Особенности электродуговой сварки меди. Медь – тяжелый металл и обладает большой текучестью, поэтому горизонтальные, вертикальные и потолочные швы на медных шинах электродуговой сваркой выполнять практически невозможно. Электродуговую сварку медных шин выполняют в нижнем положении с применением графитных подкладок с канавкой под стыком. В монтажных условиях, если шины нельзя кантовать, применяют ацетилен-кислородную сварку меди или пайку твердым припоём ПМЦ.

Источники питания для электродуговой сварки

Для того, чтобы разобраться во всем разнообразии источников питания для электродуговой сварки полезно рассмотреть физические процессы в самой сварочной дуге. Электрическая дуга возникает, если воздушный (газовый) промежуток между электродом и свариваемым изделием становится токопроводящим. Это происходит, когда он достаточно ионизирован, т. е. насыщен положительно заряженными ионами и электронами. Ионизация газового промежутка происходит под действием *электронов вылетающих с отрицательного полюса (катода) и движущихся к положительному полюсу (аноду). Электроны разгоняются электрическим полем и, при столкновении с нейтральными атомами, выбивают из них другие электроны, которые также разгоняются и участвуют в процессе ионизации. Положительные ионы, в которые превращаются атомы, устремляются к отрицательному полюсу?* Таким образом, в электрической дуге протекает ток, под действием которого и происходит расплавление металла.

Зависимость тока сварочной дуги от напряжения между электродами имеет сложную форму. При малых токах степень ионизации невелика и напряжение достигает 60 и более вольт. По мере увеличения тока до 80...100 А число заряженных частиц, а следовательно и проводимость дуги увеличивается, а напряжение между электродами снижается до 25...30 В. При дальнейшем увеличении тока до 250...300 А напряжение плавно возрастает по закону $U=20+0,04I$. Таким образом на вольт-амперной характеристике сварочной дуги можно выделить 2 участка: 1 – падающий, 2 – пологовозрастающий. Сварке штучными электродами соответствуют 1 участок и начало 2, а сварке проволокой – 2. Границы между участками зависят от толщины и материала применяемых электродов или проволок и состава газов. Источник питания сварочной дуги должен иметь такую внешнюю

характеристику, которая бы пересекала ВАХ дуги в требуемом диапазоне сварочных токов, а также возможность регулирования тока в широких пределах. Применяют источники с падающей, жёсткой и универсальной характеристиками.

Для получения падающих характеристик используют:

- в сварочных генераторах – особый способ подключения обмоток возбуждения;
- в сварочных трансформаторах – повышенное магнитное рассеяние или дополнительные дроссели;
- в сварочных выпрямителях – балластные резисторы, трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием или тиристорные схемы выпрямления.

В настоящее время все шире используют инверторные источники сварочного тока с микропроцессорным управлением содержащие высокочастотный транзисторный преобразователь и импульсный транзисторный регулятор тока.

2.3.3. Газовая сварка

Источником тепла при газовой сварке является пламя, образующееся при сгорании газов пропана или ацетиленов либо паров бензина в кислороде. Кислород нужен для увеличения температуры пламени. Пропан-бутан, ацетилен и кислород поставляются в специальных баллонах соответственно красного, белого и голубого цвета. Для получения ацетилена также используется автоген – закрытая емкость, в которой происходит реакция гашения карбида кальция водой. Наибольшее распространение получила пропано-кислородная сварка.

Соединение газовой сваркой однопроволочных жил малого сечения

Жилы предварительно скручивают (суммарное сечение в скрутке до 35 кв. мм) и затем сваривают в пропано-кислородном пламени.

Операцию выполняют в такой последовательности:

- Ножом или другим инструментом с концов свариваемых жил снимают изоляцию на длине 30...40 мм; концы жил зачищают стальной щёткой и скручивают их вместе.
- Концы скрутки покрывают тонким слоем флюса ВАМИ. Флюс предварительно разводят в воде до пастообразного состояния.
- Открывают вентили на баллоне с пропаном, затем на баллоне с кислородом и регулируют рабочее давление кислорода до 0,15 МПа (1,5 атм).
- Открывают вентиль газа на горелке и зажигают горелку спичкой. Открывают вентиль кислорода на горелке и регулируют пропано-кислородное пламя до нормального.
- Подводят ядро пламени к концу скрутки и нагревают его до расплавления. О том, что сварка жил произошла, судят по появлению на конце скрутки капли жидкого металла в виде шарика.
- Закрывая на рукоятке горелки вентили газа, а затем кислорода, гасят пламя.
- Остатки флюса с места сварки удаляют стальной щёткой. Соединение протирают ветошью и изолируют.

Соединение встык газовой сваркой однопроволочных и многопроволочных алюминиевых жил большого сечения (16...240 кв. мм)

Соединение выполняют в разъёмных сварочных формах.

Последовательность операций:

- По сечению соединяемых жил выбирают сварочную форму в соответствии с инструкцией [5] или справочником [7].
- Внутренние поверхности формы покрывают мелом, разведённым в воде до пастообразного состояния.
- С концов жил снимают изоляцию на длине 45...60 мм, в зависимости от сечения жил; у жил с пропитанной бумажной изоляцией удаляют маслоканифольевый состав тканью, смоченной в бензине или ацетоне. На расстоянии 2...3 мм от конца многопроволочных жил накладывают бандаж из 1...2 витков алюминиевой проволоки диаметром 1...1,5 мм.
- При соединении секторных однопроволочных и комбинированных жил скругляют их очищенные от изоляции концы, как это делается при опрессовке. Добиваться при этом точной цилиндрической формы нет необходимости, однако сварочная форма должна охватывать жилу без зазора в местах разъёма
- На концы свариваемых жил устанавливают две полуформы так, чтобы стык жил находился в середине литникового отверстия. Струбциной 3 сжимают полуформы между собой и вставляют клинья 4 в направляющие. Слегка постукивая по клиньям молотком обеспечивают плотное, без зазора сжатие полуформ между собой. Для уплотнения зазора между жилой и формой используют асбестовый шнур.
- На оголённые участки жил накладывают охладители, закреплённые на соединительной планке. Между охладителями и формой устанавливают тепловой экран из асбестового картона.
- Заготавливают прутки присадки.
- Зажигают пламя горелки и регулируют его до нормального. Пламенем горелки равномерно, не задерживаясь на одном месте, разогревают стенку формы в зоне стыка жил до красного каления. После этого в литниковое отверстие формы вводят покрытую флюсом присадку и сплавляют её до заполнения литника. Не прекращая нагрев формы, расплавленный алюминий перемешивают проволоочной мешалкой до полного расплавления проволок жил в объёме сварочной ванны. Затем нагрев прекращают, а при остывании, при необходимости, добавляют присадку.
- После остывания места сварки снимают форму, выбивают стягивающие клинья. Осматривают место сварки. При выявлении 1...2 неприваренных проволок их припаивают к монолиту припоем марки А. При числе неприваренных проволок больше двух, сварку соединения следует повторить.
- Снимают с жил кабеля экраны, охладители и асбестовую защиту изоляции жил. Специальными клещами или ножовкой удаляют литниковую прибыль, зачищают напильником место соединения, придавая ему гладкую цилиндрическую форму, протирают тканью, смоченной в бензине или ацетоне, до полного удаления шлака и опилок. Затем место соединения покрывают асфальтовым лаком, или другим влагостойким лаком, и выполняют изоляцию соединения.

Газовая сварка по торцам многопроволочных жил с суммарным сечением от 32 до 240 кв. мм

Соединение выполняют способом сплавления концов жил в общий монолитный стержень.

Последовательность операций:

- Подбирают по суммарному сечению форму в соответствии с инструкцией [5] или справочником [7]. Внутреннюю поверхность формы покрывают мелом, разведённым в воде до состояния густой пасты.
- С концов жил снимают изоляцию на длине 80...90 мм в зависимости от сечения жил. Располагают соединённые жилы проводов вертикально торцами вверх. На концы соединяемых жил надевают форму, нижнюю часть которой уплотняют асбестовым шнуром.
- Ниже формы на жилу надевают охладитель, уплотняя, при необходимости, зазор обмоткой из медной фольги, и укрепляют его на опорной стойке. Между низом формы и верхней поверхностью охладителя прокладывают экран из асбестового картона.
- Процесс сварки аналогичен вышеописанному.

2.3.4. Термитная сварка

Термитный патрон состоит из стального кокиля (формочки), вокруг которого расположен муфель, прессованный из термитной смеси. Сварка происходит за счет тепла, выделяемого при сгорании муфеля. При этом материал жил расплавляется и заполняет кокиль, туда же сплавляют заранее подготовленные присадочные прутки. Для того, чтобы расплавленный алюминий не прилипал к кокилю, он изнутри покрывается кокильной краской или мелом, разведённым в воде до состояния густой сметаны; слой покрытия просушивают до начала сварки. В комплекте с термитными патронами поставляются специальные алюминиевые колпачки, которые также расплавляются в процессе сварки.

Термитная сварка по торцам многопроволочных алюминиевых жил с суммарным сечением от 70 до 240 кв. мм

Соединение выполняется в следующем порядке:

- По суммарному сечению свариваемых жил подбирают термитный патрон и втулки охладителя.
- Заготавливают присадочные прутки из двух-четырёх свитых вместе алюминиевых проволок диаметром 2 мм; проволоку предварительно тщательно очищают стальной щеткой или наждачной бумагой, обезжиривают и покрывают слоем флюса.
- Подготавливают жилы, для чего с них снимают изоляцию на длине 80...100 мм, в зависимости от их сечения и количества. При соединении жил кабелей с бумажной изоляцией с них удаляют маслосодержащий состав тканью, пропитанной в бензине и протирают ткань, смоченной в бензине или ацетоне.
- Концы жил зачищают до блеска стальной щёткой, складывают в общий пучок и связывают у обреза изоляции временным биндом из двух-трех витков проволоки.
- Плоскогубцами придают пучку проводов круглую форму, смазывают пучок тонким слоем флюса ВАМИ и надевают на него алюминиевый колпачок термитного патрона. Пустоты, оставшиеся между пучком проводов и колпачком заполняют кусочками алюминиевой проволоки.
- Сверху на алюминиевый колпачок надевают кокиль и термитный патрон. С одной стороны термитный патрон имеет более рыхлую структуру для

облегчения его зажигания, эта сторона должна быть сверху. Снизу кокиль уплотняют подмоткой асбестового шнура, сдвигая её в зазор между кокилем и жилами.

- Временный проволочный бандаж снимают и надевают охладитель, втулки которого подбираются по суммарному сечению жил. Если охладитель сидит не достаточно плотно, то жилы обматывают медной фольгой. Между охладителем и термитным патроном устанавливают экран из асбестового картона.
- Термитную спичку укрепляют в специальном держателе или зажимают в плоскогубцах. Зажжённой термитной спичкой плотно прикасаются к торцу муфеля термитного патрона и зажигают его. Сразу после загорания муфеля в него вводят присадочный пруток, покрытый флюсом.
- Проволочной мешалкой проверяют расплавление концов жил, которое наступает через 15...20 сек после окончания горения муфеля. Убедившись в полном расплавлении концов соединяемых жил, тщательно перемешивают ванну расплавленного металла для облегчения выхода газов и шлаков во избежание образования раковин. Одновременно добавляют присадку до заполнения кокиля.
- После застывания металла скалывают муфель с помощью зубила и удаляют кокиль, отгибая его края отверткой. Затем стальной щеткой удаляют остатки флюса и шлаков, напильником сглаживают неровности и протирают тканью, смоченной в бензине.
- Соединение покрывают влагостойким лаком, затем изолируют и поверхность изоляции также покрывают влагостойким лаком.

Термитная сварка встык однопроволочных и многопроволочных алюминиевых жил сечением 16...240 кв. мм

Этот способ применяется в основном при разделке соединительных кабельных муфт. В отличие от предыдущего процесса, соединяемые жилы располагаются горизонтально, а термитные патроны, применяемые для сварки встык, имеют литниковые отверстия.

Последовательность операций:

- На концы жил надевают алюминиевые колпачки, входящие в комплект термитных патронов. Внутренняя поверхность колпачков предварительно должна быть зачищена до блеска.
- При сварке однопроволочных секторных жил вместо колпачков на жилы надевают шайбы или втулки с секторными отверстиями. Чтобы жила свободно вошла во втулку или шайбу, ее опиляют с боков. Внутреннюю поверхность шайбы или втулки зачищают до блеска. При отсутствии специальных шайб или втулок разрешается надеть на концы секторных жил колпачки, входящие в комплект термитных патронов, но оставшиеся пустоты в колпачке следует заполнить кусочками алюминиевой проволоки. Секторные жилы на участке насадки колпачка следует запилить напильником так, чтобы они свободно входили в колпачок.
- Оконцованную колпачком, втулкой или шайбой жилу слегка отгибают и надевают на неё термитный патрон. Затем концы соединяемых жил центрируют и надвигают термитный патрон на место стыка таким образом, чтобы стык жил находился против литникового отверстия муфеля патрона. Между торцами жил допускается зазор не более 2...3 мм.

- Асбестовым шнуром тщательно уплотняют входы жил в кокиль, так чтобы этот шнур заполнил входное отверстие кокиля до алюминиевого колпачка (шайбы или втулки).
- На оголённые участки жил накладывают охладители, установленные на соединительной планке. Охладители закрепляют на штативе. Устанавливают экраны из листового асбеста толщиной не менее 4 мм, которые должны выступать за охладитель со всех сторон не менее, чем на 10 мм.
- На остальных жилах соединяемых кабелей также устанавливают термитные патроны. На многопроволочных кабелях сварку начинают с жилы, расположенной сверху разделки. Остальные жилы не подверженные сварке, необходимо защитить от перегрева и искр асбестовым картоном.

Термитную сварку применяют также для соединения **стальных проводов сетей заземления**. При этом используют алюминиевый термит в виде порошкообразной смеси стальной окалины 79% и алюминиевого порошка 21% по массе. Размер зёрен смеси должен быть от 0,1 до 1,5 мм. Сварку выполняют в оболочках или корково-песчаных формах.

Для сварки полос и стержней заземления применяют девять типоразмеров форм. Формы изготавливают из кварцевого песка (100 частей по массе) и пудльвербакелита (6 частей по массе) и затем запекают в специальной установке. Перед сваркой термитную порошковую смесь засыпают в форму, установленную на месте соединения, тщательно уплотняют и воспламеняют термитной спичкой.

2.3.5.

2.4 Пайка

Пайка - соединение однородных или разнородных металлов, а также металлов с неметаллами, с помощью расплавленного припоя. Как правило, процессу пайки предшествует лужение. Лужение (полудка) – операция, при которой металл покрывается слоем расплавленного припоя. Пайка медных жил и проводов малого сечения осуществляется с помощью паяльника (электропаяльника), для пайки медных жил большого сечения и алюминиевых жил используют пламя пропано-кислородной или ацетиленовой горелки, паяльной лампы либо способ заливки предварительно расплавленным припоем.

При пайке меди и сплавов применяют мягкие припои марки ПОС (оловяно-свинцовые), а также твердые припои ПМЦ (медно-цинковые) и ПСр (серебрянные). При пайке алюминия применяют припои марки А (цинко-оловянно-медные), твёрдые припои ЦО-12 (цинко-оловянные) и ЦА-15 (цинко-алюминиевые), а также мягкие оловяно-кадмиево-цинковые припои.

Оловяно-свинцовые припои марки ПОС (цифра от 18 до 90 показывает содержание олова) применяют:

- ПОС-61 (температура плавления 183°С) – при пайке РЭА.
- ПОС-40 (235°С) – для пайки соединения проводов.
- ПОС-30 (250°С) – для пайки свинцовых оболочек кабелей.

Трубочатые припои изготавливают в виде трубочки диаметром 1...5 мм, заполненной канифолью, служащей в качестве флюса.

Добавки в оловяно-свинцовые припои сурьмы, кадмия а особенно висмута позволяют снизить температуру их плавления (до 60,5°С у сплава Вуда). Однако легкоплавкие припои отличаются малой механической прочностью и хрупкостью.

Твёрдые припои обладают высокой механической прочностью и применяются для выполнения соединений, работающих при повышенной температуре. Температура плавления латуней ПМЦ с содержанием меди 36...54% (остальное – цинк) составляет 825...860°С. Серебрянные припои содержат 25...70% серебра, 26...40% меди, 4...35% цинка, имеют температуру плавления 720...765°С и отличаются высокой электропроводностью.

Припои для пайки алюминия:

- А (40% олова, 58,5% цинка, 1,5% меди, температура плавления 400...425°С) – широко применяется для соединения алюминиевых жил проводов и кабелей, обладает невысокой коррозионной устойчивостью, место пайки требует покрытия влагостойким лаком и тщательной изоляции.

- ЦО-12 (12% олова, 88% цинка, 500...550°С) отличается ещё меньшей коррозионной устойчивостью. Его применяют для пайки алюминиевых жил кабелей внутри муфт, герметическая заделка которых исключает попадание к месту пайки влаги и воздуха.
- ЦА-15 (85% цинка, 15% алюминия) отличается высокой механической прочностью и устойчивостью к коррозии. Недостаток – высокая температура плавления (550...600°С).
- Мягкие оловяно-кадмиево-цинковые припои (40...55% олова, 20% кадмия, 25% цинка и до 15% алюминия, 200...250°С) применяют для пайки обмоточных алюминиевых проводов, а также для соединения алюминия с медью.

Для разрушения оксидной плёнки, а также для защиты поверхности соединяемых металлов от окисления при нагреве, применяют различные **флюсы**. При пайке мягкими припоями используют активные (кислотные), пассивные (бескислотные), активированные и антикоррозийные флюсы.

- Активные флюсы используют при пайке железа, стали и сплавов на основе железа, а также меди, латуни и бронзы. После пайки место спая требует тщательной промывки в воде. Если на металле остался активный флюс, то он через некоторое время покрывается ржавчиной и зеленеет, происходит разрушение как спая, так и основного металла. Широко применяемая паяльная кислота представляет собой 30% раствор хлористого цинка в воде.
- Бескислотные флюсы (канифоль в чистом виде, а также с добавками спирта и глицерина) используют для пайки меди и сплавов на основе меди мягкими припоями при монтаже РЭА. В промышленном производстве для пайки печатных плат используют флюс ЛТИ-120 (этиловый спирт 65...70%, канифоль 20...25%, диэтиламин 5%, триэтаноламин 1...2%).
- Активированные флюсы приготавливают на основе канифоли с добавками небольшого количества солянокислого или фосфорнокислого анилина, салициловой кислоты и т. п. Они позволяют производить пайку без предварительной зачистки поверхности соединяемых металлов (достаточно обезжиривания). Активированным флюсом является также паяльный жир, содержащий 10% хлористого цинка и широко используемый при пайке оцинкованного железа. Промывка спая в воде от остатков таких флюсов не требуется.
- Антикоррозийные флюсы изготавливают на основе фосфорной кислоты (с добавлением различных органических соединений и растворителей) а также на основе органических кислот. Остатки этих флюсов не вызывают коррозии.

