

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра «Риск и БЖД»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.12.02 «Пожарная безопасность электроустановок»

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль образовательной программы «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Форма обучения (заочная)

Содержание

1. Конспект лекций	
1.1 Лекция № 1 (Л-1) Основы пожарной безопасности электроустановок.....	3
1.2 Лекция №2 (Л-2) Основы пожарной безопасности электрических сетей	12
1.3 Лекция №3 (Л-3) Пожарная безопасность осветительных устройств	19
2. Методические указания по проведению лабораторных работ	20
2.1. Лабораторная работа №1 (ЛР-1) Пожарная опасность электрооборудования	20
2.2 Лабораторная работа № 2 (ЛР-2) Основы пожарной безопасности электрических сетей.....	23
2.3 Лабораторная работа № 3 (ЛР-3) Электромонтажные работы.....	25
2.4 Лабораторная работа №4 (ЛР-4) Исследование электрического сопротивления тела человека в зависимости от площади контактной поверхности.....	32

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Основы пожарной безопасности электроустановок»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Характеристики общей схемы электроснабжения потребителей электрической энергии.
2. Сущность и характеристика типовых причин пожаров от электроустановок.
3. Общие принципы профилактики пожаров от нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Характеристики общей схемы электроснабжения потребителей электрической энергии.

Приемники электроэнергии I, II и III категорий по степени надежности электроснабжения предъявляют различные требования к источникам и схемам питания.

Приемники электроэнергии I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного источника питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы приемников электроэнергии I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. Независимым источником питания приемника электроэнергии или группы приемников электроэнергии называют источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных ПУЭ для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих приемников.

К числу независимых источников питания относят две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

- 1) каждая секция или система шин в свою очередь имеет питание от не зависящего источника питания;
- 2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной секции (системы) шин.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы приемников электроэнергии и в качестве второго независимого источника питания для остальных приемников I категории используют местные электростанции, электростанции энергосистем, специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимую непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, осуществляют технологическое резервирование.

Электроснабжение приемников электроэнергии I категории с особо сложным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований осуществляют от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляют дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Приемники электроэнергии II категории обеспечивают электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для приемников электроэнергии II категории при нарушении электроснабжения от одного источника питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. ПУЭ допускают питание приемников электроэнергии:

- II категории — по одной воздушной линии, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут;
- I категории — по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату;

- II категории — от одного трансформатора при наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 сут.

Для **приемников электроэнергии III категории** электроснабжение выполняют от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

Внутреннее электроснабжение

Схемы радиального питания потребителей электроэнергии. Радиальными называют такие схемы, в которых электроэнергию от центра питания (электростанции предприятия, подстанции или распределительного пункта) передают прямо к цеховой подстанции без ответвлений на пути для питания других потребителей. Такие схемы имеют много отключающей аппаратуры и питающих линий. Исходя из этого, можно сделать вывод, что применять схемы радиального питания следует только для питания достаточно мощных потребителей.

На рис. 1 приведены характерные схемы радиального питания потребителей электроэнергии для систем внутреннего (внешнего) электроснабжения промышленных предприятий. Схема на рис. 1, а предназначена для питания потребителей III категории или потребителей II категории, где допустим перерыв в электроснабжении на 1—2 сут.

Схема на рис. 1, б предназначена для потребителей II категории, перерыв питания у которых может быть допущен не более 1 — 2 ч. Схема на рис. 1, в предназначена для электроснабжения потребителей I категории, но ее используют и для питания потребителей II категории, имеющих народнохозяйственное значение в масштабе страны, и перерыв в питании которых влечет за собой недоотпуск продукции (например, выпуск подшипников).

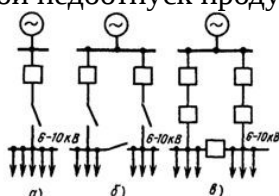


Рис. 1. Характерные радиальные схемы питания в системе внутреннего и внешнего электроснабжения промышленного предприятия

Схемы магистрального питания потребителей электроэнергии применяют в системе внутреннего электроснабжения предприятий, когда потребителей достаточно много и радиальные схемы питания явно целесообразны. Обычно магистральные схемы обеспечивают присоединение пяти-шести подстанций с общей мощностью потребителей не более 5000-6000 кВА.

На рис. 2 приведена типичная схема магистрального питания. Эта схема характеризуется пониженной надежностью питания, но дает возможность уменьшить число отключающих аппаратов напряжения и более удачно скомпоновать потребителей для питания в группе по пять-шесть подстанций.

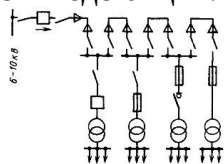


Рис. 2. Характерная магистральная схема питания в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

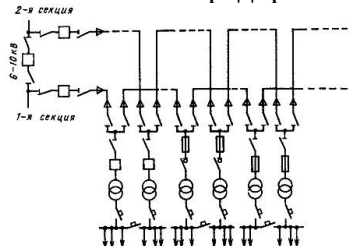


Рис. 3. Характерная схема питания сквозными двойными магистралями в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

Когда необходимо сохранить преимущества магистральных схем и обеспечить высокую надежность питания, применяют **систему двойных транзитных (сквозных) магистралей** (рис. 3). В этой схеме при повреждении любой питающей магистрали высшего напряжения питание надежно обеспечивают по второй магистрали путем автоматического переключения потребителей на секцию шин низшего напряжения трансформатора, оставшегося в работе. Это переключение происходит со временем 0,1—0,2 с, что практически не отражается на электроснабжении потребителей.

Схемы смешанного питания потребителей электроэнергии. В практике проектирования и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий редко встречаются схемы, построенные только по радиальному или только по магистральному принципу. Обычно крупные и ответственные потребители или приемники питают по радиальной схеме.

Средние и мелкие потребители группируют, и их питание осуществляют по магистральному принципу. Такое решение позволяет создать схему внутреннего электроснабжения с наилучшими технико-экономическими показателями. На рис. 4 приведена такая смешанная схема питания.

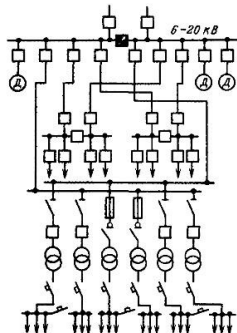


Рис. 4. Характерная смешанная (радиально-магистральная) схема питания в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

Внешнее электроснабжение

Питание от энергосистемы без собственных электростанций. На рис. 5 приведены схемы электроснабжения промышленных предприятий, питание которых производят только от энергосистем. На рис. 5, а представлена схема радиального питания. Здесь напряжение сети внешнего электроснабжения совпадает с высшим напряжением сети на территории внутри предприятия (система внутреннего электроснабжения), благодаря чему не требуется трансформация для предприятия в целом. Такие схемы электроснабжения характерны при питании прежде всего на напряжениях 6, 10 и 20 кВ.

На рис. 5, б приведена **схема так называемого глубокого ввода 20—110 кВ и реже 220 кВ, когда напряжение от энергосистемы без трансформации вводят по схеме двойной транзитной (сквозной) магистрали на внутреннюю территорию предприятия.** В этой схеме при напряжении 35 кВ понижающие трансформаторы устанавливают непосредственно у зданий цехов, и они имеют низшее напряжение 0,69 — 0,4 кВ.

Однако при напряжениях энергосистемы 110 — 220 кВ непосредственная трансформация на 0,69 — 0,4 кВ для цеховых сетей оказывается обычно нецелесообразной из-за сравнительно малой суммарной мощности потребителей отдельного цеха. В таких случаях может оказаться целесообразной промежуточная трансформация на напряжение 10 — 20 кВ на нескольких промежуточных понизительных подстанциях, каждая из которых должна питать свою группу цехов.

В случаях крупных печных или специальных преобразовательных установок большой мощности может оказаться целесообразным трансформировать напряжение 110 или 220 кВ непосредственно на технологическое напряжение (обычно отличное от 0,69 или 0,4 кВ) установкой специальных для этого понижающих трансформаторов непосредственно у зданий цехов.

На рис. 5, в приведена возможная схема электроснабжения промышленного предприятия с наличием трансформации, осуществляемой в месте перехода от схемы внешнего к схеме внутреннего электроснабжения, которая характерна для предприятий значительной мощности и большой территории. На рис. 5, г дана схема при условии трансформации на два напряжения, что

характерно для мощных узлов (цехов) предприятий, находящихся на значительном расстоянии друг от друга.

Питание от энергосистемы при наличии на промышленном предприятии собственной электростанции.