При пайке твёрдыми припоями используют буру (тетраборнокислый натрий) и другие флюсы, содержащие соединения фтора, хлора и бора с калием, натрием, литием, цинком, кадмием, аммонием, а также триэтаноламин.

Применяют также механические способы удаления оксидной плёнки с поверхности алюминия под слоем расплавленного припоя: паяльники с ультразвуковой вибрацией жала, кисточки из стальных волосков и стальные скрепки.

Соединение пропаянной скруткой жил малого сечения (до 10 кв. мм)

На **алюминиевых** жилах выполняют двойную скрутку с желобком. При этом на расстоянии 20...30 мм, в зависимости от сечения, жилы расположены параллельно.

Место соединения нагревают пламенем пропано-кислородной горелки и палочкой припоя А, введённой в пламя, протирают желобок с одной стороны, разрушая при этом оксидную плёнку. По мере нагрева жилы начинают облуживаться и желобок заполняется припоем. Аналогично заполняют припоем желобок с другой стороны, а также облуживают жилы с внешней поверхности. После остывания место соединения изолируют.

Соединение **медных** жил выполняют пропаянной скруткой без желобка. Жилы зачищают до металлического блеска, скручивают, покрывают слоем флюса и прогревают паяльником с добавлением припоя, либо опускают в расплавленный припой.

Соединение алюминиевых жил пайкой в разъёмных формах

Соединение выполняют непосредственным сплавлением палочки припоя в форму, либо способом полива расплавленным припоем.

1. Пайка **непосредственным сплавлением палочки припоя** выполняется в следующей последовательности:

- Соединяемые жилы предварительно разделяют ступенями и лудят припоем марки А. Процесс лужения жилы начинается с нагрева ее в пламени пропано - кислородной горелки, или бензиновой паяльной лампы. После начала плавления палочки припоя А, введённой в пламя горелки, наносят припой на всю ступенчатую поверхность повива проволоки, и на их торец. При этом, для полного облуживания проволоки, их поверхность тщательно натирают стальной кисточкой.
- У предполагаемого края формы на жилы подматывают асбестовый шнур, и укладывают концы жил в разъёмную форму. Форму укрепляют на жилах специальными зажимами и проволочным бандажом.
- Для защиты изоляции от перегрева, на жилы надевают защитный экран, а при больших сечениях жил устанавливают охладители.
- Нагревают форму, начиная со дна средней части и далее по всей поверхности, до начала плавления припоя, прутки которого вводят в пламя и сплавляют в литниковое отверстие до заполнения формы.
- Расплавленный припой перемешивают стальной проволокой и удаляют с поверхности расплавленного металла шлаки; одновременно легким постукиванием по форме производят уплотнения припоя, после чего нагрев прекращают.
- После остывания места соединения снимают экраны и форму, опиливают заусенцы, покрывают влагостойким лаком и изолируют.

2. Пайка алюминиевых жил **способом полива** расплавленным припоем:

- Припой марки ЦО-12 или ЦА-15 разогревают в тигле вместимостью 7...8 кг до температуры 650...700°C, которую определяют по началу плавления погружаемой в припой алюминиевой палочки. Такое относительно большое количество припоя в тигле и высокая температура нагрева необходимы для

обеспечения надёжного и достаточно полного расплавления проволок спаиваемых жил.

- Концы жил разделяют ступенчато, либо обрезают ножовкой в стальных шаблонах под углом 55° к горизонту.
- Закрепляют формы, под которыми устанавливают тигель и лоток для стекания припоя, сделанный из кровельного железа.
- Паяльной ложкой черпают расплавленный припой и льют его в литниковое отверстие до тех пор, пока не произойдёт расплавление торцов жил. Момент расплавления определяют щупом из стальной проволоки.
- При пайке концов жил, скошенных под углом 55°, в процессе полива припой производят очистку плёнки окиси с поверхности жил стальным скребком.
- При остывании припоя даёт усадку, поэтому, во избежание образования раковины, по мере усадки производят доливку припоя в литниковое отверстие формы.
- Процесс пайки в одной форме не должен превышать 1...1,5 мин. Перед началом пайки следующей жилы, тигель с припоем вновь подогревают до 650...700°C.

Пайка способом полива расплавленным припоем медных жил в медных гильзах ГМ

Пайка выполняется в следующей последовательности:

- Припой ПОССу 40-0,5 разогревают в графитовом или стальном тигле примерно до 290°C.
- Зачищают до металлического блеска концы жил и внутреннюю поверхность гильзы.
- Покрывают флюсом концы жил и вставляют их в гильзу так, чтобы стык находился в середине заливаемого отверстия.
- Для уплотнения места соединения с обеих сторон между концом гильзы и краем изоляции подматывают на жилы асбестовый шнур. Сразу по окончании пайки, пока не остыл припой, протирают гильзу тряпкой, смазанной паяльной мазью.
- Во избежание перегрева изоляции жил длительность полива припоя не должна превышать 1,5 мин. За это время необходимо обеспечить полное облуживание гильзы.

Оконцевание алюминиевых многопроволочных жил припайкой наконечников

Для лучшего проникновения припоя в зазор между жилой и наконечником применяют алюминиевые наконечники с сечением на одну ступень больше, чем жила.

Последовательность операций:

- Жилу разделяют ступенчатым способом и лудят.
- Внутреннюю поверхность гильзы наконечника зачищают стальной щёткой и тоже лудят.
- Надевают наконечник на жилу так, чтобы центральная проволока жилы выступала из шейки наконечника на 5...6 мм.
- Зазор между жилой и наконечником уплотняют снизу асбестовым шнуром и закрепляют на жиле экран.
- Пламя горелки направляют на верхнюю часть наконечника и выступающую жилу, нагревают их и сплавляют палочку припоя до заполнения всего пространства между гильзой наконечника и жилой.

Оконцевание медных многопроволочных жил медными наконечниками

Последовательность операций:

- Конец жилы облуживают и надевают наконечник, у нижнего торца которого накладывают бандаж из двух-трех слоев асбеста.
- Наконечник прогревают пламенем пропано-кислородной горелки, паяльной лампы или паяльником и заливают предварительно расплавленный припой ПОС, наблюдая чтобы он проник между проволоками жилы.
- Тканью, смазанной паяльной мазью, сгоняют и разглаживают подтеки припоя на поверхности наконечника.
- Асбестовый бандаж снимают и на его место накладывают изоляцию.

2.5 Разборные соединения

Самым радикальным способом обеспечения надёжности электрических контактов является применение неразборных соединений – сварных и паяных. Однако без разборных соединений обойтись нельзя. Такие соединения чаще всего выполняются при монтаже внутри электрических аппаратов, а также при подключении токоподводящих проводов и жил кабелей к контактным выводам электрооборудования. Для разборных соединений применяют стальные болты, гайки и шайбы, защищенные от коррозии никелевым или другим покрытием. Крутящие моменты усилий при затяжке болтов должны соответствовать их диаметрам. Рекомендуется применять гаечные ключи с регулируемым моментом усилия затяжки.

В слаботочных цепях связи, сигнализации и управления часто применяются разъёмные соединения, состоящие из многоштырьковых штепсельных вилок и розеток. Бытовые электропотребители также включаются в розетки с помощью штепсельных вилок. Разработаны и применяются штепсельные соединители для силового оборудования, однако опыт их эксплуатации показывает, что они редко обеспечивают надёжный электрический контакт.

Для надёжного соединения силовых цепей необходимо обеспечить большую площадь протекания электрического тока и, соответственно, малое переходное сопротивление контакта. Мощность, выделяемая на контакте, равна произведению его переходного сопротивления на квадрат тока. Если переходное сопротивление велико контакт разогревается, а при нагреве сопротивление еще больше возрастает. К тому же нагретые контактные поверхности усиленно окисляются, оксидная пленка также увеличивает переходное сопротивление контакта. Постепенно контакт разогревается, при этом плавится и обугливается электрическая изоляция и возникает пожар либо металл расплавляется, вытекает из места контакта, возникает электрическая дуга, что также приводит к пожару. Для контроля нагрева разборных соединений их покрывают термочувствительной краской. Изменение цвета краски при повышении температуры позволяет вовремя отыскать плохие контакты и отремонтировать их.

Малое переходное сопротивление достигается за счёт тщательной зачистки контактных поверхностей и плотного прижатия их друг к другу. Следует обеспечить протекание тока именно через соприкасающиеся поверхности соединяемых деталей, а не через стальные болты или гайки, так как проводимость стали меньше проводимости меди в 6 раз, а алюминия – в 4 раза. Для того чтобы обеспечить достаточную площадь контакта и облегчить закручивание гаек применяют шайбы, а для предотвращения раскручивания гаек под действием вибраций используют контргайки и разрезные пружинящие шайбы. В цепях переменного тока повышенной частоты во избежание нагрева крепёжных деталей

индукционными токами следует применять немагнитные материалы, лучше всего латунь.

При соединении деталей из алюминия требуются специальные меры по стабилизации электрического сопротивления контакта.

Это связано с малой механической прочностью алюминия. При сжатии алюминиевых деталей нельзя добиться большого контактного усилия из-за их деформации, поэтому площадь контактной поверхности должна быть больше в несколько раз, по сравнению с медными. Кроме того, если контакт работает в условиях вибраций, контактное усилие постепенно ослабевает, и его необходимо поддерживать специальными пружинящими деталями.

Для стабилизации алюминиевых контактов применяют шайбы увеличенного размера совместно с тарельчатыми пружинами.

Основным путем повышения надежности разборных соединений алюминиевых проводников является оконцевание их наконечниками из твёрдого сплава алюминия с магнием и кремнием, а также медно-алюминиевыми наконечниками.

Разборное соединение алюминиевых и медных проводников рассмотрено в п. 2.6.

2.6 Соединение алюминия с медью

В контакте алюминий - медь возникает гальваническая пара, способствующая интенсивному разрушению алюминиевых деталей. Соединение алюминия с медью опрессовкой, а также скруткой без последующей сварки недопустимо, т. к. не обеспечивает в этих случаях надёжного и долговременного контакта.

Сварка алюминиевых жил и проводов малого сечения с медными выполняется аппаратом ВКЗ или угольными электродами по технологии, аналогичной сварке скрутки алюминиевых жил (см. 2.3.1). Однако при таком соединении медная жила должна быть плотно, виток к витку намотана поверх алюминиевой. В момент сварки место соединения оказывается покрытым слоем расплавленной меди, который защищает расплавленный алюминий от воздействия кислорода воздуха.

Соединение сваркой алюминиевых жил и проводов большого сечения может быть выполнено только в заводских условиях. Промышленность выпускает сварные медно-алюминиевые переходные пластины, а также медно-алюминиевые наконечники, имеющие медную контактную пластину и алюминиевую трубчатую часть.

Соединение пайкой алюминиевых жил с медными может быть выполнено в медных лужёных гильзах.

Алюминиевую жилу подготавливают к пайке способом ступенчатой разделки или со скосом под углом 55° (см. 2.4). Медную жилу готовят так же, как и при пайке медных жил. Конец алюминиевой жилы должен быть облужен сначала припоем

марки А, а затем припоем ПОС, а конец медной жилы и медная соединительная гильза - припоем марки ПОС. При ступенчатой разделке конца алюминиевой жилы пайку соединения производят или непосредственно сплавлением припоя А в форму, или способом полива припоем ЦО - 12. При разделке алюминиевой жилы со скосом 55° применяют только способ полива припоем ЦО – 12, одновременно счищая оксидную плёнку с торца алюминиевой жилы стальным скребком.

Соединение и ответвление пайкой алюминиевых жил в медных гильзах выполняют аналогично соединению алюминиевых жил с медными.

Гильза должна быть облужена припоем марки ПОС. Концы алюминиевых жил должны быть предварительно облужены припоем марки А, а затем припоем ПОС. Пайку выполняют припоем ПОС.

Разборное соединение алюминиевых проводников с медными в условиях повышенной влажности не допускается. В сухих помещениях такое соединение возможно, однако медь должна быть предварительно покрыта слоем другого металла, чаще всего припоем, то есть должна быть залужена, а также должны применяться шайбы увеличенного размера и тарельчатые пружины.

Соединение алюминиевых проводников с медными с помощью люстровых зажимов широко применяется при подключении светильников, заряженных медными проводами, к алюминиевой электропроводке. В этом случае контакт алюминия с медью происходит через переходную стальную или латунную пластину.

Медные провода должны быть залужены.

2.7 Технология электроизоляционных работ

Изолянта хлопковая прорезиненная.

Изолянта ПВХ.

Изолянту накладывают в несколько слоёв, каждые пропитывая покровным лаком.

Кембрик – трубка изоляция локоткани, в последнее время так называют ПВХ – трубку. На ней можно писать цифры и буквы маркировки анилиновыми чернилами, разведенными в дихлорэтаноле (ядовит).

ЛЭТСАР – самоклеящаяся лента.

Киперные особо прочные хлопковые ленты, обмотку изоляция которых пропитывают лаком.

Локоткани, микаленты, плёнки.

Пропитка и заливка компаундами – битумными, эпоксидными.

Сварка и термоусадка пластмасс

При монтаже контрольных и телефонных кабелей осуществляют сварку пластмассовой оболочки кабеля с пластмассовой соединительной муфтой в струе горячего воздуха с помощью присадочного пластмассового прутка. Нагрев воздуха происходит в воздушнонагревательной камере специальной пропан воздушной горелки, температура регулируется вентилятором: для сварки

винилпласта 220...240°C, поливинилхлорида – 160...200°C, полиэтилена – 140...180°C, полистирола - около 160°C.

В начале сварки участки оболочки кабеля, муфты и присадочный пруток (узкую полоску из отходов оболочки кабеля) одновременно разогревают. После размягчения пруток слегка прижимают и формируют поверхность шва с помощью резиновой карточки размерами 80 x 80 x 5 мм. Шов после сварки должен остыть без принудительного охлаждения. Обнаруженные после охлаждения поры и неровности заваривают аналогичным образом.

Разогрев пластмассы пламенем горелки не допускается, так как от высокой температуры происходит необратимый процесс её разложения.

При соединении между собой **полиэтиленовых труб** телефонной канализации, прокладываемой в земле, применяют сварку встык.

Концы труб закрепляют в специальном станке, обеспечивающем центровку и прижатие их торцов. Между торцами вставляют нагретую стальную пластину, толщиной 3...4 мм и выполняют сжатие. Торцы труб расплавляются, их резко разводят, вынимают пластину, снова сжимают и дают остыть. Таким образом, шестиметровые отрезки труб диаметром 100 мм и более сваривают в плеть необходимой длины.

При монтаже кабельных муфт, концевых заделок и в других случаях, когда необходима герметичная изоляция широко применяют изделия из термоусаживаемых пластмасс, в частности из специальным образом обработанного полиэтилена.

В заводских условиях такие изделия (муфты, перчатки, каппы или лента) подвергаются механическому растяжению, и, в таком деформированном состоянии, облучаются с помощью радиоактивного источника. Молекулы, из которых состоит материал изделия при облучении «сшиваются» в пространственную структуру и изделие сохраняет форму после снятия растягивающих усилий. На месте установки, при умеренном нагреве, изделие «вспоминает» свою исходную форму (до растяжения) и уменьшается, плотно охватывая соединяемые детали. Для нагрева изделия применяют горячий воздух или инфракрасные лучи, а также пламя пропановой горелки или бензиновой паяльной лампы.

3 МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

3.1 Воздушные линии электропередачи

3.1.1. Устройство воздушной линии электропередачи

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) представляют собой провода прикреплённые, к опорам через изоляторы. Устройства и габариты ВЛЭП определяются значением напряжения между проводами. Различают линии низкого напряжения - до 1кВ (чаще всего 0,4 кВ), среднего напряжения - 6; 10; 20; 35 кВ, и высокого напряжения - 110; 220 кВ и выше.

Воздушные линии характеризуются промежуточными и анкерными пролётами:

Промежуточный пролёт – расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Длина промежуточных пролётов линий напряжением до 1 кВ составляет 30...50 м, а линий напряжением выше 1 кВ - 100...250 и более метров. Промежуточные опоры устанавливаются на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальном режиме работы не должны воспринимать усилий направленных вдоль и поперёк линии, они только поддерживают провода снизу.

Анкерный пролёт это расстояние по горизонтали, между опорами, на которых провода закреплены жёстко. Анкерные опоры воспринимают усилие тяжения проводов. Расстояние между анкерными опорами для линий до 35 кВ не должно превышать 10 км в районах с толщиной стенки гололёда до 10 мм (территория Беларуси удовлетворяет этим условиям), в районах с толщиной стенки гололёда 15 мм и более допустимые длины анкерного пролёта уменьшаются до 5 км. Для линий выше 35 кВ расстояние между анкерными опорами не нормируется и устанавливается в зависимости от условий трассы.

В ПУЭ определены наименьшие допустимые расстояния по вертикали и горизонтали от проводов ВЛ до поверхности земли, строений и зелёных насаждений, поверхности рек, автомобильных и железных дорог, а также проводов других линий. Для линий напряжением до 1кВ эти расстояния должны быть не меньше:

- по вертикали до земли - 6 м;
- по горизонтали до глухих стен –1 м;
- до балконов, террас, окон - 1,5 м.

Для ВЛЭП напряжением выше 1 кВ эти расстояния значительно больше.

Пересечение линии напряжением до 1 кВ рекомендуется выполнять на перекрёстных опорах, а выше 1 кВ - в пролётах, при этом оговариваются допустимые расстояния между проводами. Пересечение линий напряжением до 1 кВ с линиями выше 1 кВ выполняют только в пролётах, причём провода высокого напряжения должны быть расположены сверху. Пересечение проводов ВЛ напряжением выше 1 кВ с воздушными линиями городской телефонной связи не допустимы, линии связи в пролёте пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями с соблюдением специальных требований, указанных в ПУЭ.

3.1.2. Опоры воздушных ЛЭП

В зависимости от назначения линии, её напряжения, количества проводов и тросов, их расположения, климатических и других условий применяют различные конструкции деревянных, железобетонных или металлических опор.

Простейшей конструкцией **деревянных** опор являются одиночные столбы. Более сложными являются: А-образные, П-образные и А-П-образные. Для изготовления деревянных опор применяют древесину хвойных пород, при напряжении линии 6 кВ и выше брёвна пропитывают антисептиками заводским способом. Такие опоры служат 25...30 лет. Для крепления изоляторов в деревянные опоры ввинчиваются крюки.

Вертикальные расстояния между проводами равны 400 мм, а для IV и особого района по гололёду – 600 мм.