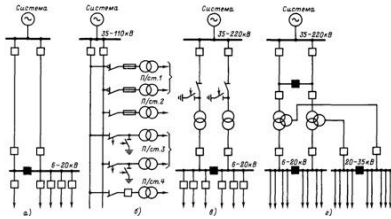


Рис. 5. Характерные схемы электроснабжения при питании промышленных предприятий только от энергосистемы

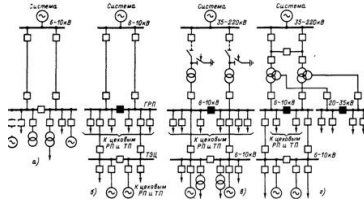


Рис. 6. Характерные схемы электроснабжения при питании промышленных предприятий от энергосистемы и собственной электростанции

На рис. 6 приведены **характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий при наличии на предприятии собственной электростанции**. На рис. 6, а дана схема для случая, когда место расположения электростанции совпадает с центром электрических нагрузок предприятия и питание предприятия от энергосистемы осуществляют на генераторном напряжении.

На рис. 6, б приведена схема для случая, когда электростанция находится в удалении от центра его электрических нагрузок, но питание от системы происходит на генераторном напряжении. На рис. 6, в представлена схема для случая, когда питание от системы осуществляют на повышенном напряжении и распределение электроэнергии по территории предприятия происходит на генераторном напряжении. Электростанция предприятия помещена вне центра электрических нагрузок.

На рис. 6, г изображена схема, условия которой аналогичны схеме, представленной на рис. 6, в, но трансформацию производят на два напряжения. В схемах на рис. 5, б, г и рис. 6, г для питания от системы на напряжениях 35 — 220 кВ применяют варианты, приведенные на рис. 7. Схему на рис. 7, а (без выключателей на стороне высшего напряжения) рекомендуют как более дешевую в исполнении и не менее надежную в эксплуатации, чем схема на рис. 7, б.

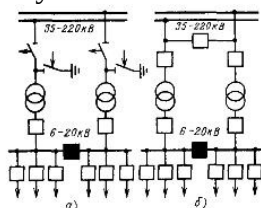


Рис. 7. Схемы присоединения трансформаторов ГПП к питающей сети 35 — 220 кВ энергосистемы

Однако применение схемы на рис. 7, а возможно только для тех случаев, когда операцию по включению и отключению трансформаторов ежедневно не производят, так как соблюдают экономически целесообразный режим их работы. Если отключение и включение трансформаторов происходит ежедневно, выбирают схему, представленную на рис. 7, б.

Питание только от собственной электростанции. На рис. 8 приведена схема питания потребителей электроэнергии от собственной электростанции, что характерно для предприятий, удаленных от сетей энергосистем; однако по мере развития электрификации количество таких схем питания будет все время уменьшаться.

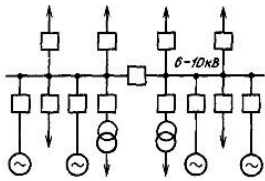


Рис. 8. Характерная схема электроснабжения при питании промышленного предприятия только от собственной электростанции

При электроснабжении цехов, имеющих вакуумные электрические печи всех типов, необходимо учитывать, что перерыв в питании вакуумных насосов приводит к аварии и браку дорогостоящей продукции. Эти печи следует отнести к приемникам электроэнергии I категории.

2. Сущность и характеристика типовых причин пожаров от электроустановок.

Как показывает статистика, более 20 % всех пожаров, связанных с эксплуатацией электроустановок, приходится на электрические аппараты управления, регулирования и защиты.

На промышленных предприятиях в электроустановках широко применяются магнитные пускатели. В магнитном пускателе, из-за дефектов при изготовлении и неправильного режима эксплуатации возникают неисправности, как правило, в виде чрезмерного повышения температуры деталей. Недопустимое повышение температуры катушки в большинстве случаев связано с появлением в ней междувитковых КЗ. Экспериментально установлено, что причиной повышенного нагрева катушки может быть также увеличение напряжения сети выше допустимого предела (105 % номинального). Чрезмерный нагрев токоведущих частей получается при перегрузке пускателя, ослаблении затяжки контактных соединений, загрязнении контактных поверхностей и износе главных контактов.

Для защиты от токов КЗ и значительных перегрузок на отходящих линиях силовых трансформаторов, батарей статических конденсаторов электродвигателей, светильников и других электроустановок применяют в основном плавкие предохранители и воздушные автоматические выключатели. Плавкий предохранитель состоит из металлической плавкой вставки, поддерживающего ее контактного устройства и корпуса. Некоторые предохранители имеют также устройства для гашения дуги, образующейся при расплавлении плавкой вставки. При увеличении тока в цепи до определенного значения плавкая вставка предохранителя нагревается до температуры плавления металла и расплавляется (перегорает), отключая перегруженную или короткозамкнутую цепь. Чем больше ток, проходящий через плавкую вставку, тем она быстрее расплавляется и отключает цепь.

Пожарная опасность аппаратов защиты заключается в появлении электрической дуги и искрообразования при перегорании плавкой вставки, а также в возможности нагрева токоведущих частей при нарушении плотности контактов. Часто пожары являются результатом ненадежной работы аппаратов защиты и наличия плавких вставок завышенного сечения.

Пожарная опасность электроустановочных изделий связана с нагревом их пластмассовых деталей до температуры воспламенения за счет тепла, выделяемого токоведущими элементами, контактами или коммутационными дугами.

«Сухие» радиаторы, или точнее отопительные панели, имеют ряд преимуществ по сравнению с электрорадиаторами с промежуточным теплоносителем: они просты по конструкции, нет опасности перегрева масла или воды и нарушения герметичности, значительно менее инерционны.

Пожарная опасность люминесцентных светильников определяется тремя составляющими: схемой зажигания (пуска), материалом рассеивателя и качеством пускорегулирующей аппаратуры.

Особую опасность в люминесцентной светотехнической аппаратуре представляют рассеиватели, которые до настоящего времени выпускаются только из горючих материалов.

На уровень пожарной опасности люминесцентных светильников оказывает существенное влияние качество их пускорегулирующей аппаратуры.

Наибольшую опасность представляют пускорегулирующие аппараты тех светильников, которые включены в систему так называемого дежурного освещения объектов.

В помещениях с горючей пылью пожарная опасность светильников увеличивается благодаря прониканию пыли к нагретым частям и токоведущим деталям через неплотности поврежденных защитных стекол.

Повреждения изоляции в период эксплуатации электроустановок могут происходить по следующим причинам:

1. Электрические: перенапряжения, сверхтоки.
2. Механические: удар, нажим, сдавливание, изгиб,
? повреждение инородным телом.
3. Воздействие окружающей среды: влажность, тепло, солнечный свет, излучение (ультрафиолет), старение, химическое воздействие.

Величина предельных значений мощности, при которой начинается процесс термического разложения конструкционных материалов, определяет характеристики уставки тока.

На рис.2.2.1 на примере простой цепи (рис. 2.2.2) показана зависимость мощности, выделяемой в месте дефекта изоляции, от сопротивления изоляции (локального тока утечки).

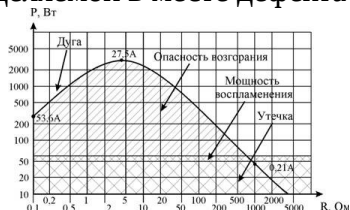


Рис.2.2.1. График зависимости мощности возгорания от сопротивления изоляции: P – мощность, R – сопротивление изоляции

Из графика следует, что уже при сопротивлении изоляции ниже 1000 Ом возможно выделение мощности, достаточной для воспламенения изоляции.

Расчет мощности, выделяемой на сопротивлении изоляции, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ по следующим формулам:

$$P_{ут} = I_{ут}^2 \cdot R_{из} = U^2 \cdot \frac{R_{из}}{(R_3 + R_{из})^2};$$

$$R_{\Sigma} = R_3 + R_{из};$$

$$I_{ут} = \frac{U_n}{R_3 + R_{из}};$$

где: U – напряжение;

I_{ут} – ток утечки;

U_н – напряжение сети;

P_{ут} – мощность, выделяемая на сопротивлении изоляции;

R – суммарное сопротивление в цепи утечки;

R_{из} – сопротивление изоляции (локальное);

R_з – сопротивление заземлителя.

3. Общие принципы профилактики пожаров от нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок.

Электрические сети и электрооборудование, используемые на объектах различного назначения, должны отвечать требованиям действующих «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ)\ «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ) и др.

На промышленных объектах большое значение имеет правильный выбор электрооборудования. С этой целью определение класса взрыво- и пожароопасности помещений и наружных установок должно проводиться технологами совместно с энергетиками проектирующей или эксплуатирующей организации. У входа в производственное помещение должна быть надпись с указанием его класса по взрывной или пожарной опасности.

Лица, ответственные за состояние электроустановок (главный энергетик, начальник электроцеха, инженерно-технический работник соответствующей квалификации, назначенный приказом руководителя предприятия или цеха), обязаны:

- а) обеспечить организацию и своевременное проведение профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов электрооборудования, аппаратуры и электросетей, а также своевременное устранение нарушений ПТЭ и ПТБ, могущих привести к пожарам и загораниям;
- б) следить за правильностью выбора и применения кабелей, электропроводов, двигателей, светильников и другого электрооборудования в зависимости от класса пожаро- и взрывоопасности помещений и условий окружающей среды;
- в) систематически контролировать состояние аппаратов защиты от КЗ, перегрузок, внутренних и атмосферных перенапряжений, а также других аварийных режимов работы;
- г) следить за исправностью специальных установок и средств, предназначенных для ликвидации загораний и пожаров в электроустановках и кабельных помещениях;
- д) организовывать систему обучения и инструктажа дежурного персонала по вопросам пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок;
- е) участвовать в расследовании случаев пожаров и загораний от электроустановок, разрабатывать и осуществлять меры по их предупреждению.

Дежурный электрик (сменный электромонтер) обязан производить плановые профилактические осмотры электрооборудования, проверять наличие и исправность аппаратов защиты и принимать немедленные меры к устранению нарушений, которые могут привести к пожарам и загораниям. Результаты осмотров электроустановок, обнаруженные неисправности и принятые меры следует фиксировать в оперативном журнале.

Проверка изоляции кабелей, проводов, надежности соединений, защитного заземления, режима работы электродвигателей должна производиться электриками предприятия как наружным осмотром, так и с помощью приборов. Замер сопротивления изоляции проводов должен производиться в сроки, установленные ПТЭ и ПТБ.

Все электроустановки должны быть защищены аппаратами защиты от токов КЗ и других аварийных режимов, которые могут привести к пожарам и загораниям.

Плавкие вставки предохранителей должны быть калиброваны с указанием на клейме номинального тока вставки (клеймо ставится заводом-изготовителем или электротехнической лабораторией).

Соединение, оконцевания и ответвления жил проводов и кабелей во избежание опасных в пожарном отношении переходных сопротивлений необходимо производить при помощи опрессовки, сварки, пайки или специальных зажимов.

Устройство и эксплуатация временных электросетей, как правило, не допускаются. Исключением могут быть временные иллюминационные установки и электропроводки, питающие места производства строительных и временных ремонтно-монтажных работ.

Переносные светильники должны быть оборудованы защитными стеклянными колпаками и сетками. Для этих светильников и другой переносной электроаппаратуры надлежит применять специально предназначенные. Для этой цели гибкие кабели и провода с медными жилами с учетом возможных механических воздействий.

Прокладка электрических проводов и кабелей транзитом через складские, производственные и иного назначения помещения также не допускается.

Воздушные линии электропередачи от пожароопасных производственных и складских зданий, установок, навесов и штабелей горючих материалов в соответствии с требованиями норм должны располагаться на расстоянии не менее полуторакратной высоты опоры.

В производственных и складских помещениях с наличием горючих материалов (бумага, хлопок, лен, каучук и др.), а также изделий в сгораемой упаковке электрические светильники должны иметь закрытое или защищенное исполнение (со стеклянными колпаками). Осветительная электросеть должна быть смонтирована так, чтобы светильники не соприкасались со сгораемыми конструкциями зданий и горючими материалами.

Электродвигатели, светильники, проводка, распределительные устройства должны очищаться от горючей пыли не реже 2 раз в месяц, а в помещениях со значительным выделением пыли — не реже 4 раз в месяц.

При эксплуатации электроустановок запрещается:

использовать электродвигатели и другое электрооборудование, поверхности которого при работе нагреваются более чем на 40 °С по сравнению с температурой окружающего воздуха;

использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией и изоляцией, которая в процессе эксплуатации потеряла необходимые электроизоляционные свойства (например, сопротивление изоляции каждого участка в электросетях до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу);

оставлять под напряжением электрические провода и кабели с неизолированными концами;

пользоваться поврежденными розетками, ответвительными и соединительными коробками, рубильниками и другими электроустановочными изделиями.

Неисправности в электросетях и электроаппаратуре, которые могут вызвать искрение, КЗ, перегрев изоляции кабелей и проводов, должны немедленно устраняться дежурным персоналом. Если сделать это в короткое время не представляется возможным, электрики должны принять меры к отключению таких участков электросети до приведения их в пожаробезопасное состояние.

Большое значение и профилактике аварийных режимов в электроустановках имеет правильный выбор аппаратов защиты. Так, защита от перегрузок с помощью предохранителей возможна при условии, если защищаемые элементы установки будут иметь запас по пропускной способности на 25 % больше номинального тока плавких вставок. Например, если речь идет о защите от перегрузки электропроводки квартиры, то она обеспечивается, когда

$$I_{\text{ном,в}} \leq 0,8 I_{\text{дл,доп}},$$

где $I_{\text{ном,г}}$ — номинальный ток плавкой вставки, А; $I_{\text{дл,д}}$ — длительно допустимый ток через электропроводку, А.

Выбор предохранителей производится по следующим трем условиям:

а) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше расчетного тока нагрузки $I_{\text{р}}$, или равен ему, т. е.

$$I_{\text{ном,в}} \geq I_{\text{р}};$$

б) предохранитель не должен отключать установку при пусковых токах, характерных для нормальной эксплуатации;

в) при КЗ предохранитель должен отключать аварийную линию за минимальное время и по возможности селективно.

Защита силовых и осветительных сетей от перегрузки и возникающих КЗ осуществляется автоматическими выключателями. Выбор номинальных токов тепловых расцепителей или нагревательного

элемента теплового реле магнитного пускателя $I_{\text{н.тепл}}$, а также номинальных токов электромагнитных расцепителей $I_{\text{нсм.элм}}$ необходимо производить по соотношениям

$$I_{\text{ном,тепл}} \geq I_{\text{р}} \text{ и } I_{\text{ном,элм}} \geq I_{\text{р}}.$$

Однако необходимо учитывать, что защита от тока КЗ полностью не исключает появление источников зажигания. Так, электрические искры при локальных КЗ возникают практически всегда, даже при наличии чувствительной защиты.

Ограничение продолжительности аварийных режимов, особенно КЗ, является важным фактором противопожарной защиты.

Второе условие связано с необходимостью предотвратить перегорание плавкой вставки от кратковременных толчков тока, вызванных пуском двигателей, например, с короткозамкнутым ротором.

Пусковой ток двигателя определяется по формуле

$$I_{\text{п,дв}} = k I_{\text{ном,дв}},$$

где k — кратность пускового тока; $I_{\text{ном,дв}}$ — номинальный ток двигателя, А.

Плавкая вставка при пуске двигателя не расплавится, если выполняются следующие условия: при защите одиночных двигателей, имеющих длительность пускового периода 2—2,5 с,

$$I_{\text{НОМ,В}} \geq \frac{I_{\text{П,ДВ}}}{2,5};$$

при защите одиночного двигателя с частыми пусками и длительностью пускового периода более 2,5

$$I_{\text{НОМ,В}} \geq \frac{I_{\text{П,ДВ}}}{1,6 \div 2};$$

при защите линии, к которой подключена смешанная нагрузка.

$$I_{\text{НОМ В}} \geq \frac{I_{\text{Р}} + I_{\text{П,ДВ}}}{2,5}.$$

Электрические сети в зависимости от степени опасности возникновения пожара и взрыва разделяются на две группы:

сети, которые должны быть защищены от перегрузок и от токов КЗ;

сети, которые должны быть защищены только от токов КЗ. Защита от перегрузок для таких сетей не предусматривается.

К первой группе, для которой обязательна защита от перегрузок, относятся:

сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сети:

сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой;

осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;

силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях в случаях, когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводов и кабелей.

Все остальные сети относятся ко второй группе, не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от КЗ.

Сечение проводов и кабелей по нагреву определяется по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок приведенным в ПУЭ, гл. 1-3.

Большое значение для предотвращения пожаров в кабельных проводках имеет использование кабелей с пониженной горючестью изоляции. Это позволяет в значительной мере сдерживать развитие пожара даже в случае его возникновения и сделать систему электроснабжения более устойчивой к возникновению опасных факторов пожара. Однако потребность в таких кабелях удовлетворяется еще не полностью. Поэтому одним из путей повышения пожарной безопасности кабелей является нанесение на них огнезащитных покрытий, которые делятся на две группы: специально разработанные для кабелей и применяемые для защиты строительных конструкций. Последние являются покрытиями вспучивающегося типа. В целом эти покрытия удовлетворяют всем требованиям огнезащиты, кроме их гигроскопичности. Поэтому они защищаются дополнительной водостойкой оболочкой, что снижает их огнезащитные свойства.