Деревянные опоры применяют совместно с железобетонными приставками. Опоры и приставки скрепляют в двух местах бандажом из мягкой стальной оцинкованной проволоки диаметром 4 мм, число витков – 12; диаметром 5 мм, число витков 10; диаметром 6 мм, число витков 8. Допускается крепление бандажом из неоцинкованной проволоки. Затяжку бандажей выполняют так, чтобы все витки проволоки плотно соприкасались друг с другом и были равномерно натянуты. Концы проволоки загибают и забивают в дерево на глубину 20...25 мм.

Если ВЛ проходит по лесам, сухим болотам и другим местам, где могут быть низовые пожары, то, во избежание загорания деревянных опор, в радиусе 2 м уничтожают траву и кустарник.

Железобетонные опоры получили широкое распространение из-за долговечности (более 50 лет), стойкости к коррозии, простоты эксплуатации, меньшего расхода металла и меньшей стоимости по сравнению с металлическими опорами.

По способу уплотнения бетона при изготовлении различают опоры вибрированные и центрифугированные. Стальная арматура может быть ненапряжённой, частично напряжённой и напряжённой. Предприятие-изготовитель снабжает опоры паспортом, в котором указывает тип опор, марку бетона, вид армирования, дату изготовления и отгрузки. При перевозке и разгрузке опор наблюдают за тем, чтобы они не подвергались ударам, резким толчкам и рывкам. Нельзя разгружать опоры сбрасыванием. Запрещается транспортировать опоры и детали опор по земле волоком. Их развозят по трассе специальными опоровозами, оборудованными приспособлениями для погрузки и выгрузки.

Металлические опоры применяются на ВЛ напряжением 110, 220 и 330 кВ в качестве анкерных и угловых, а на ВЛ напряжением 500 кВ и выше – во всех случаях. Металлические опоры изготавливают на заводах в виде набора отдельных секций с отверстиями для болтовых соединений и собирают на месте установки.

3.1.3. Изоляторы

На ВЛ применяют стеклянные и керамические (фарфоровые) изоляторы, штыревые и подвесные. При напряжениях до 35 кВ включительно применяют штыревые изоляторы, а при больших – подвесные, из которых изготавливают гирлянды. Изоляторы должны отличаться высокой механической и электрической прочностью, а также теплостойкостью, т.к. они подвергаются изменению температуры воздуха.

Перед монтажом изоляторы тщательно осматривают, имеющие трещины, повреждения глазури и другие повреждения бракуют. Очистку изоляторов от грязи, краски, цемента производят с помощью тряпки, смоченной в бензине, и деревянной лопатки (во избежание повреждения глазури металлический инструмент применять нельзя).

Полимерные изоляторы изготавливаются из стеклопластиковой основы с нанесённым на неё покрытием из кремнийорганической резины или фторопласта. Их отличает повышенная электрическая прочность, надёжность и долговечность. Применение полимерных изоляторов весьма перспективно, т. к. при замене стеклянных и фарфоровых изоляторов на полимерные возможен перевод ВЛ на более высокое напряжение. Недостатком некоторых типов полимерных изоляторов является повышенная адгезия – прилипаемость загрязнений.

3.1.4. Провода

На ВЛ до 1 кВ могут применяться одно и многопроволочные провода, на ВЛ выше 1 кВ – как правило многопроволочные провода.

На ВЛ применяются неизолированные провода:

- алюминиевые – А и АКП;
- из алюминиевого сплава – АЖ и АН;
- биметаллические сталеалюминиевые однопроволочные БСА;
- сталеалюминиевые – АС (в районах с загрязнённым воздухом – АСКС, АСКП, АСК);
- стальные – ПС, ПСО, ПМС.

Начато внедрение на ВЛ напряжением до 1 кВ самонесущих изолированных проводов (за рубежом они применяются с 60-х годов). Основным преимуществом применения таких проводов является существенное повышение электробезопасности, эксплуатационной надёжности, снижение реактивного сопротивления, упрощение строительно-монтажных работ, возможность прокладки проводов по стенам зданий и сооружений.

Соединения проводов могут выполняться на опорах или в пролётах. Если провода из разных материалов или разных сечений соединения должны выполняться только на опорах. Места соединений проводов должны иметь электрическую проводимость не менее 100% проводимости провода такой же длины. Механическая прочность соединения, подверженного тяжению, должна быть не менее 90% от предела прочности провода.

Соединение проводов ВЛ напряжением до 1 кВ следует производить прессуемыми соединителями или сваркой, в том числе термитной. Однопроволочные провода разрешается соединять скруткой с последующей пропайкой. Сваривать однопроволочные провода в стык запрещается. Соединение проводов ВЛ напряжением выше 1 кВ выполняется при помощи соединительных зажимов, сварки, а также при помощи зажимов и сварки в совокупности. Соединительные зажимы овальной формы сечения, монтируются обжатием, скручиванием или опрессовкой.

3.1.5. Монтаж воздушной линии электропередачи

Одностоечные деревянные и железобетонные опоры устанавливают в отверстия, просверливаемые в земле бурильно-крановыми машинами. Устанавливают опоры с помощью этих же машин или специальных механизмов – кранов-установщиков опор типа КВЛ. Металлические опоры монтируют на сборные или монолитные фундаменты. Для рытья котлованов под фундаменты используют экскаваторы. Вертикальность опор ЛЭП

напряжением 10 кВ и ниже проверяют отвесом, а 35 кВ и выше – теодолитом.

Штыри и крюки прочно закрепляют на опорах и, для предохранения от ржавчины, покрывают асфальтовым лаком. Изоляторы закрепляют при помощи полиэтиленовых колпачков. Перед насадкой колпачки разогревают в воде температурой 80...90°C, а затем насаживают на штырь или крюк лёгкими ударами деревянного молотка. Внешняя поверхность колпачка имеет форму резьбы, на которую наворачивают изолятор.

Сопrotивление фарфоровых изоляторов ВЛ напряжением выше 1 кВ проверяется мегомметром с измерительным напряжением $U=2500$ В.

Раскатку проводов от одной анкерной опоры до другой производят с помощью специальной тележки. Допускается выполнять раскатку проводов (канатов) по земле с неподвижных раскаточных устройств с обязательным подъёмом на опоры по мере раскатки и принятием мер против повреждения их в результате трения о землю, скальные или другие грунты. При отрицательных температурах проводят мероприятия, исключающие вмерзание провода в грунт. Раскатка и натяжение проводов и канатов непосредственно по стальным траверсам и крюкам не допускается.

При раскатке проводов отмечают места обнаруженных дефектов, в которых необходим ремонт. При повреждении до 17% повива провода ремонт выполняют путём наложения бандажа из такой же алюминиевой проволоки; – до 34% – монтажом ремонтных зажимов. При большем повреждении провод разрезают и выполняют соединение концов. В местах пересечения монтируемой ВЛ с железными, шоссейными дорогами, а также с другими ВЛ, при раскатке проводов устанавливают специальные деревянные рогатки или опоры, с натянутым между ними тросом.

Натяжку проводов ВЛ напряжением до 10 кВ выполняют лебёдкой, при помощи полиспастов или автомашиной, а 35 кВ и выше – тракторами. Стрелу провеса проводов устанавливают визированием. При плохой видимости допускается контролировать натяжку проводов по динамометру.

При закреплении провода в зажиме гирлянды он должен быть защищен прокладками из однородного металла, а при вязке провода к изолятору на нём выполняется подмотка одного слоя вязальной проволоки. Крепление на шейке штыревого изолятора является более надёжным, чем на головке.

3.1.6. Заземление опор воздушной линии электропередачи

Металлические опоры, арматуру и оттяжки железобетонных опор воздушных линий напряжением до 1 кВ с заземлённой нейтралью соединяют перемычками и болтовыми зажимами с нулевым заземлённым проводом, а те же элементы линий с изолированной нейтралью – с заземляющим устройством, смонтированным около опоры или с естественным заземлителем.

Сопrotивление цепи заземления не должно превышать 50 Ом.

Должны быть заземлены:

- Железобетонные и металлические опоры ВЛ 3...35 кВ.
- Железобетонные, металлические и деревянные опоры всех типов и напряжений, на которых выполнен громоотвод или подвешен грозозащитный трос.
- Все виды опор, на которых установлены силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты.

3.2 Кабельные линии электропередачи

В данном параграфе рассматриваются линии передачи электрической энергии по силовым кабелям напряжением до 10 кВ.

3.2.1. Конструкция и разновидности силовых кабелей

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покрытий. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители.

Силовые кабели различают:

- по роду металла токопроводящих жил – кабели с алюминиевыми и медными жилами;
- по роду материалов, которыми изолируются токопроводящие жилы – кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией;
- по роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды – кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке;
- по способу защиты от механических повреждений – бронированные и небронированные;
- по количеству жил – одно-, двух-, трех-, четырех- и пятижильные.

Каждый тип кабеля имеет своё обозначение и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих его конструкцию.

Токопроводящие жилы изготавливают однопроволочными и многопроволочными. Алюминиевые жилы сечением до 35 мм² изготавливают однопроволочными, 50...240 мм² – как одно- так и многопроволочными, 300...800 мм² – многопроволочными. Медные жилы сечением до 16 мм² включительно изготавливают однопроволочными, 25...95 мм² – как одно- так и многопроволочными, 120...800 мм² – многопроволочными.

Силовые кабели имеют основные и нулевые (рабочие и защитные) жилы. Трёхжильные кабели имеют только основные жилы, четырехжильные – три основные и одну нулевую, пятижильные – три основные, нулевую рабочую и нулевую защитную жилы. Основные жилы используются для передачи электрической энергии, а нулевые для прохождения разности токов при неравномерной нагрузке фаз и для защитного зануления.

Изоляция обеспечивает необходимую электрическую прочность токопроводящих жил по отношению друг к другу, а также к заземлённой оболочке или земле. Применяется бумажная,

резиновая и пластмассовая (поливинилхлоридная и полиэтиленовая) изоляция. Изоляция, наложенная на жилу кабеля, называется изоляцией жилы; изоляция, наложенная поверх жил многожильного кабеля, называется поясной.

Бумажная изоляция кабелей пропитывается вязкими пропиточными составами. Недостатком кабелей с вязкими пропиточными составами является крайне ограниченная возможность прокладки их по наклонным трассам, а именно – разность высот между концевыми их заделками не должна превышать 15...25 м для кабелей различных типов. Кабели с вязким пропиточным составом, свободная часть которого удалена, называют кабелями с обеднённо - пропитанной изоляцией. Их прокладывают при разности уровней 100 м и более.

Для прокладки по вертикальным и крутонаклонным трассам без ограничения разности уровней применяют кабели с бумажной изоляцией, пропитанной особым составом на основе церезина или полиизобутилена. Этот состав имеет повышенную вязкость и не стекает вниз при нагреве.

Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией можно прокладывать по любым трассам. Резиновую изоляцию выполняют из сплошного слоя резины или из резиновых лент с последующей вулканизацией, пластмассовую – из поливинилхлоридного пластика или композиций полиэтилена. Все большее применение находят кабели с изоляцией из самозатухающего (не поддерживающего горения) и вулканизированного полиэтилена.

Экраны применяют для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей, создаваемых токами, протекающими по кабелю, а также для обеспечения симметрии электрического тока вокруг жил кабеля. Экраны выполняют из полупроводящей бумаги либо алюминиевой или медной фольги.

Заполнители необходимы для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля, а также для повышения его механической устойчивости. В качестве заполнителей применяют жгуты из бумажных лент или кабельной пряжи и нити из пластмассы или резины.

Оболочки. Алюминиевая, свинцовая, стальная гофрированная, пластмассовая или резиновая негорючая (наиритовая) оболочка кабеля предохраняет внутренние элементы кабеля от разрушения влагой, кислотами, газами и т. д. В некоторых случаях алюминиевую оболочку допускается использовать в качестве четвертой (нулевой) жилы. Силовые кабели в свинцовой оболочке применяются в особых случаях (для подводных линий и в шахтах).

Защитные покровы предохраняют оболочки кабелей от внешних воздействий (коррозии, механических повреждений). К ним относятся подушка, бронепокров и наружный покров. В зависимости от конструкции кабеля применяют один, два или три защитных покрова. Подушка защищает оболочку от повреждения лентами или проволоками брони и выполняется из слоев поливинилхлоридных и других лент, а также крепированной бумаги и кабельной пряжи, пропитанной битумом.

Броня из стальных лент или проволок служит для защиты оболочки кабеля от механических повреждений. Проволочная броня воспринимает растягивающие усилия, которые возникают при прокладке кабеля по вертикальным, крутонаклонным трассам или по болотам. Для предохранения брони от коррозии ее покрывают наружным покровом, выполненным из слоя кабельной или стеклянной пряжи, пропитанной битумным составом, а в некоторых случаях поверх слоев пряжи и битума накладывают выпрессованный поливинилхлоридный или полиэтиленовый шланг.

3.2.2. Концевые заделки и соединительные кабельные муфты

Для оконцевания силовых кабелей применяют специальные концевые заделки: – наружной установки (тип КН), мачтовые (тип КМ) и внутренней установки (тип КВ). Для соединения кабелей между собой применяют кабельные муфты. Различают: соединительные муфты (тип С); ответвительные (тип О); стопорные (тип Ст); стопорно - переходные (тип СтП). По материалу муфты подразделяют на эпоксидные, чугунные, свинцовые, алюминиевые, из самосклеивающихся резиновых лент и термоусаживаемые пластмассовые.

Переходная муфта – это специальная муфта для соединения кабеля с бумажной изоляцией и кабеля с пластмассовой изоляцией.

Стопорная муфта – это специальная соединительная муфта, предотвращающая стекание кабельной пропитки при прокладке кабелей по наклонным трассам.

Соединительные муфты всех конструкций, располагаемые в кабельных сооружениях, помещают в стальной противопожарный кожух в целях предотвращения распространения пожара в случае возникновения дуги при коротком замыкании в муфте. Кожух представляет собой цельную или разъемную трубу, изнутри обложенную асбестом толщиной 8...10 мм. Торцы трубы закрывают крышками из асбеста толщиной 20 мм. Расположенные в земле свинцовые муфты и муфты из самосклеивающихся лент защищаются от механических повреждений кожухами негерметичного исполнения из стеклопластика или чугуна. Такие

кожухи состоят из двух половинок, соединённых между собой болтами. Муфты, расположенные в земле в зоне промерзания почвы, а также ниже уровня грунтовых вод, помещают в чугунные кожухи герметичного исполнения с последующей заливкой кабельной массой.

Разделка концов кабеля. Правильная разделка концов кабеля, чистота и аккуратность при их разделке, соединении или оконцевании в значительной мере обеспечивают безаварийную эксплуатацию кабельных линий. Разделку делают ступенчатой, т. е. на определенной длине кабеля последовательно один за другим удаляют слой конструкции кабеля, пока не обнажатся токопроводящие жилы. Длина разделки конца кабеля обуславливается конструкцией муфты или заделки, напряжением кабеля и сечением его жил. При разделке обрезают конец кабеля, находящийся под герметизирующим колпачком. При монтаже кабелей напряжением свыше 1 кВ обрезают также ту его часть, которая выведена через щеку барабана наружу (в этой части кабеля возможно повреждение изоляции).

Перед монтажом муфт и заделок выполняют проверку бумажной изоляции кабеля на влажность (увлажнение изоляции приводит к снижению электрической прочности и пробоем). Проверку выполняют путем погружения бумажных лент в нагретый до 150°С парафин. Признаками влаги являются характерное потрескивание и выделение пены. Участки увлажненной изоляции длиной 250...300 мм отрезают до тех пор, пока не будет получен положительный результат проверки. При распространении влаги на большую длину кабель выбраковывают.

3.2.3. Транспортировка кабеля

Барабаны с кабелем доставляют к месту прокладки перекаткой или перевозкой. Перекатка поврежденных барабанов может привести к порче кабеля, поэтому предварительно следует провести их наружный осмотр. При осмотре обращают внимание на целостность обшивки барабанов и наличие коробки, защищающей конец кабеля, выведенный на щеку барабана. Барабаны с расшатанными корпусами скрепляют планками. Перекатывать барабаны можно только по направлению, указанному на щеке барабана стрелкой. Барабаны со снятой обшивкой разрешается перекатывать только в том случае, если края щек барабана возвышаются над витками кабеля не менее чем на 100 мм. Внутренний конец кабеля в этом случае надежно прикрепляют проволокой или веревкой к гвоздю, вбитому в щеку барабана. При

мягком грунте барабаны перекатывают по настилу из досок. Не рекомендуется класть кабели с барабанами плашмя (на щеку).

Перевозимые барабаны прочно расклинивают и закрепляют на транспортных средствах тросом или проволокой. Запрещается при перевозке расположение барабана на щеке (плашмя). Категорически запрещается сбрасывать барабаны на землю. Маломерные куски кабелей, смотанные в бухты, перевозятся плашмя, при вертикальной установке бухты возможны повреждения кабеля.

3.2.4. Прокладка кабелей внутри зданий

При прокладке кабелей должны соблюдаться требования СНиПа [3] «Электротехнические устройства», ПУЭ [2] и ГОСТов. В этих документах оговариваются: допустимые радиусы изгиба кабелей; допустимая разность уровней между высшей и низшей точками кабелей с бумажной пропитанной изоляцией; допустимые усилия тяжения.

Кабели следует прокладывать с запасом по длине 1...2 %. На сплошных поверхностях запас достигается путем укладки кабеля «змейкой». При укладке по кронштейнам запас кабеля получается в виде провеса. Укладывать запас кабеля в виде колец - витков не допускается.

Кабели должны быть жестко закреплены, в местах крепления небронированных кабелей должны быть проложены прокладки из эластичного материала (листовая резина, полихлорвинил и т. д.). В местах, где возможны повреждения (передвижение автотранспорта, грузов и механизмов), кабели должны быть защищены до безопасной высоты, но не менее 2 м от уровня земли или пола вверх и 30 см вниз.

Проходы кабелей через несгораемые стены, перегородки и перекрытия должны быть выполнены в отрезках асбестовых или пластмассовых труб, а через сгораемые - в отрезках стальных труб.

3.2.5. Прокладка кабелей в земле

Кабели укладывают на глубине 70 см. При пересечении улиц, площадей, шоссе и железнодородных путей глубина укладки увеличивается до 1 м. Уменьшение глубины укладки кабеля до 50 см допускается при вводе в здание, а также при пересечении подземных сооружений. На этих участках для защиты от механических повреждений поверх кабеля укладывают кирпичи, или бетонные плиты. Прокладка кабеля по пахотным землям производится на глубине не менее 1 м, при этом земля над трассой используется под посева.

Рытье траншей в местах, где отсутствуют покрытия, а также, свободных от деревьев и различного рода подземных сооружений, выполняют траншейными роторными экскаваторами. При пересечении автомобильных и железных дорог выполняются прокол способами горизонтального бурения или продавливания. Ширина траншеи для прокладки одного кабеля должна быть не менее 15 см, двух кабелей – 30 см, трех кабелей – 40 см, четырех кабелей – 50 см, пяти кабелей – 63 см, шести кабелей – 80 см. Несоблюдение расстояний между кабелями вызывает во время эксплуатации их взаимный подогрев и может служить причиной выхода кабеля из строя.

Расположение кабелей в траншее. Кабели укладывают на дно траншеи, очищенное от камней и неровностей, куда насыпают слой мелкой земли или песка толщиной 10 см. Запас достигается путем укладки кабеля «змейкой», укладывать запас кабеля в виде колец-витков не допускается. При прокладке в траншее нескольких кабелей их концы, предназначенные для последующего монтажа соединительных и стопорных муфт, следует располагать со сдвигом мест соединения не менее чем на 2 м. При этом оставляют запас кабеля длиной, необходимой для проверки изоляции на влажность и монтажа муфты (не менее 35 см). Проложенный в траншее кабель присыпают первым слоем земли, должна быть уложена механическая защита или сигнальная лента, после чего представители электромонтажной и строительной организации совместно с представителями заказчика должен быть производят осмотр трассы с составлением акта на скрытые работы. Траншея может быть окончательно засыпана и утрамбована после монтажа соединительных муфт и испытания линии повышенным напряжением. Не допускается засыпка траншеи комьями мерзлой земли, грунтом, содержащим камни, куски металла и т. п.

На загородных участках одиночные кабели прокладывают при помощи специальной машины – кабелеукладчика, который ножом-клином разрезает и раздвигает грунт и в образовавшуюся щель укладывает кабель. Этот способ прокладки обеспечивает снижение трудоемкости в 2...8 раз по сравнению с прокладкой в траншею. При этом сохраняются земельные угодья и повышается надежность эксплуатации кабельной линии. Кабелеукладочная техника обеспечивает возможность прокладки кабелей во всех категориях грунтов, прохода болот, оврагов и некоторых водных преград – мелких рек и ручьев.

3.2.6. Прокладка кабеля при низких температурах

Обычно прокладку кабеля выполняют при положительной температуре окружающего воздуха. Без предварительного прогрева допускается прокладка кабеля только в том случае, если температура в течение 24 часов до начала прокладки не была ниже определенного предела, регламентированного СНиПом [3] «Электротехнические устройства» для каждого типа кабеля. Кратковременные ночные заморозки в расчет не принимаются. При температуре ниже допустимой кабель должен перед прокладкой прогреваться и укладываться в сжатые сроки, которые также регламентированы. При невозможности укладки кабеля в указанный срок в процессе прокладки обеспечивают постоянный подогрев кабеля. Немедленно после прокладки кабель должен быть засыпан слоем разрыхленного грунта. Окончательно засыпать траншею и уплотнять грунт следует после охлаждения кабеля. При температуре ниже -40°C прокладка кабелей всех марок не допускается.

Прогрев кабеля выполняют следующими способами: трехфазным, постоянным или однофазным током (при этом обеспечивается теплоизоляция слоем войлочно-брезентового капота) внутри обогреваемых помещений с температурой до $+40^{\circ}\text{C}$, в тепляке или палатке с паровым отоплением, печами, грелками инфракрасного излучения или с обогревом тепловоздухогрейкой при температуре до $+40^{\circ}\text{C}$.

При прогревании током в качестве источников применяют специальные понижающие трансформаторы мощностью 15...25 кВА а также сварочные трансформаторы, выпрямители и генераторы. При подогреве трехфазным током соединяют накоротко все жилы внутреннего конца кабеля, а при однофазном или постоянном токе, кроме того, – две жилы на его наружном конце. Жилы соединяют опрессовкой, место соединения покрывают изоляционной лентой, а конец кабеля герметически заделывают.

При прокладке следят, чтобы кабель не подвергался изгибу с радиусом, меньшим допустимого, и укладывался в траншею «змейкой».

3.3 Трансформаторы и трансформаторные подстанции

Силовые трансформаторы служат для повышения и понижения напряжения переменного тока. Они бывают однофазными и трехфазными, двухобмоточными и трехобмоточными. Двухобмоточные трансформаторы имеют обмотку высокого напряжения (ВН) и низкого напряжения (НН). У трехобмоточных добавлена обмотка среднего напряжения (СН). В зависимости от применяемой системы охлаждения трансформаторы бывают: масляные (ТМ), с негорючим заполнением (ТН) и сухие с воздушным охлаждением (ТС). В дальнейшем речь будет идти в основном о распределительных трехфазных двухобмоточных трансформаторах с напряжением первичных обмоток 6 или 10 кВ, а вторичных - 0.4 кВ.

Вторичные обмотки трансформаторов соединены в звезду Y – с выводом нейтральной точки, а первичные в звезду либо в треугольник. В первом случае группа соединения обмоток обозначается $Y/Y-0$, во втором - $\Delta/Y-11$. Трансформаторы имеют переключатель ступеней первичной обмотки, обеспечивающий регулирования вторичного напряжения $\pm (2 \times 2,5 \%)$.

Трансформаторы с масляным и негорючим жидким диэлектриком размещают в баке овальной либо прямоугольной формы. Привод переключателя напряжения вынесен на крышку либо на стенку бака, переключение производится при обесточенном трансформаторе. Для обеспечения возможности температурных изменений объема масла и негорючего жидкого диэлектрика под крышкой бака оставляют газовую (азотную) подушку. Для контроля уровня заполнения бака предусмотрен указатель, а для контроля давления газа – реле.

Освоено производство новой серии масляных трансформаторов типов ТГМ и ТМВГ, отличительной особенностью которых является полностью герметизированная конструкция бака, исключая контакт заполнителя с окружающей средой. Эти трансформаторы полностью, до крышки заполнены маслом, а температурные колебания его объема компенсируются гофрированными стенками бака.

Перспективными являются сухие трансформаторы с литой эпоксидной изоляцией, а также трансформаторы с витым пространственным магнитопроводом.

Чаще всего трансформаторы используются в составе комплектной трансформаторной подстанции (КТП). Применение КТП обеспечивает индустриализацию электромонтажных работ, сокращает сроки сооружения установок и повышает надёжность их

работы. КТП могут быть одно-, двух и трёхтрансформаторными. Конструкция всех КТП обеспечивает возможность замены трансформатора без демонтажа распределительных устройств. Комплектная трансформаторная подстанция изготавливается в полностью собранном виде либо отдельными составными частями (трансформаторными блоками) длиной не более 4 метров, подготовленными для сборки на месте монтажа без ревизии. В комплект КТП кроме трансформаторов входят: разъединители, предохранители, выключатели нагрузки, автоматические выключатели на отходящих линиях, измерительные приборы и др.

Выпускают КТП внутренней и наружной установки. В последнее время всё шире применяют унифицированные КТП блочного исполнения. Применение таких подстанций обеспечивает уменьшение: - трудозатрат в 3,2 раза; - расхода строительных материалов в 2...3 раза; - площади застройки в 1,4 раза; - продолжительности строительства в 3 раза по сравнению с подстанциями, выполненными по традиционным проектам. Такая эффективность получена за счет максимального переноса строительных и монтажно-наладочных работ со строительной площадки на завод – изготовитель и применения новых технических решений. Работы по сооружению блочных КТП фактически сводятся к установке отдельных блоков заводского изготовления на фундаментах поверхностного типа и соединению их между собой шинами и кабелями.

Эффективным направлением индустриализации сооружения подстанций является также замена традиционных зданий транспортабельными блочными устройствами. Такое устройство представляет собой бокс со смонтированным электрическим или вспомогательным оборудованием, оснащенный системами вентиляции, электроотопления и освещения. Стены, пол и потолок бокса представляют собой трёхслойные металлические панели с теплоизоляционным слоем из пенополиуретана.

Кроме силовых трансформаторов широко используются измерительные трансформаторы тока и напряжения. Измерительные трансформаторы напряжения представляют собой обычные понижающие одно- или трехфазные трансформаторы малой мощности в сухом (залитом эпоксидной смолой) или маслонаполненном исполнении. Первичное напряжение 0,38; 0,66; 3; 6; 10 кВ и выше; вторичное – 100 В. У трансформатора тока первичная обмотка включается последовательно в цепь измеряемого тока и имеет малое число витков провода большого сечения. Трансформаторы тока бывают катушечные, проходные, шинные и др. Чаще всего первичная обмотка трансформатора тока

представляет собой одиночную шину, проходящую через центр магнитопровода, на котором находится вторичная обмотка содержащее большое число витков тонкого провода.

Вторичные обмотки измерительных трансформаторов подключаются к приборам, измеряющим напряжение, ток, мощность, сдвиг по фазе, счётчикам электроэнергии, а также к аппаратам защиты. Вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока, не подключенные к приборам, должны быть закорочены во избежание появления на них высокого напряжения.

3.4 Распределительные устройства

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства, а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы. Конструктивное исполнение РУ может быть открытое (в котором токоведущие части доступны), защищенное с одной стороны и защищенное со всех сторон. В защищенном РУ токоведущие части закрыты оболочкой таким образом, что при закрытых дверях, крышках и других защищающих устройствах исключается возможность касания токоведущих частей (степень защиты не менее IP20).

Как и все электроустановки, РУ подразделяются на установки напряжением до 1кВ и выше 1кВ. Мы ознакомимся с РУ напряжением до 1кВ. Различают понятия распределительный щит, расположенный в отдельном специальном помещении, и распределительные пункты, располагающиеся непосредственно в производственных и вспомогательных помещениях, а также в административных и жилых зданиях. Распределительные щиты собираются из нескольких панелей и, как правило, имеют исполнение, защищенное с одной стороны. Однако могут быть и открытые щиты, в которых электрическое оборудование установлено на каркасе, а также закрытые щиты, состоящие из нескольких шкафов.

Распределительные пункты бывают в виде шкафов, щитков, ящиков:

- Шкафом называют защищенное распределительное устройство, устанавливаемое на полу.
- Щитком называют защищенное распределительное устройство, устанавливаемое в нишах; спереди щиток имеет обрамление, обеспечивающее полное закрытие ниши.
- Ящик - защищенное распределительное устройство, закрепляемое на вертикальной плоскости (на стене).

Согласно СНиПу [3] “Электротехнические устройства” щиты, шкафы и прочие распределительные устройства должны поставляться предприятиями - изготовителями полностью смонтированными, прошедшими ревизию, регулировку и испытания. Монтаж таких РУ сводится лишь к установке в предусмотренное проектом положение и подсоединению их к электрическим сетям.

Распределительные щиты. В производственных, административных и общественных зданиях есть специальное

помещение - щитовая, куда подходит кабель с трансформаторной подстанции. Распределительный щит собирается из отдельных панелей. Наиболее распространенный щит серии ЩО-70 имеет 9 типов панелей: линейная; вводная; секционная; вводно-секционная; вводно-линейная; с аппаратурой АВР (автоматическое включение резерва); с приводами и распределителями; диспетчерского управления уличным освещением; торцевая.

Панели обеспечивают возможность как кабельного, так и шинного ввода. Степень защиты спереди IP21, сверху и сзади IP00. Панели имеют высоту 2200 мм, глубину 600 мм, ширину 1000; 800; 300 и торцевые 60 мм.

Более современная серия ПАР-11 состоит из 25 распределительных панелей с 25 различными схемами.

Распределительный щит располагается в помещении согласно проекту. Во время строительных работ выполняют разметку и закрепляют на полу основную раму – цоколь. На стенах крепят скобы и кронштейны для аппаратуры и изоляторов, а также выполняют прокладку заземляющих магистралей. После того, как строительная организация закончит отделку помещения, выполняют монтаж щита. Отдельные панели и блоки, собранные и отрегулированные в мастерских, устанавливают на раму, выверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях и крепят болтами или сваркой. В соответствии с маркировкой и рабочими чертежами выполняют электрические соединения. Измерительные приборы доставляют в ящиках отдельно от панелей и устанавливают в последнюю очередь.

Распределительные пункты. Для распределения энергии в цехах промышленных предприятий применяют распределительные пункты различных серий в виде щитков, ящиков и шкафов. Например пункты серии ПР-11 имеют следующие исполнения: утопленное (для установки в нише), навесное - для установки на стенах и колоннах, напольное. Степень защиты IP21, а навесного и напольного, кроме того, IP54 (от пыли и брызг).

- Ширина пунктов 650 мм (утопленных - 750 мм).
- Глубина – 200...250 мм.
- Высота - от 400 мм (для навесного), 800, 1200, 1500 мм (для напольного).

Ввод и вывод питающих и отходящих линий возможен как проводами в трубах, так и кабелем с резиновой, пластмассовой и бумажной изоляцией. В зависимости от схем устанавливается от 3 до 30 однополюсных и от 1 до 12 трехполюсных автоматических выключателя.

Расположение распределительного пункта в помещении и способ его установки и крепления определяют в соответствии с рабочим чертежом. Закладные крепежные элементы необходимо установить заранее, в период строительных работ. При установке пункта его выверяют по уровню, по отвесу и закрепляют. После этого подсоединяют внешние провода, кабели и заземляющие проводники.

Вводно-распределительные устройства (ВРУ) предназначены для приема и распределения энергии в административных зданиях и жилых домах повышенной этажности. В серию ВРУ входят 3 вводных и 9 распределительных панелей шкафного типа, габариты каждой 1700×800×500 мм. Ввод проводов и кабелей осуществляется снизу, вывод как снизу, так и сверху через съемную крышку. В фундаменте, на котором устанавливаются ВРУ, должны быть выполнены кабельные каналы или приямки.

Вводные шкафы предназначены для жилых и общественных зданий. Шкаф ШВ-1 разделен вертикальной перегородкой на два самостоятельных запираемых отсека: в одном размещены вводный рубильник, предохранители и трансформаторы тока, в другом - пять трехфазных групп предохранителей, девять однофазных групп автоматов и счетчик учета электроэнергии. Шкафы ШВ-2...ШВ-5 имеют дополнительный отсек для счетчика и аппаратуры автоматического управления освещением лестничных клеток и наружным освещением.

Осветительные, квартирные и этажные и щитки. При монтаже освещения производственных и вспомогательных помещений, а также административных и общественных зданий применяются групповые осветительные щитки, укомплектованные одно- и трехполюсными автоматами на ток до 50 А. Осветительный щиток представляет собой металлический корпус, внутри которого на съемном шасси смонтирована аппаратура. Рукоятки автоматов выведены на фасад щитка. На боковой стенке находится болт заземления. Спереди щитки имеют обрамление, закрывающее нишу.

Для жилых зданий выпускают квартирные щитки (серии ЩК) и этажные (серии ЩЭ) устанавливаемые на лестничных площадках. В них установлены счетчики электроэнергии и автоматические выключатели либо плавкие предохранители для защиты электропроводки от перегрузок и коротких замыканий. Некоторые модификации щитков имеют отделения для слаботочных цепей радио, телефона и телевизионной антенны.

Аппаратура распределительных устройств

Различают РУ ручного и дистанционного управления. К аппаратам ручного управления относят рубильники, переключатели, пакетные выключатели, пусковые ящики (рубильник, предохранители), барабанные выключатели, контроллеры и автоматические выключатели. К аппаратам дистанционного управления относят контакторы, магнитные пускатели и другие коммутационные устройства.

3.5 Токопроводы и шинопроводы

Токопроводом называется устройство предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, а также поддерживающих и опорных конструкций.

Токопроводы применяют для питания крупных потребителей. Преимущества токопроводов по сравнению с кабельными линиями это: замена дефицитных кабелей алюминиевыми шинами; повышение надёжности и улучшение условий эксплуатации; облегчение условий наблюдения и устранения неисправностей; большая перегрузочная способность и снижение стоимости. Токопроводы могут быть открытыми и защищенными и, как все электроустановки, подразделяются на устройства напряжением до и выше 1кВ.

Шинопроводом называют жесткий токопровод на напряжение до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями. Шинопроводы применяют в основном для внутрицехового распределения электроэнергии. По назначению различают шинопроводы магистральные, распределительные, осветительные, троллейные и модульные (подпольные).

Открытые шинопроводы прокладывают вдоль пролетов цехов на высоте не менее 3,5 метров. Проход открытых шинопроводов через перекрытия, стены и перегородки выполняют в проемах или изоляционных плитах. В местах, опасных по условиям возможности прикосновения, открытые шинопроводы закрывают металлическими сетками или коробами. Ответвления от магистралей к распределительным, силовым и осветительным пунктам, а также к отдельным крупным электроприемникам выполняют электродуговой сваркой. При этом на шинах магистралей приваривают контактные планки, к которым в дальнейшем присоединяют провода ответвлений. Сварку выполняют в струе инертного газа аргона полуавтоматом или неплавящимся вольфрамовым электродом с присадкой.

Троллейные линии, применяющиеся для питания кранов, электроталей, тельферов и других подвижных электроприемников и подъёмно – транспортных механизмов, а также электрофицированного инструмента тоже являются шинопроводами. Электроприёмники подсоединяются к каретке, движущейся вдоль питающих троллеев, через коробку зажимов, ящик с автоматическим выключателем или штепсельный разъём.

В настоящее время открытые шинопроводы почти полностью уступили место закрытым шинопроводам заводского исполнения типа ШМА (магистральным), ШРА, ШРМ (алюминиевым и медным распределительным) и ШОС (осветительным) с классом защиты от IP21 до IP54 (для пыльных помещений и пожароопасных зон). Открытые троллеи также постепенно заменяются защищенными троллейными шинопроводами типа ШТА и ШТМ, имеющими класс защиты IP21.

Современные варианты шинопроводов содержат прямые секции длиной 0,5; 0,75; 1,5; 3 и 4,5 метров, а так же угловые, тройниковые, ответвительные,

присоединительные, подгоночные, гибкие секции (для обхода препятствий) и фазировочные (для изменения порядка чередования фаз). Для соединения между собой смежных секций в защитных коробах предусмотрены монтажные окна. Подключение электроприёмников происходит через штепсельные окна. Из набора секций комплектуется шинопровод для трассы любой сложности. Закрытое исполнение позволяет размещать шинопроводы на высоте 0,5...1 м, что уменьшает длину ответвлений к станкам. Смежные секций магистральных и распределительных шинопроводов соединяют болтовым сжимами, а лучше – электродуговой сваркой. Болтовые сжимы поставляются из расчета 30% всех соединений. Секции осветительных шинопроводов соединяются штепсельным стыком с дополнительным креплением двумя винтами.

Секции троллейных шинопроводов только прямые. Их соединяют муфтами, обеспечивающими продвижение каретки и контакт между шинами. Троллейные шинопроводы закрыты коробом, имеющим снизу сплошную продольную щель. Внутри короба укреплены на изоляторах четыре медных или алюминиевых троллея. Каретка с медно – графитовыми токосъёмниками катится по внутренним нижним краям короба, соединяя подвижный электроприёмник с неподвижными троллеями.