Кроме указанных требований, специфичных для эксплуатации электроустановок, всему персоналу следует соблюдать общие правила пожарной безопасности, в том числе режимного характера (курение в строго установленных местах, соблюдения правил пользования открытым огнем при ремонтных работах, сварке, пайке и т. п.). Выполнение этих требований позволяет сократить число пожаров на объектах. Вместе с тем следует учитывать, что профилактика пожаров не может полностью гарантировать от возможности их возникновения. В этом случае наряду с правильными действиями по тушению пожара важное значение приобретает своевременное его обнаружение, что достигается применением автоматической пожарной сигнализации.

Требования пожарной безопасности к ремонтно-монтажным и огневым работам. Ответственность за обеспечение указанных Мер возлагается на руководителей предприятия, цехов и мастерских, в помещениях или на территории которых осуществляются такие работы.

Руководители и инженерно-технические работники предприятий, цехов, установок и других производственных участков обязаны выполнять сами и следить за строгим соблюдением подчиненным персоналом требований «Правил пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства», утвержденных ГУПО МВД.

Запрещаются монтаж и ремонт оборудования и установок, а так же огневые работы без принятия мер, исключающих возможность возникновения пожара. При реконструкции цехов и замене оборудования без остановки производственного процесса должен быть разработан план мероприятий по усилению пожарной безопасности на этот период.

Руководитель предприятия или другое должностное лицо, назначенное ответственным за пожарную безопасность здания, цеха, помещения, установки, обязаны обеспечить тщательную проверку места проведения огневых или других пожароопасных временных работ в течение 3—5 ч после их окончания.

Во время проведения работ по наклейке покрытий полов и отделке конструкций помещений с применением горючих клеев и мастик запрещается присутствие людей, не связанных непосредственно с ремонтно-строительными работами. Запрещается также одновременное проведение в одном помещении электрогазосварки и отделочных работ с использованием мастик, красок, клеев и других горючих веществ и материалов.

После окончания ремонтно-монтажных работ запрещается оставлять в помещениях баллоны с кислородом и горючими газами. Такие баллоны необходимо удалять из помещения на место их постоянного хранения.

При выполнении сварочных работ (рис. 10), а также при монтажных работах возможно образование искр и раскаленных частиц, попадание которых на горючие вещества и материалы может вызвать их загорание. Исследования показывают, что частицы, образующиеся при сварке, способны воспламенить древесные опилки, хлопок, древесную пыль, ветошь и т. п. Характерной особенностью пожаров от частиц сварки является то, что пламенное горение может возникнуть намного позже времени проведения сварочных работ. В связи с этим рекомендуется после окончания сварочных работ тщательно осматривать рабочее место и при необходимости пролить его водой.

Наиболее часты пожары из-за нарушения правил проведения сварочных работ в производственных (около 60 % всех пожаров от сварочных работ) и административных (около 20%) зданиях. Наиболее характерными местами их возникновения являются чердаки (15%), подсобные помещения (10 %), технологические установки (19 %) и производственные помещения (21 %).

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Основы пожарной безопасности электрических сетей»

1.2.1 Вопросы лекции:

- 1.Классификация электрических сетей.
- 2.Конструкция, маркировка и область применения проводов и кабелей, способы их прокладки.
- 3.Аппараты защиты, их назначение, виды, номинальные параметры и конструктивные особенности.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1.Классификация электрических сетей.

Классификация электрических сетей может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д. По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока; по напряжению: сверхвысокого напряжения — $U_{\text{ном.}} > 330$ кВ, высокого напряжения — $U_{\text{ном.}} = 3/220$ кВ, низкого напряжения — $U_{\text{ном.}} < 1$ кВ. По конфигурации схемы сети делятся на замкнутые и разомкнутые.

По выполняемым функциям будем различать системообразующие, питающие и распределительные сети. Системообразующие сети напряжением 330—1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, объединяя мощные электростанции и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления, и одновременно обеспечивают передачу электроэнергии от мощных электростанций. Системообразующие сети осуществляют системные связи, т. е. связи очень большой длины между энергосистемами. Режимом системообразующих сетей управляет диспетчер объединенного диспетчерского управления (ОДУ). В ОДУ входит несколько районных энергосистем — районных энергетических управлений (РЭУ).

Питающие сети предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и частично от шин 110—220 кВ электростанций к центрам питания (ЦП) распределительных сетей — районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнутые. Как правило, напряжение этих сетей ранее было 110—220 кВ. По мере роста плотности нагрузок, мощности электростанций и протяженности электрических сетей увеличивается напряжение распределительных сетей. Так, в последнее время напряжение питающих сетей иногда бывает 330—500 кВ.

Районная подстанция имеет обычно высшее напряжение 110—220 кВ и низшее напряжение 6—35 кВ. На этой подстанции устанавливают трансформаторы, позволяющие регулировать под нагрузкой напряжение на шинах низшего напряжения. Эти шины — ЦП распределительной сети, которая присоединена к ним.

Сети 110—220 кВ обычно административно подчиняются РЭУ. Их режимом управляет диспетчер РЭУ.

Распределительная сеть предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от шин низшего напряжения районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям. Такие распределительные сети обычно разомкнутые или работают в разомкнутом режиме. Различают распределительные сети высокого ($U_{\text{ном.}} > 1$ кВ) и низкого ($U_{\text{ном.}} < 1$ кВ) напряжения. В свою очередь по характеру потребителя распределительные сети подразделяются на промышленные, городские и сельскохозяйственного назначения. Ранее такие распределительные сети выполнялись с напряжением 35 кВ и ниже, а в настоящее время — до 110 и даже 220 кВ. Преимущественное распространение в распределительных сетях имеет напряжение 10 кВ, сети 6 кВ применяются при наличии на предприятиях значительной нагрузки электродвигателей с номинальным напряжением 6 кВ. Электрические сети 20 кВ применяются только в Латвийской энергосистеме. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания сетей 6 и 10 кВ в основном в сельской местности. Передача электроэнергии на напряжении 35 кВ непосредственно потребителям, т. е. трансформация 35/0,4 кВ, используется реже.

Для электроснабжения больших промышленных предприятий и крупных городов осуществляется глубокий ввод высокого напряжения, т. е. сооружение подстанций с первичным напряжением 110—500 кВ вблизи центров нагрузок. Сети внутреннего электроснабжения крупных городов — это сети 110 кВ, а в отдельных случаях к ним относятся глубокие вводы 220/10 кВ. Сети сельскохозяйственного назначения в настоящее время выполняют на напряжение 0,4—110 кВ, а также на 220 кВ при большой протяженности сельских линий в районах Сибири или Дальнего Востока.

Электрические сети делятся на системообразующие и распределительные. Кроме того, в выделяются промышленные, городские и сельские сети. Назначением распределительных сетей в соответствии с является дальнейшее распределение электроэнергии от подстанций системообразующей сети (частично также от шин распределительного напряжения электростанции) до центров питания промышленных, городских и сельских электросетей. Первой ступенью распределительных сетей общего пользования являются сети 220, 330, 500 кВ, второй ступенью — 110 и 220 кВ; затем электроэнергия распределяется по сети электроснабжения отдельных потребителей.

Электрические сети подразделяются на местные и районные и, кроме того, на питающие и распределительные. К местным относят сети с номинальным напряжением 35 кВ и ниже, к районным — с номинальным напряжением, превышающим 35 кВ. Питающей линией называется

линия, идущая от ЦП к РП или непосредственно к подстанции, без распределения электроэнергии по ее длине. Распределительной линией называется такая, к которой вдоль ее длины присоединено несколько трансформаторных подстанций или вводов к электроустановкам потребителей. Понятия «местная» и «распределительная» сети (так же как «районная» и «питающая» в) близки, но не совпадают, так как в последнее время напряжение распределительных сетей может быть 110кВ и даже 220кВ. Эти сети нельзя различать только по напряжению.

2.Конструкция, маркировка и область применения проводов и кабелей, способы их прокладки.

Проводом называется одна или несколько голых или изолированных проволок, служащих для передачи электроэнергии. Провод голый - не имеет изоляции. Провод изолированный незащищенный - имеет изоляцию, которая не предохраняет его от механических повреждений. Провод изолированный защищенный - имеет поверх изоляции металлическую или иную оболочку для предохранения от механических повреждений. Жила - одна или несколько скрученных между собой проволок. Шнур - провод, состоящий из двух и более скрученных между собой изолированных жил, обладающих гибкостью.