Модульные шинопроводы прокладывают под полом в трубах. Электроприемники присоединяются к ним с помощью выводных колонок, устанавливаемых между рядами станков. Модульные шинопроводы не загромождают цех и обеспечивают свободу действий для кранового оборудования, однако трасса их не может быть изменена.

Монтаж открытых токопроводов начинается с изготовления в мастерских заготовок длиной 50...300 метров.

Отрезки шин сваривают между собой в плети, которые сворачивают в рулоны. Одновременно комплектуют и устанавливают в цеху концевые и промежуточные крепёжные конструкции, подбирают изоляционные вставки, шинные распорки и натяжные устройства. Рулоны шин доставляют в цех, по одной разматывают шины с помощью лебёдки, укладывают в шинодержатель и выполняют предварительную натяжку. Аналогично раскатывают и крепят остальные шины, после чего устанавливают шинные распорки и окончательно натягивают шины с помощью натяжных винтов конечных шинодержателей.

Открытые крановые троллеи обычно монтируют шестиметровыми блоками, собираемыми в мастерской.

Троллейные блоки с отрихованными троллеями, изоляторами, крепёжными деталями и шинами подпитки доставляют к месту монтажа и раскладывают вдоль трассы. Затем их по очереди поднимают, крепят к подкрановым балкам и стыкуют со смежными секциями. Для подъёма используют подъёмный кран или электролебёдку. Кронштейны крепят к металлическим балкам электродуговой сваркой, а к железобетонным – с помощью шпилек. После окончательной выверки сваривают троллеи смежных блоков, приваривают температурные компенсаторы и присоединяют питающие линии.

Закрытые и защищённые шинопроводы монтируют укрупнёнными блоками.

В мастерской секции шинопроводов тщательно осматривают, удаляют консервирующую смазку и, в соответствии с разбивкой трассы, сваривают в блоки длиной до 12 метров. Перевозку блоков к месту установки осуществляют автомашиной с прицепом или специальным трейлером. Монтаж шинопровода заключается в подъёме укрупнённых блоков, закреплении и соединении их между собой. Для подъёма блоков на опорные конструкции применяют мостовой кран или

электролебёдку и специальную траверсу. Концы блока удерживают от разворота с помощью веревок. При креплении блоков, соединении стыков и других монтажных работ используют автогидроподъёмники, автовышки, самоходные подмости или мостовой кран. Крепление секций на горизонтальных участках трассы выполняют прижимами, обеспечивающими возможность продольного смещения при изменении температуры. На вертикальных участках шинопровод закрепляется болтами через отверстия, просверленные в опорном уголке. Соединение смежных блоков магистральных и распределительных шинопроводов выполняют болтовыми сжимами и электродуговой сваркой, осветительных – штепсельными разъёмами, а троллейных - соединительными муфтами.

Металлические короба шинопроводов образуют единую заземляющую цепь.

Интересен способ монтажа магистральных шинопроводов длинномерными плетями. При этом крупнённые 12- метровые блоки раскладываются на козлах или временных кронштейнах на высоте около 1 метра и соединяются в плеть необходимой длины. После этого плеть поднимается на необходимую высоту одной лебёдкой с помощью тросовой системы подъёма. Этот способ позволяет качество монтажа и вдвое сократить его продолжительность, улучшить условия труда, исключить использование кранов и других подъёмных механизмов.

После окончания монтажа шинопровода перед включением его под напряжение проверяют наличие крышек на монтажных и незанятых штепсельных окнах, а также торцевых крышек на концах, надёжность всех контактов в цепи заземления корпуса шинопровода и корпусов всех электроприёмников.

4 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимся к ним креплением, а также поддерживающими и защитными конструкциями и деталями. Это определение распространяется на электропроводки осветительных, силовых и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполненные внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях предприятий, учреждений, микрорайонов, дворов, приусадебных участков, а также на строительных площадках.

Электропроводки могут быть выполнены с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией, в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 кв. мм (при большем сечении это кабельные линии).

Проходы проводов и кабелей через несгораемые стены и междуэтажные перекрытия должны быть выполнены в отрезках труб или в коробах, или в проёмах, а через сгораемые - в отрезках стальных труб. Зазоры между проводами, кабелями и трубой в местах прохода через стены с обеих сторон следует заделывать легко удаляемой массой из несгораемого материала.

Отверстия в стенах выполняют с помощью пиротехнического, электро - и пневмоинструмента, применяя при этом свёрла и коронки с пластинами из твердых сплавов. Для пробивки отверстий в перекрытиях применяют специальные приспособления: ударные пиротехнические колонки и электродрель, укрепленную на стойке с винтовым домкратом;

4.1 Провода и кабели, применяемые в электропроводках

Для электропроводки применяют в основном провода и кабели с алюминиевыми жилами. Провода и кабели с медными жилами рекомендуется прокладывать только в случаях, когда необходимо обеспечить гибкое соединение либо взрыво - и пожаробезопасность. В последнее время все шире применяют осветительные провода и контрольные кабели с токопроводящими жилами из биметалла алюминий – медь (алюмомедь).

Существуют "Инструктивные указания по проектированию электротехнических установок", которые детально оговаривают, в каких условиях, какие провода и кабели и каким способом следует прокладывать.

Провода и кабели изготавливаются одножильными и многожильными (у которых в одной оболочке имеется несколько проводящих жил, изолированных одна от другой). Жилы могут быть однопроводочными (сплошными), многопроводочными или комбинированными. Поперечное сечение, токопроводящих жил, измеряется в квадратных миллиметрах.

Жилы проводов и кабелей изготавливаются стандартных сечений (ГОСТ 22483-77), а именно: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 185; 240; 300; 625; 800; 1000; 1200; 2000 мм². Для каждой марки (типа) проводов устанавливается определённый диапазон сечений. Сечения 0,35; 0,5; 0,75 мм² применяются только для медных жил.

Защищённые провода имеют поверх электрической изоляции, металлическую или другую оболочку, предназначенную для герметизации и защиты от внешних воздействий находящихся внутри неё частей провода.

Незащищённые провода не имеют такой оболочки, но могут иметь оплетку пряжей, которая не рассматривается как защита провода от механических повреждений. Допустимый радиус изгиба проводов с резиновой изоляцией не менее 6d, с пластмассовой изоляцией - 10d, а с гибкой медной жилой - 5d, где d - наружный диаметр провода.

Расшифровка некоторых букв в обозначении проводов.

А - алюминиевый провод, если А отсутствует, то провод медный.

П - провод или плоский или полиэтилен.

В - полихлорвиниловая изоляция,

С - сплошное расположение жил (без разделительного основания)

Р - резиновая изоляция,

Д - двухжильный,

Т - с несущим тросом,

Н - изоляция из наирита - негорючей резины.

Например: АППВ, ППВС.

Наряду с проводами для силовых электропроводок широко используются небронированные кабели, представляющие собой одну или несколько скрученных вместе изолированных жил, заключённых в общую резиновую, пластмассовую или металлическую оболочку.

4.2 Скрытые электропроводки

Скрытой называется электропроводка, проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений - в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками, поверх перекрытий в подготовке пола, непосредственно под полом и т. п. Провода могут быть проложены под слоем штукатурки, в бороздах вырезанных в гипсовых перегородках, в пустотах и каналах стен, перегородок и перекрытий, а также могут быть выполнены в пластмассовых трубах, замоноличенных внутри

элементов строительных конструкций при их изготовлении на заводах железобетонных изделий и домостроительных комбинатах.

Скрытые электропроводки **под слоем штукатурки** выполняются плоскими проводами АПВ или АППВС, проложенными параллельно архитектурно-строительным линиям.

Разметку трасс электропроводки, мест установки ответвительных коробок, выключателей, штепсельных розеток и крюков для подвески светильников, а также прокладку проводов производят после окончания основных строительных работ, но до выполнения штукатурных работ и укладки чистого пола. Горизонтальную прокладку проводов по стенам обычно выполняют на расстоянии 100...50 мм от потолка или 50...100 мм от балки или карниза. Провода также могут быть уложены в щели между перегородкой и перекрытием или балкой. Спуски и подъёмы к выключателям, штепсельным розеткам и светильникам выполняют вертикально. Горизонтальные штепсельные линии прокладывают по линиям высоты установки штепсельных розеток (800 или 300 мм). Для выхода проводов в пустоты плит перекрытия или в трубы, укладываемые поверх перекрытия, а также для выхода проводов к светильнику и для его подвески, в плитах пробивают или просверливают отверстия.

Для соединения и ответвления проводов применяют пластмассовые или круглые металлические ответвительные коробки с крышками. Выключатели и штепсельные розетки устанавливают в круглых металлических коробках. Коробку укрепляют на стене на алебастровом и цементном растворе, а также дюбелями и гвоздями так, чтобы её верхняя кромка располагалась заподлицо с поверхностью штукатурки.

Крепление плоских проводов при скрытой прокладке должно обеспечивать их плотное прилегание к строительным основаниям. Расстояние между точками крепления должно составлять: при прокладке на горизонтальных и вертикальных участках заштукатуриваемых пучков проводов не более 0,5 м, одиночных проводов – 0,9 м, а при покрытии проводов сухой штукатуркой – до 1,2 м.

Провода укладывают на поверхность стены, подготовленной под штукатурку, и сначала закрепляют (примораживают) раствором у коробок, а затем по длине трассы – в нескольких местах, чтобы не было провисания и неплотного прилегания к поверхности основания. Крепление проводов гвоздями не допускается. При прокладке проводов по деревянным основаниям по всей длине трассы производят предварительную укладку листового асбеста или слоя намета. Листовой асбест толщиной не меньше 3 мм нарезают полосками такой ширины, чтобы он выступал за край проводов с каждой стороны не меньше чем на 10 мм.

В тонкостенных перегородках из гипсобетонных блоков проводка выполняется в швах между перегородкой и плитой перекрытия, а также в бороздах, изготавливаемых с помощью специальных бороздорезов с наконечниками из твердых сплавов. Провода укладываются в борозды и заделываются раствором заподлицо с чистой поверхностью перегородки.

В сборных гипсокартонных перегородках электропроводка выполняется проводом АПВ в винипластовых трубах диаметром 20...25 мм либо защищенным проводом АПРФ без труб.

В стенах из крупных бетонных блоков электропроводка выполняется в швах между блоками, а отдельные участки – в штробах.

В строительных панелях электропроводка выполняется в специально предусмотренных внутренних каналах или замоноличенных пластмассовых трубах. Толщина защитного слоя над каналом (трубой) должна быть не менее 10 мм, длина каналов между протяжными нишами или коробками – не более 8 м. При малой длине прямых каналов протяжку проводов выполняют вручную, без приспособлений. Большое число проводов протягивают с использованием предварительно затянутой стальной проволоки и ролика диаметром не менее 40 мм. Усилие протяжки не должно превышать 20 Н на каждый кв. мм суммарного сечения жил.

Замоноличенные электропроводки применяют при изготовлении на прокатных станах гипсобетонных перегородок размером «на комнату» а также при изготовлении шлакобетонных, керамзитобетонных и железобетонных стеновых панелей и перекрытий. Для таких проводок используют провода АППВ, ППВ, АППВС и ППВС, выводы которых защищают плотно насаженными резиновыми или поливинилхлоридными трубками. В местах перехода проводов из стеновых панелей в перекрытия на расстоянии около 200 мм до края панели ставят ответвительную коробку и далее предусматривают борозду. Для соединения проводов смежных панелей в одной из них устанавливают соединительную коробку, в другой предусматривают запас проводов. Этот запас сворачивают в бухточку, для защиты надевают пакет из пластика и замазывают слабым алебастровым или цементным раствором толщиной не более 5 мм. Место заделки пакета отмечают краской. При соединении между собой участков замоноличенной электропроводки находят по маркировке место запаса проводов, освобождают его от защитного слоя и прокладывают концы проводов к соединительной коробке соседней панели.

Электропроводки за подвесными потолками также являются скрытыми и должны выполняться: за потолками из сгораемых материалов - в металлических трубах, коробах, металлорукавах; за потолками из трудно сгораемых и несгораемых материалов - в винипластовых или аналогичных трубах, а также кабелями и защищенными проводами, имеющими оболочки из трудно

сгораемых материалов. Должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

Модульная электропроводка применяется для выполнения совмещенных (силовых, осветительных и слаботочных) сетей в полах помещений большой площади. Модульная система представляет собой сеть пластмассовых или стальных труб, в узлах которой расположены разветвительные коробки. Для укладки такой сети цементная стяжка пола должна быть не тоньше 75 мм. Коробки имеют съёмную перегородку, разделяющую силовоточное и слаботочное отделения. Ответвления проводов от модульной сети выполняют с помощью сжимов. Модульная проводка обеспечивает возможность быстро изменить расположение рабочих мест и технологического оборудования без перекладки электрических сетей. При выполнении скрытой электропроводки любого вида все соединения и ответвления проводов должны быть выполнены в ответвительных коробках. После проверки всей групповой сети помещения на горение ламп каждое место скрутки проводов дополнительно сваривают или опрессовывают в гильзе, а затем изолируют с помощью изоленды или колпачка, либо наворачивают на место скрутки соединительный изолированный сжим (СИЗ). В ответвительных и соединительных коробках, а также в коробках для установки выключателей, штепсельных розеток и для подключения светильников оставляют запас проводов не менее 100 мм, достаточный для их повторной разделки.

4.3 Открытые электропроводки

Открытой называется электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, по деревянным и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и другим несущим конструкциям. Открытую проводку выполняют на высоте не менее 2,5 метра от уровня пола. Уменьшение высоты до 2 метров разрешается в помещениях без повышенной опасности, а при напряжении до 42В - во всех помещениях.

Пересечения открыто проложенных проводов с трубопроводами выполняют таким образом, чтобы расстояние до них было не меньше 50 мм, а до трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами - не меньше 100 мм. Если это расстояние не превышает 250 мм, то провода и кабели в месте пересечения дополнительно защищают от механических повреждений на длине не меньше 250 мм в каждую сторону от трубопровода. При параллельной прокладке расстояние от провода или кабеля до трубопровода должно быть не меньше 100 мм, а до трубопроводов с горючими и легко воспламеняющимися

жидкостями и газами - не меньше 400 мм. В местах пересечения и сближения с горячими трубопроводами провода и кабели дополнительно защищают теплоизоляцией.

Соединения и ответвления проводов и кабелей размещают в местах, доступных для осмотра и ремонта.

Технология выполнения открытой электропроводки **плоскими проводами** включает в себя разметку, пробивку отверстий для прохода через стены и перекрытия, крепление ответвительных коробок, штепсельных розеток, выключателей и светильников, а также прокладку, крепление, соединение и подключение самих проводов.

Плоские провода поставляются свернутыми в бухты. Перед прокладкой их выправляют, протягивая через специальные приспособления либо через тряпку или рукавицу. Размотку и правку проводов производят при температуре не ниже минус 15°С. Прокладывают провода отдельными участками, обычно начиная с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. На конце провода, вводимом в коробку, вырезают разделительное основание и разрезают перемычки между жилами на длине 75 мм. Начиная от коробки, провод укладывают, слегка натягивая, по всему прямолинейному участку, на другом конце временно закрепляют, тщательно выправляют, укладывают по всей длине участка и окончательно на всем протяжении закрепляют. Для облегчения изгиба провода в местах поворота трассы разрезают перемычки между жилами, а также вырезают участки разделительного основания.

Крепление плоских проводов с разделительным основанием, например АППВ, выполняют специальными гвоздями. Во влажных не отапливаемых помещениях рекомендуется под шляпки гвоздей подкладывать пластмассовые, эбонитовые или резиновые шайбы. Плоские провода без разделительного основания, например АППВС, крепят скобками с помощью дюбелей или гвоздей. Расстояние между креплениями не должно превышать 400 мм. Соединение и ответвления плоских проводов выполняют в ответвительных коробках сваркой, опрессовкой или пайкой. Пересечения плоских проводов между собой избегают. Когда этого избежать нельзя, изоляцию проводов в месте пересечения усиливают подмоткой 3...4 слоев полихлорвиниловой изоляционной ленты.

Открытую прокладку незащищённых изолированных проводов **на роликах и штыревых изоляторах** выполняют по стенам и потолкам производственных и складских помещений (сухих, влажных, сырых и особо сырых), а также снаружи зданий и

сооружений. Ролики могут быть закреплены шурупами или гвоздями на штукатурке или на обшивке деревянных зданий, крюки и кронштейны с изоляторами должны закрепляться только на основном материале стен. Изоляторы крепятся на крюк и штырь с помощью полиэтиленовых колпачков. Нагретый в горячей (80...90°C) воде колпачок насаживают на крюк (штырь) легкими ударами деревянного молотка и наворачивают изолятор по резьбе до упора.

Провода к изоляторам крепят мягкой стальной проволокой либо при помощи колец или шнура из полихлорвинила. В сырых помещениях и в наружных проводках применяют стальную оцинкованную вязальную проволоку. Во избежание повреждения изоляции в местах привязки выполняют обмотку провода изоляционной лентой в два слоя. На промежуточных штыревых изоляторах провода укладывают на шейках или на головках, на угловых - только на шейках. Провода небольших сечений натягивают рукой, а провода больших сечений - многороликовыми блоками (полиспастами) или лебёдками. Ответвления проводов выполняют только на изоляторах. Прикрепляют провода к изоляторам сначала на опорах, на которых выполнены ответвления, затем на средних опорах между оставшимися и т. д.

Проходы проводов через стены и междуэтажные перекрытия выполняют в трубах, причём каждый провод заключают в самостоятельную трубу (за исключением перехода из одного сухого помещения в другое, когда все провода допускается прокладывать в одной трубе). Трубы оконцовывают: в сухих помещениях – втулками, в сырых помещениях и при наружных проводках – воронками, направленными раструбами вниз.

Открытые электропроводки по поверхности стен выполняют защищёнными проводами и кабелями, прокладывая их непосредственно по поверхности стен с креплением скобами и пряжками или привязывая к полосам и струнам.

Полосой, как несущим элементом электропроводки, называется перфорированная металлическая полоса или лента шириной 16...30 и толщиной 0,8...1,5 мм предназначенная для крепления проводов, кабелей или их пучков. Полосу крепят вплотную к поверхности стены, потолка или другой опорной поверхности с интервалом 0,8...1 мм. **Струной** называется натянутая вплотную к поверхности стены, потолка стальная проволока диаметром 3...8 мм, предназначенная для той же цели.

Крепление проводов и кабелей к полосам, лентам и струнам выполняют металлическими или пластмассовыми бандажами с расстояниями 500 мм между точками крепления, а также 10...15 мм

от начала изгиба трассы и 100 мм – от ввода в ответвительные коробки. Несущие полосы, ленты и струны соединяют в непрерывную электрическую цепь и заземляют (зануляют) в начале и в конце трассы.