Токоведущие жилы в проводах бывают медные и алюминиевые. Если в обозначении марки провода первая буква А - то провод имеет алюминиевую жилу. Медная жила не маркируется. Провода с резиновой изоляцией имеют в условном обозначении букву Р, стоящую, как правило, после буквы П. В - провод с полихлорвиниловой изоляцией. Н - провод с найритовой изоляцией. Г - провод гибкий. Л - токопроводящая жила покрыта лаком. Ф - металлическая оболочка с фальцованным швом. Ш - шнуры. Бумажная изоляция буквенного обозначения не имеет. Например, провода и шнуры с резиновой изоляцией: ПР, АПР, ПРТО, ПРГ, ПРГЛ, КР. Провода с полихлорвиниловой изоляцией: ПВ, АПВ, ПГВ, ППВ, АППВ, АППВС. Провода, имеющие металлическую оболочку: ПРП, ТПРФ, АТПРФ, ШРПЛ, ШРПС.

Кабелем называется проводник, состоящий из одной или нескольких изолированных жил, заключенных в защитную герметичную оболочку (свинцовую, алюминиевую, полихлорвиниловую, полиэтиленовую, резиновую, найритовую). Поверх защитной оболочки для защиты от механических повреждений изоляции применяется бронепокров из стальной ленты, плоской или круглой стальной проволоки иногда броня кабеля защищается наружным джутовым покровом.

Расшифровка марок кабелей производится согласно таблицы 1.

Таблица 1.

Конструкция кабеля	Место символа в обозначении марки кабеля			Значение символа
	в начале	в середине	в конце	
Токопроводящая жила	А			Алюминий
Изоляция жил		Р		Резина
		В		Полихлорвинил
		П		Полиэтилен
Защитная герметичная оболочка	А			Алюминий
	С			Свинец
	В			Полихлорвинил
	Н			Найрит
Броня			Б	Стальная лента
			П	Проволока
			Г	Без джутового покрова поверх брони (голый)
			Т	Для прокладки в трубах
Отдельно освинцованные жилы	О			

Способы прокладки проводов и кабелей.

Внутренняя проводка

По способу выполнения электропроводки бывают открытые и скрытые. В качестве монтажных и крепежных материалов используются: ролики, изоляторы, воронки, изолированные

втулки.

Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению и ценности сооружений, их конструкции и архитектурным особенностям. При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности. В кабельных сооружениях, производственных помещениях и электропомещениях для электропроводок следует применять провода и кабели с оболочками только из трудносгораемых или несгораемых материалов.

Замкнутые каналы и пустоты, которые используются для прокладки проводов и кабелей должны быть несгораемы. Соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (винтовых, болтовых и т.п.) в соответствии с действующими инструкциями, утвержденными в установленном порядке. В местах отсоединения и ответвления провода и кабели не должны испытывать механических усилий.

Конструкция соединительных и ответвительных коробок и сжимов должна соответствовать способам прокладки и условиям окружающей среды.

В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках изоляция проводов и изолирующей опоры, а также опорные и несущие конструкции, трубы, короба и лотки должны быть влагостойкими.

В пыльных помещениях не рекомендуется применять способы прокладки, при которых на элементах электропроводки может скапливаться пыль, а удаление ее затруднительно. В помещениях и наружных установках с химически активной средой все элементы электропроводки должны быть стойкими по отношению к среде, либо защищены от ее воздействия.

В местах, где возможны механические повреждения электропроводки, они должны быть защищены трубами, коробами, ограждениями.

Не допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для присоединения к электроустановкам, установленным непосредственно на виброизолирующих опорах.

В музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах следует применять провода и кабели только с медными жилами. Для питания переносных и передвижных электроприемников следует применять шнуры и гибкие кабели с медными жилами, специально предназначены для этой цели.

В местах пересечения проводов, если расстояние между ними менее 10 мм, должна быть наложена дополнительная изоляция.

При пересечении проводов и кабелей с трубопроводами расстояние между ними в свету должно быть не менее 50 мм, а с трубопроводами содержащими ЛВЖ, ГЖ и ГГ - не менее 100 мм.

При параллельной прокладке расстояние от проводов и кабелей до трубопровода должно быть не мене 100 мм, а до трубопроводов с ЛВЖ и ГГ не менее 400 мм.

С целью предотвращения проникновения и скопления воды и распространения пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу следует заделывать зазоры между проводами, кабелями и трубой. Заделка должна обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

Трубы, короба и гибкие металлические рукава электропроводок должны прокладываться так, чтобы в них не могла скапливаться влага.

Электропроводки в чердачных помещениях.

В чердачных помещениях могут применяться следующие виды электропроводок: открытая, проводами и кабелями, проложенными в трубах, а также защищенными проводами и кабелями в оболочках из несгораемых или трудносгораемых материалов на любой высоте; незащищенными изолированными одножильными проводами на роликах или изоляторах на высоте не менее 2,5 м; скрытая, в стенах и перекрытиях из несгораемых материалов на любой высоте.

Открытые электропроводки в чердачных помещениях должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами. С алюминиевыми жилами допускаются в чердачных помещениях с несгораемыми перекрытиями и со сгораемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах.

Наружные электропроводки.

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки должны быть расположены таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения. Наружная электропроводка по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не допускается, за исключением вводов в здание.

Расстояние от проводов, пересекающих пожарные проезды до поверхности земли должны быть не менее 6 м, вне проезжей части - не менее 3,5 м. Расстояние между проводами должны быть: при пролете до 6 м - не менее 0,1 м, при пролете более 6 м - не менее 0,15 м. Расстояние от проводов до стен и опорных конструкций должны быть не менее 50 мм.

Прокладка проводов в стальных трубах и коробах в земле вне зданий не допускается.

Расстояние от проводов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м. Расстояние между проводами у изолятора ввода, а также от проводов до выступающих частей здания должно быть не менее 0,2 м.

Вводы допускается выполнять через крыши в стальных трубах (гусаках). При этом расстояние по вертикали от проводов ответвления к вводу и от проводов ввода до крыши должно быть не менее 2,5 м.

Для зданий небольшой высоты, на крышах которых исключено пребывание людей, расстояние допускается принимать не менее 0,5 м. При этом расстояние от проводов до земли должно быть не менее 2,75 м.

Кабельные помещения и сооружения, их пожарная опасность и противопожарные мероприятия.

Р.Д. СНИП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства», ПУЭ гл. 2.3.112133, СНИП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий».

Пожарная опасность кабельных помещений характеризуется наличием горючей среды (изоляция, масло), путей распространения и источниками зажигания.

Противопожарные требования к кабельным помещениям.

Кабельные помещения должны быть отделены от других помещений негорючими перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 часа. Такими же перегородками они должны отделяться на отсеки длиной не более 150 м. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м². Выходы из кабельных помещений должны предусматриваться наружу или в помещения с производственными категориями Г, Д. Двери должны быть самозакрывающимися, с уплотненными притворами.

Кабели не должны иметь наружных защитных покровов из горючих, волокнистых и других материалов. Металлические оболочки и броня кабелей, а также металлические конструкции не подлежат окраске после монтажа. Ширина прохода при двухстороннем расположении кабелей должна быть не менее 1 м, а при односторонней - не менее 1,8 м. Помещения должны оборудоваться системой вентиляции с блокировкой в случае возникновения пожара. Все кабельные помещения оборудуются автоматическими установками обнаружения и тушения пожаров.

3. Аппараты защиты, их назначение, виды, номинальные параметры и конструктивные особенности.

Все существующие эксплуатируемые или вновь сооружаемые электрические сети должны быть обеспечены необходимыми и достаточными средствами защиты, прежде всего, от поражения электрическим током людей, работающих с этими сетями, участков цепей и электрооборудования от токов перегрузки, токов короткого замыкания, пиковых токов. Эти токи могут привести к повреждению как самих сетей, так и электроприборов, работающих в этих сетях.

Каждая трансформаторная подстанция, каждая воздушная линия, каждая кабельная линия и распределительные внутридомовые сети, каждый электроприёмник имеют аппараты защиты, обеспечивающие их бесперебойную и надежную работу.

Таких аппаратов на данный момент в мире имеется огромный выбор. Их можно подобрать по типу, по способу подключения, по параметрам защиты. Аппараты защиты электрооборудования и электрических сетей очень обширная группа и включает в себя такие аппараты как: плавкие

вставки (предохранители), автоматические выключатели, разнообразные реле (токовые, тепловые, напряжения и т. п.).



Плавкие предохранители защищают участок цепи от токовых перегрузок и коротких замыканий. Разделяются на одноразовые предохранители и предохранители со сменными вставками. Используются и в промышленности и в быту. Существуют предохранители работающие на напряжении до 1кВ и так же высоковольтные предохранители установленные, работающие на напряжении выше 1000В (например, плавкие предохранители на трансформаторах собственных нужд подстанций 6/0,4 кВ). Удобство в эксплуатации, простота конструкции и легкость при замене обеспечили предохранителям очень большую распространенность.

Подробнее про плавкие предохранители и их использование для защиты электроустановок смотрите здесь:

[Плавкие предохранители ПР-2 и ПН-2 - устройство, технические характеристики](#)

[Плавкие высоковольтные предохранители ПКТ, ПКН, ПКТ](#)



Автоматические выключатели играют ту же роль, что и предохранители. Только по сравнению с ними имеют более сложную конструкцию. Но при этом пользоваться автоматическими выключателями гораздо удобнее. В случае возникновения, например, короткого замыкания в сети в следствии старения изоляции, автоматический выключатель отключит от питания повреждённый участок. При этом сам легко восстанавливается, не требует замены на новый и после проведения ремонтных работ будет снова защищать свой участок сети. Так же пользоваться выключателями удобно при проведении каких либо регламентных ремонтных работ.



Производятся автоматические выключатели с широким спектром номинальных токов. Что позволяет подобрать нужный практически под любую задачу. Работают выключатели на напряжении до 1 кВ и на напряжении свыше 1кВ (высоковольтные выключатели).

Высоковольтные выключатели, для обеспечения чёткого расцепления контактов и предотвращения появления дуги производятся вакуумными, наполненными инертным газом или маслом.

В отличии от плавких предохранителей автоматические выключатели производятся как для однофазных так и для трехфазных сетей. То есть существуют одно-, двух-, трех-, четырехполюсные выключатели контролирующие три фазы трехфазной сети.



Например, при появлении короткого замыкания на землю одной из жил питающего кабеля электродвигателя автоматический выключатель отключит питание на всех трех, а не на одной поврежденной. Так как после исчезновения одной фазы электродвигатель продолжил бы работу на двух. Что не допустимо, так как является аварийным режимом работы и может привести к преждевременному выходу его из строя. Автоматические выключатели производятся для работы с постоянным и переменным напряжением.

Подробнее про автоматические выключатели смотрите здесь:

[Устройство автоматического выключателя](#)

[Расцепители автоматического выключателя](#)

[Автоматические выключатели АП-50](#)

Про выключатели на напряжение выше 1000В:

[Высоковольтные выключатели: классификация, устройство, принцип действия](#)

[Элегазовые выключатели 110 кВ и выше](#)

Так же для защиты электрооборудования и электрических сетей разработано множество разнообразных реле. Под каждую задачу можно подобрать необходимое реле.

Тепловое реле - самый распространённый тип защиты электродвигателей, нагревателей, любых силовых приборов от токов перегрузки. Принцип его действия основан на возможности электрического тока нагревать проводник, по которому он протекает. Основная часть теплового реле – биметаллическая пластина. Которая при нагревании изгибается и тем самым разрывает контакт. Нагрев пластины происходит при превышении током его допустимого значения.



[Тепловые реле - устройство, принцип действия, технические характеристики](#)

Токовые реле, контролирующие величину тока в сети, **реле напряжения**, реагирующие на изменения напряжения питания, **реле дифференциального тока**, срабатывающие при возникновении тока утечки.

Как правило такие токи утечки весьма малы, и автоматические выключатели совместно с предохранителями на них не реагируют, но могут вызвать смертельное поражение человека при контакте его с корпусом неисправного прибора. При большом количестве электроприёмников требующих подключения через дифференциальное реле, для уменьшения габаритов силового щита, питающего эти электроприёмники, используют комбинированные автоматы.

Сочетающие в себе устройства автоматического выключателя и дифференциального реле (автоматы дифференциальной защиты или дифавтоматы). Часто использование таких комбинированных защитных устройств бывает весьма актуально. При этом снижаются габариты силового шкафа, облегчается монтаж и следовательно уменьшаются затраты на установку.



Смотрите также: [Классификация аппаратов дифференциальной защиты](#)

На основе реле на производстве собирают шкафы релейных защит. Сборные шкафы релейных защит обеспечивают стабильную работу потребителей разных категорий. Примером подобной защиты является собранный на базе реле и цифровых блоков защит автоматический ввод резерва (АВР). Надежный способ обеспечения потребителей резервным электроснабжением, при потере основного.



Для работы АВР необходимо наличие хотя бы двух источников питания. Для потребителей первой категории наличие устройства АВР является обязательным условием. Так как перебои в электроснабжении для этой категории потребителей может привести к опасности для жизни людей, нарушению технологических процессов, материальному ущербу.

Устройства защиты должны выбираться согласно параметрам потребителя, характеристике проводников, токов короткого замыкания, типа нагрузки.

1. 3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Пожарная безопасность осветительных устройств»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Электроосвещение.
2. Виды освещения и требования к ним.
3. Электрические светильники, виды, назначение и устройство.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Электроосвещение.

Осветительная установка при нарушении правил устройства может явиться источником возникновения пожар. Причинами могут служить: перегревание проводов и кабелей; перегревание светильников, аппаратов; плохие контакты в электрической цепи; искры, дуги и несоответствие типа проводки, осветительной арматуры или аппаратов условиям среды помещения. Сохранность изоляции и мест соединений проводов в нормальном режиме гарантируется ограничением предельной температуры жил проводов значениями: для изолированных проводов - 55°C, для кабелей до 1 кВ с изоляцией - 80°C и для голых проводов - 70°C.

Указанным температурам соответствуют предельно допустимые токовые нагрузки на провода и кабели для разных условий прокладки сети, содержащиеся в «Правилах устройства электроустановок» в качестве нормативного указания. При токах выше допустимых сеть должна отключаться. Для автоматического разрыва сети при перегрузках или коротких замыканиях служат плавкие предохранители и автоматы защитного отключения.

Предохранители или автоматы следует устанавливать в начале головных участков сети и далее во всех местах, где сечение проводов по направлению к месту потребления энергии уменьшается. Однако установка аппаратов защиты не требуется, если предыдущий аппарат защищает провода меньшего сечения. Аппараты защиты могут также не устанавливаться при выполнении ответвлений к щиткам, когда длина ответвления не превышает 1 м. Допускается устанавливать аппараты защиты на расстоянии до 30 м от места ответвления, если провода будут иметь пропускную способность не менее 10% от пропускной способности питающей линии.

Длительно допустимый ток провода или кабеля ($I_{\text{доп}}$) должен быть не меньше рабочего тока ($I_{\text{раб}}$), определяемого расчетной нагрузкой:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб}},$$

Кроме того, сечения проводов и кабелей должны удовлетворять соотношениям:

$$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_{\text{вс}},$$

$$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_{\text{а}},$$

где $I_{\text{вс}}$ – ток плавкой вставки предохранителя;

$I_{\text{а}}$ – ток установки автомата;

β – коэффициент запаса в сечении проводов для помещений, где электропроводка может вносить дополнительные элементы пожарной опасности.

Внутренние и наружные части светильников и аппаратов при работе не должны нагреваться сверх температур, установленных соответствующим ГОСТ или техническим условиям.

Кроме того, ни на одной из частей аппарата или светильнике, могущих прийти в соприкосновение с взрывчатыми смесями, не должно быть температур или перегревов, превышающих величины, указанные в табл. 1.

Табл. 1. Предельные значения температуры поверхности аппаратов и светильников, могущих прийти в соприкосновение с взрывчатыми смесями.

Группа воспламеняемости	Длительно при нормальной работе, °C		При перегрузке длительностью до 10 сек после нормального рабочего режима, °C	
	температура	перегрев	температура	перегрев
А	200	165	300	265
Б	155	120	220	185
Г	105	70	140	105
Д	80	45	100	65

Все места подключения проводников к аппаратам должны иметь плотное, туго затянутое подсоединение, обеспечивающее хороший контакт. В местах, подвергающихся сотрясениям, должны применяться пружинные шайбы или контргайки. Все контактные соединения должны быть доступны для осмотра и систематически осматриваться в процессе эксплуатации.

Части аппаратов, служащие для оперативного и аварийного размыканий цепи, должны заключаться внутри огнестойких оболочек.