Проводки в электротехнических плинтусах согласно ПУЭ также относятся к открытым. Этот вид электропроводки применяют в жилых домах, гостиницах, санаториях, где кроме сетей освещения необходимо также прокладывать сети телефона, телевидения и сигнализации. Электротехнические плинтусы изготавливаются из металла или пластмассы. Они представляют собой короб с крышкой, в котором предусмотрено несколько отделений (полок), предназначенных для прокладки проводов различных сетей. Устройство плинтусной коробки должно обеспечивать раздельную прокладку силовых и слаботочных проводов. Крепление плинтуса должно обеспечивать плотное прилегание к стене и полу (зазор не более 2 мм) с усилием на отрыв не менее 196Н.

На станках и движущихся механизмах электропроводка может быть выполнена неподвижной и подвижной. Для защиты изоляции проводов от механических повреждений, а также от разрушающего воздействия масел, эмульсий и влаги применяют стальные трубы или гибкие герметические металлорукава либо укладывают защищенный кабель. В местах выхода из труб и рукавов провода защищают от механических повреждений втулками.

Во внутренних плоскостях станин применяют открытую прокладку изолированных проводов с полихлорвиниловой изоляцией.

Трубы, провода и кабели прикрепляют к станинам металлическими скобами. Расстояние между точками крепления: труб – 80...100 см, проводов, металлорукавов и кабелей – 50...70 см.

Тросовыми называют открытые электропроводки, у которых провода или кабели укреплены на натянутом несущем тросе. Основным преимуществом таких проводок являются возможность применения больших пролетов между креплениями, простота и высокая индустриальность монтажа. Наиболее просты и удобны в монтаже осветительные электропроводки, выполненные специальными тросовыми проводами АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ, в которых несущий трос вмонтирован в провод. Ответвления выполняют с помощью сжимов без разрезания провода.

При прокладке других типов проводов и кабелей в качестве несущего троса применяют стальной оцинкованный канат диаметром 3...6,5 мм, а также обычную стальную проволоку диаметром 5...8 мм, оцинкованную или имеющую лакокрасочное

либо полихлорвиниловое покрытие. На концах троса делают петли, затем устанавливают тросовый зажим и натяжную муфту и крепят их к стенам с помощью анкерных болтов или штырей. Кроме этого трос крепят к элементам конструкций - фермам или балкам через каждые 6...12 метров (в зависимости от длины строительных пролетов). Натяжение троса регулируют так, чтобы стрела провеса была в пределах $1/40...1/60$ от расстояния между креплениями.

Незащищенные изолированные провода укрепляют на тросе с помощью пластмассовых подвесок на два или четыре провода с промежутками не более 0,5 м. В сухих и влажных помещениях допускается крепить такие провода непосредственно к тросу перфорированной поливинилхлоридной лентой с кнопками или пряжками. Защищенные провода и кабели прикрепляют к тросам с помощью металлических подвесок или стальных полосок - пряжек.

Для подвески светильников массой до 5 кг применяют специальные ответвительные коробки, внутри которых имеются сжимы для ответвления проводов, а также устройства для закрепления троса, крюка и подвески - струны из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,5...2 мм.

На обоих концах тросовой электропроводки выполняют заземление (зануление) несущего троса путем присоединения его к нулевому проводу или к заземляющему проводнику.

4.4 Электропроводки в трубах

Открытые и скрытые электропроводки в трубах требуют затраты дефицитных материалов и трудоемки в монтаже. Поэтому их применяют в основном при необходимости защиты проводов от механических повреждений или защиты изоляции и жил проводов от разрушения при воздействии агрессивных сред. Раньше применялись только стальные трубы. В настоящее время все шире применяются полимерные трубы - полиэтиленовые, винилпластовые, полипропиленовые, обладающие высокой коррозионной и химической устойчивостью, хорошими электроизолирующими свойствами, достаточной механической прочностью, гладкой поверхностью. Применение полимерных труб повышает надежность работы электропроводок в агрессивных средах, уменьшает вероятность замыкания электрических сетей на землю, снижает трудовые затраты.

Полиэтиленовые трубы используют для скрытых сменяемых электропроводок в негорючих конструкциях (элементы сборного железобетона, фундаменты, бетонные полы). Недостатком полиэтиленовых труб является их горючесть.

Винипластовые применяют как для скрытых, так и для открытых электропроводок по несгораемым или трудно сгораемым конструкциям и поверхностям.

Винипластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые трубы нельзя применять в пожаро- и взрывоопасных зонах, в детских учреждениях, спальнях и больничных корпусах, вычислительных центрах, домах-интернатах для престарелых и инвалидов, животноводческих помещениях, а также в горячих цехах, где производится работа с горячими материалами. В этих случаях следует применять стальные трубы. В сырых помещениях и наружных установках толщина стальных труб должна быть не меньше 2 мм. В местах выхода проводов из стальных труб их защищают от механических повреждений втулками.

Для определения необходимого диаметра труб вначале в зависимости от длины участков, а также числа и углов изгибов, определяют группу сложности трубной трассы (I, II или III). Затем в зависимости от числа проводов и их наружного диаметра по таблицам или номограмме определяют внутренний диаметр трубы.

Предварительную заготовку элементов трубной трассы выполняют в мастерских, а затем на месте монтажа производят сборку. На горизонтальных участках трубы укладываются с уклоном, чтобы в них не скапливалась влага. Соединение пластмассовых труб выполняют с помощью термоусаживаемых муфт или сваркой. Для соединения стальных труб применяют резьбовые муфты либо опрессовку в отрезке трубы большего диаметра с помощью порохового пресса. В последнем случае обеспечивается непрерывная электрическая цепь заземления (зануления) вдоль всей трассы. При скрытой прокладке труб перед засыпкой грунта или бетонированием составляют акт на скрытые работы. Толщина слоя бетона над трубами должна быть не меньше 20 мм. При открытой прокладке трубы крепятся к строительным конструкциям скобами или хомутами.

Перед затяжкой проводов из труб удаляют заглушки, проверяют отсутствие загрязнения и, при необходимости, продувают сжатым воздухом, а в случае сильного загрязнения протаскивают ерши. Провода затягивают вдвоем при помощи стальной проволоки. Для сочленения протягиваемых проводов и кабелей с протяжной проволокой применяют комплект из четырех специальных зажимов различного размера. Один рабочий тянет проволоку, а другой направляет провода с противоположного конца, сматывая их с барабанов. Затяжку проводов больших сечений производят с помощью ручных и электрических лебедок. В вертикально проложенные трубы рекомендуется затягивать провода снизу вверх.

При выходе из труб оставляют концы проводов длиной, необходимой для их разводки и присоединения к зажимам электрооборудования или соединения между собой. При протягивании через коробки в каждой из них делают петлю небольшого диаметра.

Соединения и ответвления проводов, проложенных в трубах, выполняют в коробках и ящиках. Соединение проводов непосредственно в трубах запрещается. По окончании затяжки и соединения проводов их маркируют в соответствии с проектом и кабельным журналом.

4.5 Электропроводки в коробах и на лотках

На современных промышленных предприятиях количество проводов и кабелей, прокладываемых по общим трассам, в ряде случаев становится столь большим, что размещение их в фундаментах, перекрытиях и по стенам становится практически невозможным, а применение большего числа труб для их прокладки - нецелесообразным в отношении как стоимости, так и больших затрат труда. В этом случае выполняют электропроводку в коробах или на лотках, обладающую достаточной гибкостью при изменении расположения технического оборудования в цеху.

Коробом называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для защиты от механических повреждений проложенных в нём проводов и кабелей. Короба устанавливают таким образом, чтобы не допускать скопления в них влаги. При скрытых проводках следует применять глухие короба, при открытых - со съёмными или открывающимися крышками. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанная по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов -35% от сечения короба в свету; для коробов с открываемыми крышками - 40%.

Лотком называется открытая конструкция, предназначенная для прокладки в ней проводов и кабелей. Лотки не являются защитой от внешних механических повреждений, стенки у них могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми

Короба и лотки изготавливаются в виде готовых элементов, набор которых обеспечивает создание трассы с необходимыми поворотами и разветвлениями по горизонтали и вертикали. В набор входят секции прямые разнообразной длины, угловые, крестообразные, тройниковые, а также устройства для крепления лотков или коробов к строительным конструкциям и зажимы для фиксации проводов и кабелей внутри лотка или короба.

Лотки и короба прокладывают вдоль рядов колонн по стенам, под перекрытиями, в межферменном пространстве, а также на конструкциях, укрепленных непосредственно на оборудовании. Между собой элементы коробов и лотков соединяются болтами. Для того, чтобы обеспечить непрерывную электрическую связь вдоль всей трассы, контактные поверхности зачищаются до металлического блеска и смазываются техническим вазелином.

Провода и кабели для прокладки по лоткам и коробам в виде мерных длин заготавливаются в мастерских или их монтаж ведут непосредственно с барабанов и бухт. Пучки кабелей и проводов скрепляют бандажами на расстоянии не более 4,5 м на горизонтальных и не более 1 м на вертикальных участках. В местах поворота трассы и ответвления во всех случаях провода и кабели закрепляют на расстоянии не более 0,5 от поворота или ответвления. В местах выхода проводов из коробов, их защищают от механических повреждений втулками.

4.6 Электропроводки в технических подпольях, подвалах, на чердаках и наружные

Электропроводки в **технических подпольях и подвалах** жилых, административных и общественных зданий обычно выполняется скрыто в каналах или открыто в трубах.

Электропроводки **на чердаках** эксплуатируются в неблагоприятных условиях - недостаточный надзор, повышенная пожарная опасность, пыльная среда, неотапливаемость помещений и др. Открыто по чердачным помещениям прокладывают лишь кабели с медными жилами в оболочках из несгораемых и трудно сгораемых материалов, в трубах, а также незащищенные изолированные одножильные провода на роликах или изоляторах на высоте не менее 2,5 м. На меньшей высоте провода защищают от прикосновения и механического повреждения. Провода и кабели с алюминиевыми жилами допускаются лишь в зданиях с несгораемыми перекрытиями при прокладке их в стальных трубах или скрыто. Коммутационные аппараты в цепях светильников и других электроприемников, установленных в чердачных помещениях, располагают вне этих помещений.

Наружной называется электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т. п., а также между зданиями на опорах (не более четырёх пролётов длиной до 25 м каждый) вне улиц, и дорог. Наружная электропроводка чаще всего открытая, но может иметь скрытые участки.

В наружных электропроводках незащищенные изолированные провода в отношении прикосновения рассматриваются как неизолированные, поэтому их

прокладывают на высоте не менее 2 м 75 см от поверхности земли. При пересечении пешеходных дорожек расстояния увеличиваются до 3,5 м, а при пересечении пожарных проездов и путей для перевозки грузов до 6 м. Провода прокладывают по изоляторам, укрепленным на крюках или штырях. При пролете до 6 м между проводами соблюдают расстояния не менее 15 см. От стен и опорных конструкций провода располагаются на расстоянии не менее 5 см. При прокладке по стенам здания провода рекомендуется размещать по вертикали один над другим. При пересечении с водосточными трубами на расстоянии 30...40 см от них провода включают в стальные трубы или прокладывают скрыто в борозде с заделкой каждого провода в изоляционную трубку. Под навесами и в других местах, где исключено попадание на проводку дождя и снега, изолированные провода можно прокладывать на роликах больших размеров, обычно применяемых в сырых помещениях.

Ввод проводов в здания через стену выполняют при высоте от земли не менее 2 м 75 см. При вводе в здание каждый провод заключается в отдельную изоляционную трубку, которую оконцовывают вне здания воронкой отверстием вниз, а внутри - втулкой. Расстояние между проводами ввода и от них до свесов крыши и карнизов должна быть не менее 20 см.

Вводы в здание через крышу выполняют в стальной трубе (стойке), на которой закрепляют концевые изоляторы. Трубу изгибают на 180° отверстием вниз во избежание попадания в нее влаги. При необходимости она раскрепляется на растяжках. Расстояние от изоляторов до крыши должно быть не менее 2,5 м. Прокладывать открыто провода по крышам жилых зданий не допускается.

5 МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Различают общее, местное, комбинированное и аварийное освещение. Общее равномерное освещение создает по всей площади или территории освещенность, соответствующую характеру выполняемых работ. Непосредственно на рабочих местах применяют местное освещение рабочих инструментов и обрабатываемых деталей. Чаще применяют систему комбинированного (общего и местного) освещения. Аварийное освещение должно создавать в основных проходах такие условия видимости, при которых люди свободно ориентируются в окружающей обстановке.

Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380 В переменного тока в сети с заземленной нейтралью (в том числе фазное напряжение системы 660/380 В), не выше 220 В переменного тока в сети с изолированной нейтралью, а также не выше 220 В постоянного тока при соблюдении следующих условий:

- ввод в светильник и пускорегулирующий аппарат следует выполнять проводами или кабелем с медными жилами и с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660 В;
- должно обеспечиваться одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник.
- в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на светильники должны быть нанесены хорошо различимые отличительные знаки с указанием применяемого напряжения (380 В);
- ввод в светильник двух или трех проводов разных фаз системы 660/380В запрещается.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должно применяться напряжение: в помещениях без повышенной опасности – не выше 220 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных – не выше 42 В. При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением его с большими металлическими хорошо заземленными поверхностями (например, при работе в котлах), для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

5.1 Источники света

Для электрического освещения применяют газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, натриевые, ксеноновые) и лампы накаливания.

Лампы накаливания изготовляют на все стандартные напряжения от 12 до 220 В мощностью 15...1500 Вт. Срок службы ламп накаливания общего назначения составляет 1000 часов. Световой поток лампы измеряется в люменах на 1 Вт потребляемой лампой мощности и находится в пределах от 7 лм/Вт для ламп малой мощности до 20 лм/Вт для ламп большой мощности. Колбы ламп накаливания наполняют нейтральным газом (азотом, аргоном, криптоном). Это увеличивает срок службы вольфрамовой нити накала и повышает экономичность ламп.

Выпускаются также зеркальные лампы накаливания типов ЗК и ЗШ и галогенные лампы накаливания трубчатой формы с вольфрамовой нитью в кварцевой колбе типа КГ-240 мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт.

Люминесцентные лампы представляют собой заполненную газом аргоном стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором. В трубке имеется также капля ртути. При

включении в сеть с помощью пускорегулирующего устройства в лампе происходит электрический разряд и возникает свет, близкий к дневному.

Стандартные лампы общего применения изготавливают мощностью 8, 10, 15, 20, 30, 40, 65, 80 и 150 Вт. Выпускается серия энергоэкономичных ламп мощностью 18, 36 и 58 Вт, которые имеют повышенный КПД разряда.

По спектру излучаемого света ЛЛ разделяют на типы: ЛБ – белая, ЛХБ – холодно-белая, ЛТБ – тепло-белая, ЛД – дневная и ЛДЦ – дневная правильной цветопередачи. Люминесцентные лампы имеют высокую световую отдачу, достигающую у ламп типа ЛБ 75 лм/Вт при температуре окружающего воздуха 18...25 °С.

Люминесцентные лампы имеют прямую, кольцевую, U- и W-образную и фигурную форму.

Выпускаются компактные люминесцентные лампы, предназначенные для прямой замены ламп накаливания типа КЛС/ТБЦ мощностью 9, 13, 18, 25 Вт с резьбовым цоколем (стандартным) Е27. Применение этих ламп вместо ламп накаливания обеспечивает до 75% экономии потребляемой электроэнергии.

Срок службы ЛЛ мощностью до 80 Вт составляет 10000 часов, 150 Вт – 5000 часов, световая отдача 75 лм/Вт к концу срока службы снижается до 60% от первоначальной.

Дуговые ртутные лампы высокого давления ДРЛ состоят из стеклянной колбы, покрытой люминофором, внутри которой помещена кварцевая газоразрядная трубка, наполненная ртутными парами. Лампы ДРЛ с резьбовым цоколем изготавливают на напряжение 220 В мощностью 50, 80, 125, 250, 400, 700, 1000 и 2000 Вт. Светоотдача ламп ДРЛ составляет 40–60 лм/Вт, срок службы – 7000 ч для ламп до 1000 Вт и 4000 ч для ламп 2000 Вт. Световой поток к концу срока службы снижается на 30%, в сеть лампа включается с помощью пускорегулирующей аппаратуры.

Недостатком ламп ДРЛ является то, что в спектре излучаемого лампой света преобладают сине-зеленые лучи, вследствие чего цвета теплой части спектра при использовании этих ламп сильно искажаются, а пульсация светового потока вызывает искажение восприятия движущихся предметов (стробоскопический эффект). При включении лампы разгораются в течение 7 мин, а после выключения лампа повторно зажигается лишь после остывания – примерно через 10 мин.

Газоразрядные лампы металлогалоидные типа ДРИ выпускаются мощностью 50, 125, 250...3500 Вт со световой отдачей 75–100 лм/Вт с продолжительностью горения 2000...5000 ч. Эти

лампы обеспечивают лучшую цветопередачу, чем лампы ДРЛ. Для освещения сухих пыльных и влажных помещений выпускаются **металлогалоидные зеркальные лампы** – светильники типа ДРИЗ мощностью 250, 400, 700 Вт. Эти лампы предназначены также для осветительных устройств со щелевыми световодами серии КОУ (комплектные осветительные устройства)..

Натриевые лампы высокого давления ДНаТ выпускаются мощностью 400 и 700 Вт излучают золотисто-белый свет, имеют световую отдачу 90...120 лм/Вт и продолжительность горения более 2500ч.

Промышленность освоила производство натриевых ламп высокого давления НЛВД малой мощности (70 и 100 Вт). Проводятся работы по усовершенствованию и освоению производства самых экономичных источников света – натриевых ламп низкого давления (НЛНД), имеющих световую отдачу свыше 220 лм/Вт.

В осветительных установках большой мощности применяют дуговые ксеноновые лампы ДКСТ мощностью 1,5; 10; 20 и 50 кВт. Эти лампы имеют трубчатую форму длиной до 2,6 м и включаются в сеть с помощью зажигающего устройства.

Для ламп накаливания и ДРЛ применяют патроны с резьбой 27 и 40 мм. Для ламп накаливания малой мощности применяют патрон «миньон» с резьбой 14 мм. В установках, подвергающихся сильному сотрясениям (автомобильных, железнодорожных) применяют патроны диаметром 15 и 22 мм с пружинящими контактами.

5.2 Светильники

Для перераспределения излучаемого лампами светового потока в необходимых направлениях, защиты от слепящего действия открытых ламп а также для защиты ламп от воздействия среды их помещают в осветительную арматуру. Арматуру с установленной в ней лампой называют светильником.

По распределению светового потока в нижнюю и верхнюю полусферы пространства выделяют светильники: прямого света, в которых в нижнюю сферу направляется не менее 80 % всего светового потока светильника; преимущественно прямого света - от 60 до 80 %; рассеянного света – от 40 до 60 %; преимущественно отраженного света – от 40 до 20 %; отражённого света – менее 20 %.

По степени защиты от пыли, воды и взрыва светильники подразделяются на следующие виды: открытый, пылезащищенный, пыленепроницаемый, водонезащищённый, каплезащищённый, дождезащищенный, брызгозащищённый, струезащищённый, водонепроницаемый, герметичный, рудничный, повышенной надёжности против взрыва, взрывобезопасный, взрывонепроницаемый.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения с лампами накаливания менее 2,5 м используют светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без применения инструмента. Ввод проводов в светильник выполняют в металлических трубах, металлорукавах или применяют защищенные провода либо используют напряжение питания не выше 42 В.

Металлические корпуса светильников должны быть заземлены в сетях с изолированной нейтралью или занулены в сетях с глухо-заземленной нейтралью. Металлические отражатели светильников, укрепленные на корпусах из изолирующих материалов, заземлять или занулять не требуется.

Комплектные осветительные устройства серии КОУ со щелевыми световодами предназначены для освещения производственных помещений с большим содержанием пыли и влаги, со взрывоопасными и пожароопасными зонами.

Устройство КОУ представляет собой протяженный светильник, светящийся канал которого 6 или 18 м прокладывается по всей длине освещаемого помещения. Источники света располагаются с одного торца канала, в противоположном торце канала располагается зеркальный отражатель. Внутренний объем канала отделяется от источников света прозрачным термостойким стеклом. Канал изготавливается из металлизированной и светорассеивающей полиэтилентерефталатной (лавсановой) пленки.

5.3 Монтаж и подключение осветительных устройств

Монтаж светильников заключается в зарядке их проводами, креплении к несущим конструкциям и подключении к питающей сети. В ПУЭ предусмотрены следующие требования к монтажу светильников:

- Осветительную арматуру допускается подвешивать непосредственно на питающих ее проводах только при условии, что они предназначены для этой цели и изготавливаются по специальным техническим условиям. В остальных случаях требуется крепление.
- Для зарядки осветительной арматуры общего освещения должны применяться провода с медными жилами сечением не менее 0,5 мм² внутри зданий и 1 мм² вне зданий.
- Для присоединения к сети настольных, ручных или переносных светильников, а также светильников местного освещения, подвешиваемых на шнурах и проводах, должны применяться гибкие шнуры (провода) с медными жилами сечением не менее 0,35 мм² в бытовых электроустановках и не менее 0,75 мм² в промышленных электроустановках.

- Для зарядки стационарной осветительной арматуры местного освещения должны применяться гибкие провода с медными жилами сечением не менее 1 мм² для подвижных конструкций и 0,5 мм² для неподвижных. Крепление светильника к опорной поверхности (конструкции) должно быть разборным.
- Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрации и сотрясениям, должны быть установлены с применением амортизирующих устройств.
- Крюки и шпильки для подвеса светильников в жилых зданиях должны иметь устройства, изолирующие их от светильника.
- Присоединение светильников к групповой сети должно быть выполнено с помощью колодок зажимов, обеспечивающих присоединение как медных, так и алюминиевых (алюмомедных) проводов сечением до 4 мм².
- Концы проводов, присоединенных к светильникам, счетчикам, автоматическим выключателям, щиткам и электроустановочным аппаратам, должны иметь запас по длине, достаточной для повторного подсоединения в случае их обрыва.
- При подсоединении автоматических выключателей и предохранителей ввёртного типа нулевой провод должен быть присоединен к винтовой гильзе основания;
- Вводы проводов и кабелей в светильники и электроустановочные аппараты при наружной их установке должны быть уплотнены для защиты от проникновения пыли и влаги.

Установочные изделия, светильники, их рассеиватели и защитные сетки должны быть прочно закреплены. Крюк для подвески светильника массой до 100 кг испытывают в течение 10 мин пятикратной массой, а светильника (люстры) массой более 100 кг – двукратной массой плюс 80 кг. При креплении светильника к потолку на дюбелях, забиваемых с помощью монтажного пистолета, каждую точку подвеса испытывают тройной массой светильника плюс 80 кг.

Для включения и отключения ламп в осветительных сетях применяют установочные выключатели, переключатели, пакетные выключатели и автоматические выключатели на 2,5; 4; 6 и 10 А. Выключатели и штепсельные розетки изготавливают в исполнении для открытой и скрытой проводок, устанавливают их соответственно открыто на стене или утоплено в стене, в коробке. При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования: выключатели на стенах устанавливают на высоте 1,5 м от пола; штепсельные розетки устанавливают на

высоте 80 или 30 см от пола; в школах, детских садах, яслях, в помещениях для пребывания детей штепсельные розетки устанавливают на высоте 1,5 м.

Выключатели общего освещения размещают так, чтобы они не загромождались открывающейся дверью. Выключатели для санузлов и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

Управление общим освещением может быть:

- местным - выключателями, установленными при входе в помещение (внутри или снаружи);
- централизованным - с осветительных щитков;
- дистанционным - магнитными пускателями, контакторами, управляемыми с диспетчерского пункта;
- автоматическим - обеспечивающим включение и отключение освещения по заданному суточному режиму либо по сигналам фотодатчиков.

На лестничных клетках и коридорах применяют также систему кратковременного включения с автоматической выдержкой времени, обычно до 5 мин.

Переносные осветительные, нагревательные и другие бытовые электроприборы присоединяют к электросети через штепсельные соединения, состоящие из неподвижно установленной штепсельной розетки и вилки на 6 и 10 А с цилиндрическими и плоскими контактами. Для заземления корпусов переносных электроприёмников устанавливают специальные штепсельные розетки и вилки, снабжённые дополнительным заземляющим защитным контактом. В целях безопасности соединение между защитными контактами розетки и вилки происходит до того, как войдут в соприкосновение токоведущие контакты, а затем защитные. Вначале разъединяются токоведущие контакты, а затем защитные.

Схемы включения светильников. В осветительных трёхфазных сетях с заземлённой нейтралью 380/220 В применяют однофазные и трёхфазные групповые линии. Защитные и отключающие аппараты устанавливают только в цепях фазных проводов. Исключение составляют двухпроводные цепи с нулевым рабочим проводом, прокладываемые во взрывоопасных зонах, в которых защищают от токов КЗ как фазный, так и нулевой рабочий провод. При этом для заземления прокладывают третий провод.

На таких линиях плавкие предохранители устанавливают как на фазном, так и на нулевом проводе, а для одновременного отключения фазного и нулевого провода применяют двухполюсные выключатели.

В помещениях большой протяженности (галереях, складах), имеющих два выхода, часто применяют схему включения ламп из двух мест, позволяющую включить освещение при входе и отключить его при выходе из другого конца помещения.

6 МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электрическими машинами называются устройства, основанные на электромеханическом преобразовании энергии. В генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую. В двигателе электрическая энергия преобразуется в механическую. Одна и та же электрическая машина может работать как двигателем, так и генератором. Это зависит от того, какая энергия к машине подводится и какая снимается.

Принцип обратимости электрических машин был установлен русским академиком Эмилем Христофоровичем Ленцем в 1833 г. Этот принцип применим к любой электрической машине. Однако каждая электрическая машина выпускаемая заводом изготовителем проектируется и предназначается для одного, определенного режима работы, т. е. в качестве двигателя или генератора.

Особая разновидность электрических машин - электромашинный преобразователь. В электромашинном преобразователе электрическая энергия через промежуточную стадию механического вращения преобразуется также в электрическую, но с другим родом тока.

Примером может служить сварочный преобразователь, который превращает трехфазное напряжение 50 Гц в постоянный ток. Еще один пример - электромашинные преобразователи частотой 200...400 Гц для питания ручного электроинструмента. К этой же группе устройств следует отнести электромагнитные преобразователи 3-х фазного напряжения 50 Гц в однофазное напряжение повышенной частотой 500...8000 Гц, используемое для индукционного нагрева. Еще одной разновидностью электрических машин является синхронный компенсатор, в котором механическое вращение используется для создания фазового сдвига между током и напряжением электрической цепи.

Электрические машины выпускаются на различные мощности - от долей ватта до сотен мегаватт. Их обычно подразделяют на микромашины, машины малой мощности, машины средней мощности и машины большой мощности. Строгих границ в указанной классификации в настоящее время не существует, однако условно можно применить следующее разделение:

- Микромашины - до 500 Вт. Как правило, это машины, которые отдельно не монтируются, а находятся в составе оборудования.
- Машины малой мощности - от 0,5 до 10 кВт. Это машины, которые можно поднять вручную.
- Машина средней мощности - от 10 до 200 кВт.
- Машины большой мощности - 200 кВт и выше.

Иногда применяется термин “крупные машины”. Под этим термином подразумевают машины мощностью более 1000 кВт, поставляемые с завода изготовителя как правило в разобранном виде и собираемые на месте установки.

Монтаж микромашин мы рассматривать не будем, т.к. они обычно являются встроенными элементами оборудования. Об особенностях монтажа крупных машин можно почитать в учебнике [1] на стр. 278...287. Таким образом, темой дальнейшего разговора будет монтаж электрических машин мощностью от 0,5 до 1000 кВт, поступивших с завода в собранном виде. Наиболее распространенным видом электрических машин является двигатель, поэтому рассказ будет вестись применительно к двигателю. Однако большинство сказанного будет справедливо и для остальных электрических машин.

6.1 Подготовка места для монтажа электродвигателя

Электродвигатели устанавливаются, на специальных конструкциях, на фундаментах или на стенах. Помещения, в которых находятся электрические машины, должны удовлетворять «Требованиям к зданиям и сооружениям, принимаемым под монтаж электрооборудования (СНиП [3] “Электротехнические устройства»). Фундаменты не должны иметь каверн, раковин, поверхностных трещин, поврежденных углов, оголенной арматуры, а также обрамляющих бортов.

Анкерные отверстия в бетонных и железобетонных фундаментах должны быть выполнены при их изготовлении путем закладки сборно-разборных пробок. Пробивать отверстия в готовых фундаментах не допускается. Расположение закладных деталей и отверстий должно соответствовать проектным геометрическим размерам.

После приема фундамента от строительной организации на него устанавливается фундаментная плита. Для подъема фундаментной плиты и двигателя используют подъемники, краны, тали, полиспасты и другие грузоподъемные механизмы и приспособления. Фундаментная плита выравнивается с помощью металлических клиньев и прокладок, прикрепляется к фундаменту анкерными болтами а затем заливается бетоном - замоноличивается. Для выравнивания применяют домкраты - винтовые, гидравлические и клиновые. Подъемные устройства должны быть испытаны и иметь соответствующую грузоподъемность.

6.2 Подготовка электродвигателя

Подготовка самого электродвигателя к монтажу начинается с внешнего осмотра. Если двигатель не имеет наружных повреждений, производят очистку его внутренних частей сжатым воздухом. Предварительно проверяют, чтобы воздух был сухой, для

чего струю направляют на какую-либо поверхность или ладонь руки. При продуве ротор поворачивают вручную, проверяя свободное движение вала в подшипниках. У двигателей, имеющих подшипники скольжения, выполняется промывка их керосином и замена смазки.

Следующей операцией по подготовке двигателя является измерение сопротивления изоляции. У электродвигателей постоянного тока измеряют сопротивление изоляции между якорем и катушками возбуждения (полюсами). Проверяют также сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерениях между щетками и коллектором помещается изолирующая прокладка из миканита, электрокартона, резины и т. п. У асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором измеряют сопротивление изоляции обмоток статора по отношению к корпусу. Если выведены шесть выводов трехфазной обмотки, измеряют также сопротивление секций обмоток относительно друг друга. У электродвигателей с фазным ротором кроме этого измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу. При этом между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки.

Каким должно быть сопротивление изоляции? Это указывается в паспорте на каждую электрическую машину. Ориентировочные значения: для двигателей постоянного тока и для статорных обмоток двигателей переменного тока напряжением до 1000 В сопротивление изоляции должно быть не менее 500 кОм. Для роторных обмоток - не менее 200 кОм.

Если сопротивление изоляции меньше требуемых норм, то электродвигатель подвергают тщательному осмотру для выяснения причины. Если низкое сопротивление изоляции вызвало незначительным ее повреждением в доступных местах, ремонт выполняют на месте. В случае серьезных повреждений изоляции, особенно обмоток, электродвигатель отправляют в специальную мастерскую, или на завод, или на место установки вызывают специальных электромонтеров-обмотчиков. Когда выясняется, что электродвигатель не имеет повреждений изоляции прокладок и обмоток и всё-таки показывает низкое сопротивление изоляции из-за ее влажности, машину подвергают контрольному прогреву или сушке.

Сушка машины является трудоемкой, дорогостоящей и сложной операцией, поэтому ее производят только после тщательной проверки и установления ее необходимости. Для заключения о состоянии изоляции используется метод измерения токов утечки при повышении напряжения до 2,5 кратного значения. Измерения производят при значениях напряжения равных 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 от номинального. По результатам измерений строят график зависимости тока утечки от приложенного напряжения. Прямолинейный характер этой зависимости говорит об исправном состоянии изоляции машины и о том, что такую машину можно включать в работу без сушки. Резкий перегиб линии графика говорит о сильной увлажненности и

необходимости сушки. Если линия графика не имеет резкого перегиба но сильно отклоняется от прямой, машину подвергают контрольному прогреву и повторным испытаниям.

Основные методы сушки:

- Сушка теплым воздухом от воздуходувки.
- Сушка инфракрасными лучами от специальных зеркальных ламп накаливания.
- Сушка током пропускаемым по обмоткам от источника постоянного или переменного тока.
- Короткое замыкание в генераторном режиме. Этим способом можно сушить синхронные машины и машины постоянного тока при наличии двигателя для их вращения.
- Сушка методом индукционных потерь в стали статора с помощью специальной временной обмотки из изолированного провода, намотанного поверх машины.
- Сушка методом индукционных потерь с использованием вала электрической машины в качестве намагниченного витка.
- Сушка двигателя постоянного тока на "ползучей скорости".

Сушка электрическим током сильно отсыревших машин может вызывать вспучивание изоляции, поэтому необходим тщательный контроль за током и особенно за температурой обмоток в процессе сушки. Нагрев следует проводить постепенно. Через каждый час-два производят измерения сопротивления изоляции. При нагреве машины сопротивление изоляции несколько снижается, достигает минимального значения и затем монотонно возрастает. Сушка прекращается после того, как значение сопротивления изоляции при постоянной температуре не будет изменяться в течении нескольких часов.

6.3 Установка электродвигателя

Подготовленные и проверенные двигатели доставляют к месту установки и монтируют. Если электроустановка содержит двигатели массой 100 кг и более, то должны быть предусмотрены приспособления для их такелажа. Электродвигатели должны быть установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотку и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии и т. п., а также чтобы обеспечить доступ для осмотра и замены, а по возможности и для ремонта двигателя на месте установки. Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмом (имеется в виду муфты, шкивы) должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

Электродвигатель выверяют, соединяя его с приводимыми во вращение станком или механизмом. При всех способах соединения требуется проверка горизонтального положения двигателя в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: вдоль и поперек оси вала. При выверке двигателя, устанавливаемого непосредственно на фундаменте или железобетонном полу, под лапы двигателя подкладывают металлические прокладки - клинья. Деревянные прокладки для этой цели не годятся, т.к. при заливке фундаментных болтов цементным раствором они набухают и сбивают произведенную выверку, а при затяжке болтов - спрессовываются.

Дальнейшие операции по выверке электродвигателя зависят от вида передачи - ременная или через муфту.

При ременной передаче необходимым условием правильной работы электродвигателя является соблюдение параллельности его вала и вала вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов. При одинаковой ширине шкивов и расстоянии между центрами валов до 1,5 м выверка производится с помощью стальной выверочной линейки. При больших расстояниях пользуются струной или шнурком.

Выверку положения валов электродвигателя и вращаемого им механизма при их соединении муфтами выполняют с помощью скоб, закрепленных на полумуфтах электродвигателя и механизма. Поворачивая одновременно оба вала добиваются, чтобы расстояние между остриями центровочных скоб при этом не изменялось. Центровка достигается за счет изменения толщины прокладок и горизонтального сдвига. Однако абсолютно точного совпадения осевых линий соединяемых валов достигнуть невозможно, практически всегда имеют место радиальные и угловые смещения. Допустимые значения этих смещений зависят от типа применяемых муфт:

- Жесткие фланцевые муфты применяются для соединения строго соосных валов. Соосность обеспечивается применением в конструкции муфты выступов или центрирующих разъемных колец. Применение болтов, поставленных развертку гарантирует требуемую точность соединения. Допускаемое радиальное смещение до 0,04 мм.
- Зубчатые муфты применяются для соединения валов при передаче больших крутящих моментов. Не допускают углового смещения валов, допускается радиальное смещение, в зависимости от скорости вращения и диаметра муфты, до 0,8 мм.
- Упругие втулочно-пальцевые муфты применяются для передачи крутящих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов (втулок). Допускают угловое смещение до 1° и радиальное до 0,6 мм.
- Пружинные муфты применяются для передачи крутящих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов - ленточных или пластинчатых пружин. Допускают угловое смещение до 1,25° и радиальное до

2...3 мм. При наличии одновременно радиального A и углового φ смещений значение радиального смещения не должно превышать:

$$A \leq A_{MAX} \cdot (\varphi_{MAX} - \varphi) / \varphi_{MAX}$$

- где A_{MAX} и φ_{MAX} - допустимые значения радиального и углового смещения.

6.4 Подключение и пуск электродвигателя

Подключение питающего кабеля к выводному устройству машины является ответственной операцией, во многом определяющей надежность её эксплуатации. При выполнении подключения следует соблюдать ограничения по минимально допустимому радиусу изгиба кабеля, а также расстояния между наконечниками жил отдельных фаз. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на вибрирующих основаниях, на участке между подвижной и неподвижной частью основания должны иметь гибкие соединительные жилы. Учитывая вибрацию двигателя, следует обеспечить достаточное контактное усилие при завинчивании гаек, а также применять упругие гройверные шайбы и контргайки. При применении алюминиевых наконечников следует принимать дополнительные меры по стабилизации электрического сопротивления контактов (см. п. 2.5).

Провода или кабели, подводимые к электродвигателю, на незащищенном участке должны иметь дополнительную изоляцию и защиту от механических повреждений (гибкие металлические рукава или резиновые трубы). Корпус электродвигателя должен быть надежно заземлен.