Для предотвращения образования искр или дуг в осветительных установках должны соблюдаться определенные наименьшие расстояния от токоведущих частей здания, между голыми токоведущими частями и между ними и неизолированными металлическими частями.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Пожарная опасность электрооборудования»

2.1.1 Цель работы:

Получения знаний пожарная опасность электрооборудования

2.1.2 Задачи работы:

1. Освоение способов снижения пожарной опасности электрических изделий
2. Изучение нормативно-технических требований и методов испытаний электротехнических изделий на пожарную опасность.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Электроустановки

2.1.4 Описание (ход) работы:

Анализ статистических данных показывает, что ежегодно в России происходит более 50000 пожаров от электрических изделий, что составляет 20,5 % от общего количества пожаров в стране. Чаще всего пожары от электроустановок возникают в жилом секторе - 70-75 %. На промышленных объектах ежегодно возникает около 7 % пожаров, по масштабу последствий и ущербу они занимают значительное место.

В наиболее общем виде концепция обеспечения пожарной безопасности (ПБ) электрических изделий основана на двух крупных направлениях - предотвращении пожара от электроустановок и тушении пожара в случае его возникновения (с учетом специфики электроустановок, находящихся под напряжением).

Наиболее действенный и перспективный путь снижения пожарной опасности электроустановок заключается в предотвращении (профилактике) пожаров. Основные способы снижения пожарной опасности электрических изделий (рис. 1) включают в себя:

- активные средства, которые непосредственно влияют на предотвращение аварийных пожароопасных ситуаций;
- пассивные средства, которые предусматривают целый комплекс мер, а именно - разработку НТД, методов испытаний и их проведения, рекомендаций, организационных мероприятий и соответствующих конструктивных решений.

Способы снижения пожарной опасности электрических изделий.

Отечественные требования по обеспечению пожарной безопасности электротехнических изделий разработаны с использованием международного опыта [1- 6]. Базовой публикацией в этой

части является стандарт МЭК 695-1-1 [1], где для оценки пожарной опасности рассматривают: конструкция изделия, комплектующие и их надежность, пожароопасные свойства материалов.

В соответствии с МЭК 695-1-1[1] цель работы по обеспечению пожарной безопасности - это снижение до минимума вероятности возникновения пожаров при аварийных режимах работы. В стандарте МЭК понятие "вероятность" используется, но не установлен количественный критерий и не разработан метод оценки вероятности возникновения пожара.

Эти проблемы решены в России при разработке научно-технической концепции оценки и обеспечения пожарной безопасности электрических изделий. Концепция включает в себя два крупных раздела: оценка возможности загорания и оценка последствий пожара (рис. 2).

Концепция определения пожарной опасности электрических изделий.

Вопросы оценки последствий пожара затрагивают решение таких задач, как определение вероятности воздействия опасных факторов пожара на человека и оценку показателей опасности: дымообразующую способность горящих материалов электроизделия, а также токсичность и коррозионная активность продуктов горения. В настоящее время эти вопросы пока не нашли достаточно подробного отражения в российских нормативных документах. Поэтому особое внимание уделено профилактике пожаров, т.е. действует принцип "нет пожара - нет последствий".

Оценка возможности возникновения пожара отражает комплексный подход, включающий использование вероятностных методов, исходя из стохастичности физико-химических явлений, способствующих загоранию, а также детерминистических методов, основанных на прямых измерениях и сравнении полученных результатов с допустимыми по нормам.

Величина допустимой вероятности возникновения пожара определена ГОСТ 12.1.004-91 [7] и составляет $1 \cdot 10^{-6}$ на одно изделие в год. Вероятность возникновения характерного пожароопасного режима Q_n определяют статистически по данным испытательных лабораторий предприятий-изготовителей и эксплуатационных служб.

При наличии соответствующих справочных данных указанная величина может быть определена через общую интенсивность отказов изделия с введением коэффициента, учитывающего долю пожароопасных отказов.

Пожароопасный режим изделия характеризуется значением электротехнического параметра, при котором возможно появление признаков загорания. Например, характерный пожароопасный режим - короткое замыкание (КЗ); характерный электротехнический фактор этого режима - КЗ. При этом учитывают, что загорание изделия возможно только в определенном диапазоне токов КЗ.

Вероятность несрабатывания электрической защиты изделий определяют на основании данных по ее надежности аналогичным образом. Если в качестве критерия возникновения пожароопасного режима используют достижение горючим материалом критической температуры, то ее величину принимают на уровне 80% температуры воспламенения исследуемого изоляционного (конструкционного) материала. Изделие считают удовлетворяющим требованиям пожарной безопасности, если из расчета вероятности возникновения пожара. В том случае, если, принимают решение о доработке конструкции электротехнического изделия.

В ГОСТ 12.1.004-91 [7] приведена "Методика оценки вероятности возникновения пожара в (от) электрических изделиях", которая прошла длительную, почти двадцатилетнюю практическую апробацию. В настоящее время она внедрена в тринадцати государственных стандартах и более двадцати технических условиях на различные виды электротехнической продукции, в том числе приборы электроотопительные, светильники, звонки электрические и др.

Нормативно-технические требования и методы испытаний электротехнических изделий на пожарную опасность.

Статистические данные о пожарах вследствие загораний различных видов электротехнической продукции показывают, что наибольшее их количество (более 60 %) приходится на кабельные линии и электропроводки. На втором месте (около 10 %) - бытовые электроотопительные приборы. Третье место делят вводные устройства и телевизоры.

Обычно пожары в кабельном хозяйстве возникают вследствие:

- применения кабелей распространяющих горение и кабелей с горючими защитными покровами. Количество горючих материалов (защитные материалы и антикоррозионные

покрытия) обычно составляют 20...40 % в зависимости от конструктивного исполнения указанного изделия;

- использования способов прокладки кабелей, при которых поток кабелей распространяет и поддерживает горение;
- недостаточного качества строительно-монтажных работ, несоблюдения при монтаже требований по раскладке кабелей и перенасыщенность кабельных сооружений;
- недостаточной и малой эффективности стационарных автоматических установок обнаружения и тушения пожаров;
- невыполнения на местах противопожарных мероприятий.

Значительное количество пожаров возникает вследствие короткого замыкания (КЗ) в кабелях и кабельной арматуре из-за механических повреждений, дефектов монтажа, старения изоляции, недопустимых перегревов при эксплуатации из-за размещения вблизи горючих поверхностей, несоблюдения плотности кабельных сооружений и т.п.

Следует отметить, что в соответствии с требованиями ПУЭ [10] (п. 3.1.8) электрические сети должны иметь средства защиты от токов КЗ, обеспечивающие по возможности наименьшее время отключения.

Выбор и применение аппаратов защиты регламентирован требованиями гл. 7.3, 7.4 и 3.1 ПУЭ [10]. Наиболее часто применяют такие аппараты защиты, как плавкие предохранители, воздушные автоматические выключатели (автоматы), реле и устройства защитного отключения (УЗО). В работе [10] приведено описание конструкций УЗО, а также основные требования к устройству и рекомендации по выбору оптимального варианта.

Электроизделия, технические характеристики которых в значительной мере определяют пожарную безопасность электроустановок, включены в перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации. Так, обязательной сертификации подлежат следующие кабели (кроме кабелей, прокладываемых в земле, бетоне и под водой):

- силовые для стационарной прокладки на напряжение до 1 кВ;
- силовые для стационарной прокладки на напряжение от 1 кВ и выше;
- силовые с пропитанной бумажной изоляцией (кроме кабелей с защитными покровами типов "Б", "Бл", "Б2л", "Бв", "Б2лШп", "К2л", "К", "Шп");
- силовые гибкие общего назначения;
- шахтные;
- силовые гибкие специализированного назначения, кабели многожильные гибкие подвесные только в оболочке из поливинилхлоридного пластиката;
- нагревательные (в том числе провода);
- управления;
- контрольные (кроме кабелей с защитным покрытием типа "Б");
- для сигнализации и блокировки;
- городские телефонные;
- оптические (только с оболочкой, не распространяющей горение);
- не распространяющие горение (включая кабели с индексом "нг" и "н" и другие одобренные), для прокладки в пучке.

Кроме того, обязательной сертификации подлежат:

- кабельные короба и каналы, трубы для прокладки кабелей и изолированных проводов из полимерных материалов;
- кабельные проходки и герметичные кабельные вводы (материалы, изделия или сборные конструкции);
- холодильники и морозильники бытовые;
- электрогирлянды елочные;
- устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током, используемые в электрических сетях переменного тока с номинальным напряжением не выше 440 В и номинальным током не более 200 А.

Требования к указанным электрическим изделиям в большинстве стран определяют с учетом рекомендаций МЭК. Международные документы носят, как правило, рекомендательный характер. Поэтому каждая страна, в т.ч. и Россия, используя общую идеологию, разрабатывает

свои регламенты, учитывающие национальные особенности.