Пробный пуск электродвигателей производится в следующем порядке:

- Кратковременный пуск. Определение направления вращения, отсутствия задевания ротора о статор и других дефектов.
- Пуск машины на более длительное время, для определения отсутствия шума в подшипниках и нагрева подшипников а также проверки системы охлаждения.
- Проверка коммутации* машин постоянного тока, при необходимости - шлифовка коллектора.
- Проверка работы машины под нагрузкой.
- Проверка величины вибрации** машины.

*Класс коммутации электрических машин постоянного тока оценивается по степени искрения на сбегающих краях щетки по следующей шкале:

1. Отсутствие искрения (темная коммутация).

1 1/4 . Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки.

Оба эти режима характеризуются отсутствием нагрева щеток и почернения коллекторных пластин.

1 1/2 . Слабое искрение под большей частью щеток. На поверхности коллектора появляются следы почернения, легко устранимые протиранием тряпкой, смоченной бензином. На щетках появляются следы нагара.

2. Искрение под всем краем щетки. Такая коммутация допускается только при кратковременных толчках нагрузки и при кратковременных перегрузках. Характеризуется появлением на коллекторе следов почернения, не устранимых протиранием бензином, а также появлением нагара на щетках.

3. Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных вылетающих искр. Такой режим работы допускается только для моментов прямого включения и реверсирования машин без пускового реостата. Характеризуется значительным почернением коллектора, не устранимым протиранием бензином, а также подгаром и разрушением щеток. Режим коммутации 3 класса допускается только в том случае, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы.

**Вибрация оборудования, фундаментов и частей здания, создаваемая работающим двигателем не должна превышать допустимых значений. Шум, создаваемый электродвигателем совместно приводимым им механизмом, также не должен превышать уровня, допускаемого санитарными нормами.

7 ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ

При эксплуатации электроустановки возможно нарушении изоляции токоведущих частей, в результате которого корпус, а также другие металлические части оказываются под напряжением. Для защиты человека от поражения электрическим током эти предметы заземляют или зануляют.

Заземление это преднамеренное соединение предмета с землей с помощью заземляющего проводника и заземлителя, естественного или искусственного. Защитный эффект заземления состоит в шунтировании тела человека малым сопротивлением.

Зануление это соединение предмета с предварительно заземленным нейтральным проводом токоподводящей сети. Защитный эффект зануления обусловлен быстрым отключением опасного напряжения. Для четкого срабатывания системы защитного отключения необходимо чтобы сопротивление петли фаза – ноль не превышала допустимого значения. В противном случае корпус установки с пробитой изоляцией длительное время может находиться под опасным напряжением.

Заземление или зануление выполняют:

- при напряжении 380 В и выше переменного а также 440 В и выше постоянного тока - во всех случаях;
- при напряжении 42...380 В переменного тока и 110...440 В постоянного тока - в помещениях с повышенной и особой опасностью а также в наружных установках;
- во взрывоопасных установках при любых напряжениях.

Сопротивление заземляющих устройств в электроустановках до 1кВ с изолированной нейтралью должно быть не больше 4 Ом, а в

электроустановках 220, 380 и 660 В с глухозаземленной нейтралью - не больше соответственно 8, 4 и 2 Ом.

В электроустановках 3...35 кВ с изолированной нейтралью сопротивление заземляющих устройств должно быть не больше $250/I_p$, но, в то же время, не больше 10 Ом (I_p - расчетный ток замыкания на землю). Если заземляющее устройство одновременно используется для установок до и выше 1кВ, то сопротивление его не должно превышать $125/I_p$ а также удовлетворять требованиям, предъявляемым к заземлению (занулению) электроустановок до 1кВ (не больше 8, 4 или 2 Ом соответственно напряжению).

Заземлению или занулению подлежат:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- приводы электрических аппаратов;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- каркасы, а также съемные или открывающиеся части конструкций, на которых установлено электрооборудование напряжением переменного тока выше 42В или постоянного тока выше 110В;
- металлические конструкции распределительных устройств;
- металлические кабельные конструкции и кабельные соединительные муфты;
- металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводок;
- кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода;
- электрооборудование, установленное на опорах воздушных линий электропередачи;
- металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;
- электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Указанные выше металлические части заземляют или зануляют как на стационарных, так и на передвижных электроустановках и переносных электроприемниках.

Заземлению или занулению не подлежат корпуса электроприемников с двойной изоляцией, а также корпуса электроприемников, подключаемых к сети через разделительный трансформатор.

Разрешается не выполнять преднамеренного заземления или зануления:

- корпусов электрооборудования, аппаратов установленных на заземлённых (занулённых) металлических конструкциях при условии надежного электрического контакта с заземлёнными или занулёнными основаниями.
- арматуры изоляторов всех типов, оттяжек, кронштейнов и осветительной арматуры, установленных на деревянных опорах ВЛ и деревянных конструкциях открытых подстанций;
- металлических скоб, крепов, обойм, а также отрезков металлических труб, используемых для прохода проводов и кабелей через стены.

Естественные заземлители. В первую очередь для заземления электроустановок используются естественные заземлители. Если эти заземлители имеют сопротивление, удовлетворяющее требованию ПУЭ, то искусственные заземлители не применяют.

В качестве естественных заземлителей используют:

- железобетонные фундаменты зданий и сооружений;
- проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением: трубопроводов для горючих жидкостей и газов, чугунных трубопроводов а также временных трубопроводов строительных площадок;
- обсадные трубы и другие металлические конструкции, имеющие соединение с землей;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.

Алюминиевые оболочки кабелей и неизолированные алюминиевые провода использовать в качестве заземлителей запрещается

К строительным конструкциям, используемым в качестве заземляющих устройств, предъявляются следующие основные требования:

- все элементы металлических и железобетонных конструкций должны образовывать единую электрическую цепь по металлу;
- в железобетонных элементах (колоннах) должны предусматриваться закладные детали для присоединения корпусов электрического и технологического оборудования на высоте 0,5 м от пола;
- молниеприёмная сетка, расположенная на кровле здания (при наличии молниезащиты), должна иметь металлическую связь с рабочей арматурой железобетонных колонн.

Искусственные заземлители должны применяться лишь в случае, если естественные заземлители не удовлетворяют

требованиям ПУЭ [2] по значениям сопротивления заземляющего устройства и по напряжению прикосновения. По форме и расположению в грунте искусственные заземлители подразделяют на следующие группы:

Углубленные – изготавливают из круглой или полосовой стали, укладывают горизонтально на дно котлованов по периметру фундаментов зданий.

Вертикальные - стержни из круглой стали либо из отрезки угловой стали вертикально ввинчивают, вдавливают или забивают в грунт.

Горизонтальные – стержни круглого сечения или стальные полосы, укладывают горизонтально в траншею.

В практике часто применяют **комбинированные** заземлители, состоящие из вертикальных стержней и соединяющих их горизонтальных полос.

Обычно для заземлителей применяют круглую сталь диаметром 10...16 мм, полосовую сталь сечением 40 x 4 мм и угловую сталь 50 x 50 x 5 мм. Применять трубы не рекомендуется из-за их дороговизны.

Длина вертикальных заземлителей принимается равной: ввинчиваемых 4,5...5 м, забиваемых 2,5...3 м. Вертикальные заземлители в плане располагают в соответствии с проектом. При уменьшении расстояния между ними суммарное сопротивление заземляющего устройства увеличивается из-за взаимного экранирования.

На территориях электроустановок с большим удельным сопротивлением земли (больше 200 Ом*м) применяют углубленные заземлители, а также искусственную обработку земли с укладкой слоев соли, не увеличивающей коррозию стали - нитрата натрия либо гидрата окиси кальция. Если вблизи электроустановок есть участки земли с малым удельным сопротивлением, устраивают **выносные заземлители**. На территориях распространения вечномёрзлых грунтов заземлители помещают в непромерзающие водоемы или в талые зоны, в том числе искусственные, а также используют артезианские скважины.

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников используют в первую очередь:

- нулевые рабочие проводники;
- специально предусмотренные для этой цели проводники;
- металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.);
- металлические конструкции производственного назначения;
- металлические стационарно проложенные трубопроводы различного назначения (кроме трубопроводов горючих и

взрывоопасных веществ и смесей, а также канализации и центрального отопления);

- стальные трубы электропроводок;
- алюминиевые оболочки кабелей;
- металлические кожухи шинпроводов, короба и лотки электропроводок.

Не допускается использовать для этих целей металлические оболочки трубчатых проводов, металлорукава, несущие тросы (при тросовой электропроводке), а также броню и свинцовые оболочки кабелей и проводов.

Каждая заземляемая или зануляемая часть электроустановки присоединяется к сети заземления (зануления) при помощи отдельного ответвления. Площадь сечения заземляющего или зануляющего провода регламентируется в зависимости от их материала (сталь, медь, алюминий) и место прокладки (в земле, в помещении, в составе питающего кабеля). При заземлении нескольких электроустановок используют магистральную стальную шину, один конец которой соединен с соединителем. Магистраль прокладывается в непосредственной близости от заземляемого электрооборудования (обычно прибавается по низу стены дюбелям) и имеет короткие ответвления с отверстиями для болтов. Последовательное включение заземляемых (зануляемых) частей электроустановки запрещается. При этом разрешается последовательное включение нескольких стационарных металлических конструкций (рельсовых путей, обрамлений каналов, строительных ферм и колонн и т. п.), используемых в качестве заземляющих (нулевых защитных) проводников или магистралей заземления (зануления).

Для защиты от поражения электрическим током при нарушении изоляции используются также **различные системы защитного отключения**, которые можно подразделить на две группы:

1. Защитные устройства, основанные на контроле потенциала (напряжения) на металлических частях корпуса. Если на корпусе появляется опасное напряжение, это фиксируется датчиком и вызывает защитное отключение электроустановки.
2. Защитные устройства, основанные на контроле токов утечки. Для контроля токов утечки применяют специальный датчик (трансформатор тока), который устанавливают: в однофазной цепи – на оба провода, идущие к потребителю; в трехфазной цепи – на все три либо четыре провода (в зависимости от схемы подключения). Таким образом датчик тока фиксирует сумму всех токов протекающих через потребитель, а в соответствии с первым законом Кирхгофа эта сумма должна быть равна нулю. Если у

потребителя есть утечка тока через изоляцию любого из фазных проводов на корпус, а следовательно и на землю, на выходе датчика появляется сигнал, который вызывает защитное отключение потребителя.

8

Монтаж телекоммуникационных сетей

Особенности прокладки сетей проводного радиовещания, телевидения, пожарной и охранной сигнализации, телефонной и компьютерной связи.

9 МОНТАЖ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Методы монтажа электронной аппаратуры полезно рассмотреть в их историческом развитии. Первыми генераторными и усилительными элементами были электронные лампы. Их устанавливали в панели, закреплённые на металлических шасси. Электролитические конденсаторы сглаживающих фильтров питающего напряжения крепили непосредственно к шасси, вставляя в отверстия и прикручивая гайками. К этим же шасси прикрепляли изоляционные колодки с лепестками. Резисторы и конденсаторы висели, припаянные выводами к этим лепесткам, а также к лепесткам ламповых панелей и электролитических конденсаторов. Такой способ получил название **навесного** монтажа.

Электрические соединения при навесном монтаже выполняют отрезками медных монтажных проводов. При большом количестве соединений монтажные провода связывают в жгуты. При массовом изготовлении электронной аппаратуры для изготовления жгутов применяют специальные шаблоны. Шаблоны делают плоскими и объёмными. Раскладку проводов на шаблоне выполняют по таблицам соединений. После проверки правильности раскладки жгута ему придают круглую форму и связывают толстой ниткой, применяя специальные стягивающие узлы. Готовый жгут переносят на изделия, закрепляют и выполняют электрические соединения. Для электронной аппаратуры, работающей в условиях механических перегрузок и вибраций, жгуты изготавливают из гибких многопроволочных проводов.

С появлением транзисторов произошла миниатюризация электронных устройств, и стал широко применяться способ **печатного** монтажа. Под печатанием схем подразумевают такую технологию производства, при которой монтажные провода в виде

полосок фольги наносятся на изоляционное основание (плату). В качестве основания используют гетинакс, стеклотекстолит и другие изоляционные материалы, а в качестве проводников - медь, алюминий, никель и золото. Выводы деталей вставляют в металлизированные отверстия платы и запаивают. Одновременно это обеспечивает механическое крепление деталей.

Печатный монтаж имеет следующие преимущества: высокая плотность расположения проводников, малые габариты и масса, низкая стоимость в массовом производстве, хорошая повторяемость параметров, большая механическая прочность и стойкость к климатическим и тепловым воздействиям.

К недостаткам печатного монтажа относятся: большая длительность цикла подготовки производства, принципиальная невозможность полного экранирования, ограничение максимальных габаритов печатных плат из-за уменьшения их жесткости, сложность контактирования печатных плат на гибком основании, плохая ремонтопригодность (ограниченное число перепаек).

Печатные платы. В основе печатного монтажа лежит печатная плата, представляющая собой диэлектрическую пластину, на которую с одной или двух сторон нанесены печатные проводники в виде тонких электропроводящих полосок. В более сложных случаях применяют многослойные печатные платы, склеенные между собой. Контактные переходы между слоями 3...5 выполняют с помощью сквозных отверстий, покрытых токопроводящим материалом, нанесённым электрохимическим или гальваническим способом.

В практике конструирования электронной аппаратуры на печатной плате особо важное место занимает компоновка. При рациональной компоновке деталей следует добиваться минимальной длины соединительных проводников. Следует также учитывать, что любой элемент схемы (резистор, транзистор, конденсатор, катушка индуктивности и т. д.) требует для нормальной работы площади и объёма пространства гораздо больше своих геометрических размеров, поскольку электрическое, магнитное и тепловое поле работающего элемента выходят за пределы его конструкции. Непродуманная компоновка деталей на плате являются главными причинами неудовлетворительной работы прибора, собранного по многократно проверенной схеме.

Изготовление печатной платы. Когда схема соединений вычерчена, координаты центров контактных площадок, отверстий для крепления, а также контуры платы переносят на плату из фольгированного материала (или на шаблон при мелкосерийном производстве). Поверхность фольги перед этим тщательно зачищают микронной шкуркой, чтобы удалить пленку окислов, а

затем обезжиривают ацетоном. В дальнейшем следует избегать касания фольги руками.

После этого рисунок печатной платы наносят на фольгу кислотоупорной краской (нитроэмаль НЦ-25, асфальтово-битумный лак, цапонлак). Контуры контактные площадок удобно наносить стеклянным рейсфедером с надетой на него ПВХ трубкой или другим способом.

Рисунок печатных проводников можно выполнять самодельным рейсфедером, изготовленным из использованного пластмассового стержня шариковой авторучки. Конец стержня длиной 130 мм осторожно нагревают над пламенем спиртовки. Как только трубка размягчится, оттягивают ее конец и обрезают лезвием. Пластмассовый стержень пишет мягче металлического или стеклянного. В процессе работы рейсфедер необходимо периодически промывать в ацетоне.

Заготовки печатных плат обычно травят в растворе хлорного железа с удельным весом 1,36, налитом в фотокувету подходящих размеров. Процесс травления длится 0,5... 1,5 ч. Его можно ускорить покачиванием кюветы. После окончания процесса травления заготовку ополаскивают, тщательно промывают теплой проточной водой. Лак снимают наждачной бумагой №60, №80 или тампоном, смоченным в ацетоне. Далее в плате сверлят отверстия под выводы деталей и для элементов крепления крупных деталей, а также обрабатывают плату по контуру. После сверления со стороны, противоположной печатным проводникам, со всех отверстий аккуратно удаляют заусеницы, пользуясь сверлом, заточенным под углом 90°, и диаметром примерно вдвое большим, чем сверло, которым сверлили отверстие. Готовую печатную плату следует для консервации покрыть тонким слоем канифоля лака или сразу же залудить хотя бы контактные площадки. Лудить проводники платы удобно следующим образом. Тщательно зачищенные проводники покрывают тонким слоем спиртоканифоля флюса. На конец тонкого деревянного стержня надевают отрезок оплетки экранированного кабеля длиной около 20 мм и закрепляют его проволочным биндажом. Свободный конец оплетки, пропитанный припоем, прижимают жалом паяльника к проводнику платы и двигают вдоль него. Слой получается тонким и ровным. Если излишки припоя замкнули соседние проводники, еще раз проводят нагретой оплеткой, чтобы она впитала лишний припой.

Монтаж микросхем. Интегральные схемы располагают на печатных платах, как правило, рядами, хотя допускается их расположение в шахматном порядке. При размещении микросхем на плате учитывают легкость доступа к любой из них и возможность замены.

Микросхемы со штыревыми выводами при расстоянии между выводами, кратном 2,5 мм, располагают на печатной плате таким

образом, чтобы их выводы совпадали с узлами координатной сетки. Если расстояние между выводами не кратно 2,5 мм, то их помещают так, чтобы один или несколько выводов совпадали с узлами координатной сетки и первый вывод совпадал с ключом. При этом микросхемы устанавливаются только с одной стороны печатной платы, причем между микросхемами и платой обычно оставляют зазор. Микросхемы с планарными выводами припаивают к металлизированным контактным площадкам или впаивают выводы в металлизированных отверстиях печатной платы. При монтаже и демонтаже микросхем в металлическом корпусе удобно пользоваться небольшим магнитом с прикрепленной к нему ручкой из жести или захватом. Перед монтажом микросхем серий К133, К144 и других в подобном корпусе их выводы обычно формируют, т. е. изгибают так, чтобы обеспечить одновременное прилегание к плате всех выводов. Сформировать выводы можно пинцетом, плоскогубцами, но быстрее и лучше - специальным приспособлением из пуансона и матрицы.

При пайке микросхем желательно применять теплоотвод в виде медного стержня с плоским концом и углублением. Аналогичную конструкцию можно выполнить широкозахватной, рассчитанной на одновременное касание всех выводов микросхемы.

Л и т е р а т у р а

1 Соколов Б. А., Соколова Н. Б. Монтаж электрических установок. -М.: Энергоатомиздат, 1991. -596 с.

2 Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. -М.: Энергоатомиздат, 1986. -648 с.

3 Бурда А. Г. Обучение в электромонтажных мастерских. - М.: Радио и связь, 1988. -232 с.

4 Баран А. Н., Качан Н. Г., Шедько А. М. Технология электромонтажных работ: Лабораторный практикум. -Мн.: Дизайн ПРО, 2000. -208 с.

5 Нестеренко В. М., Мысьянов А. М. Технология электромонтажных работ: Учебное пособие для НПО. 2-е изд., стер. -М.: Академия, 2005. -592 с.

6 Сибикин Ю. Д. Справочник электромонтажника: Учебное пособие для НПО.-М.: Академия, 2003. -336 с.

7 Москаленко В. В. Справочник электромонтёра: Справочник для НПО. 2-е изд., стер. -М.: Академия, 2005. -288 с.