В России действует несколько основополагающих стандартов в области безопасности для групп однородной продукции, разработанных, как правило, прямым внедрением международных публикаций МЭК. К ним относятся ГОСТ 12176 (МЭК 331 и МЭК 332), ГОСТ 27570 (МЭК 335), ГОСТ 12.1.006 (МЭК 650), ГОСТ 50377 (МЭК 950) и некоторые другие. Анализ указанных стандартов показал, что их использование для сертификации изделий на пожарную безопасность не всегда возможно и целесообразно ввиду ряда причин:

- не всегда учитывается более низкий уровень качества электроэнергии в России и особенностей систем электроснабжения и электросетей;
- не конкретизированы наиболее характерные аварийные пожароопасные режимы для более узких групп однородной продукции;
- не учитываются различные подходы и отношение людей к эксплуатации и профилактике электроизделий и т.п.

Поэтому одним из основных направлений работ при организации сертификационных испытаний является разработка нормативно-технической базы, в которой установлены:

- технические требования, позволяющие обеспечивать качество продукции на уровне мировых стандартов;
- методы испытаний, с помощью которых подтверждается соответствие испытываемой продукции данным требованиям.

Нормативные документы предусматривают проведение испытаний изделий в наиболее вероятных аварийных пожароопасных режимах, оценку качества примененных в конструкциях изделий электроизоляционных материалов, проведение огневых испытаний образцов продукции, расчет вероятности возникновения пожара.

При разработке документов учитывались последние достижения в указанной области, а также вопросы взаимодействия и взаимозависимостей отдельных компонентов в составе электроэнергетической системы. Так, например, рассматривая вопрос пожарной безопасности электропроводок, наряду с критериями пожарной опасности соответственно проводов и кабелей, учтены способы их прокладки, конструкционные особенности электропроводки, влияние электрической защиты и другие факторы. Как уже отмечалось исходя из статистики пожаров, основная доля загораний приходится на кабели и провода. При разработке НД для сертификационных испытаний кабельных изделий выбраны следующие направления

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: «Основы пожарной безопасности электрических сетей»

2.2.1 Цель работы:

Изучить правила предосторожности при пользовании электрооборудованием следы короткого замыкания на электропроводах

2.2.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по применению правил предосторожности при пользовании электрооборудованием

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Фототаблицы, примеры пожаров, наглядная агитация, памятки по правилам пожарной безопасности при пользовании электроприборами Наиболее распространенные виды электропроводов, заводские предохранители

2.2.4 Описание (ход) работы:

Пожары от электрических сетей и электрооборудования могут возникнуть, если не соблюдать элементарные правила пожарной безопасности. Распространенной причиной пожаров являются:

- перегрузка электропроводки;
- плохие контакты при соединении проводов между собой или с клеммами;
- короткое замыкание.

Перегрузка возникает от большого числа приборов, одновременно включенных в сеть. Она сопровождается значительным нагреванием приборов, в результате которого сгораемая изоляция может воспламениться. Для предупреждения нагрева токоведущие жилы проводов в местах

соединения должны быть тщательно скручены и пропаяны. Места соединения обматывают изоляционной лентой. Короткое замыкание в сети может произойти при соединении непосредственно или через металлические предметы, находящиеся под напряжением проводов с нарушенной изоляцией. Во избежание короткого замыкания нужно следить за креплением проводов и исправным состоянием изоляции, не допускать механических повреждений, избегать соприкосновения с металлическими конструкциями, своевременно ремонтировать сеть (привести примеры пожаров по электротехническим причинам).

Попадание на провода влаги может также привести к короткому замыканию и пожару. Поэтому при побелке, ремонте не следует допускать попадание купороса, известкового раствора или воды на провода. Влага часто попадает также на электропровода при неисправной крыше или при протекании водопроводных труб. Нельзя допускать провисание электропроводов. При прохождении электропроводов через стены, перегородки и в местах пересечения необходимо устраивать дополнительную изоляцию (фарфоровые втулки, эбонитовые втулки). Во избежание повреждения изоляции электропровода нельзя завязывать в узлы, скручивать, закреплять гвоздями, а также подвешивать арматуру непосредственно на электрические провода. Эксплуатация электропроводов с поврежденной изоляцией запрещается.

Надежной защитой от коротких замыканий и больших перегрузок являются плавкие или автоматические электропредохранители. Они срабатывают как только в сети повышается сила тока. В этом случае легкоплавкая проволока предохранителя перегорает и разрывает цепь раньше, чем провода успевают разогреться до опасной температуры. Перегоревшие предохранители следует заменить новыми, предварительно устранив причины, вызвавшие перегрузки или короткое замыкание. Для защиты электрических осветительных сетей целесообразно применять автоматические пробочные предохранители. Иногда вместо стандартного предохранителя вставляют толстый медный провод или скрутку жил из проводов (жучок). Такие предохранители не могут предотвратить опасные последствия в электросети при коротком замыкании. Тем более при перегрузке. Электрораспределительные щитки должны располагаться в нишах негорючих стен, а при установке на поверхности стен заключаться в металлические шкафчики. К месту установки щитков должен быть всегда свободный доступ. На полу под ним нельзя размещать сгораемые материалы и предметы, чтобы при сгорании плавких вставок предохранителя или при образовании искр не мог возникнуть пожар.

В спальнях, игровых комнатах и других помещениях рекомендуется применять шарообразные, полусферические и подобные конструкции плафонов, которые в случае разрушения колбы электролампочки исключили бы падение раскаленной нити на пол. В помещениях кружков технического творчества, различных мастерских, складских помещениях и кладовых для хранения сгораемых материалов электросветильники заключаются в стеклянные колпаки.

Особый контроль должен быть установлен за электронагревательными приборами. В спальнях, игровых комнатах, коридорах и других помещениях, где могут находиться дети, пользоваться этими приборами запрещается, а также не допускается их применение, в складских помещениях, конторах, кладовых, административных зданиях.

Все электронагревательные и другие электрические приборы (радиоприемники, телевизоры, холодильники, стиральные машины) подключаются в сеть только с помощью исправных штепсельных вилок и розеток. Нагревательные электрические приборы нельзя оставлять на длительное время включенными в сеть без присмотра. Электролампочки нельзя обертывать бумагой, тканью или другими горючими материалами. Абажуры из горючих материалов не рекомендуется применять в помещениях, где находятся дети, в других же помещениях абажуры должны иметь металлический каркас, обеспечивающий безопасное расстояние от абажура до электролампы.

Не допускается прокладка временных и силовых электропроводки, а также применение переносных электроламп с поврежденными проводами.

По окончании работы в складских и других помещениях, не имеющих дежурного персонала, а также в чердачных и подвальных помещениях электроосветительные сети и установки должны быть полностью обесточены. Для снятия напряжения необходимо иметь

рубильники и кнопочные выключатели, установленные снаружи у входа в помещение на несгораемых стенах в шкафчиках или нишах.

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «Электромонтажные работы»

2.3.1 Цель работы:

Получение навыков проведения электромонтажных работ

2.3.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по проведению электромонтажных работ

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

электрооборудование промышленных установок, материалы изделия, применяемые для монтажа электроустановок

2.3.4 Описание (ход) работы:

Основные направления экономического и социального развития предусматривают интенсивное развитие автоматизации и роботизации всего народного хозяйства страны, повышение энерговооруженности труда.

Решение этих задач непосредственно связано с совершенствованием электрооборудования промышленных установок, со степенью автоматизации технологических линий и участков производства, с качеством обслуживания, от которого зависят бесперебойность и ритмичная работа предприятия.

Политика нашей страны направлена на то, чтобы совершенствовать систему образования с учётом потребностей ускорения социально-экономического развития, требований выдвигаемых прогрессом науки и техники.

Чтобы обслуживать электрооборудование, соответствующее современному уровню развития науки и техники, электромонтёр должен обладать знаниями по устройству электрических двигателей, аппаратов защиты и управления, иметь представление об особенностях работы полупроводниковой техники и устройств автоматики, уметь разбираться в системах электрооборудования технологических установок и устройств и т.д. Цель выпускной квалификационной работы – овладеть необходимым комплексом знаний в области электромонтажных работ.

1. Электромонтажные материалы и изделия

Материалы изделия, применяемые для монтажа электроустановок, можно разделить на четыре основные группы:

электрические кабели, провода и шнуры;

электроизоляционные материалы и изделия;

металл и трубы;

монтажные и электроустановочные изделия и детали.

Электрические кабели, провода, шнуры, электроизоляционные материалы и изделия

Кабели и провода служат для канализации (передачи и распределении) электрической энергии, а также для соединения различных элементов и электроустановок. Кабели разделяются на силовые и контрольные. Последние предназначены для создания цепей контроля, сигнализации, дистанционного управления и автоматики. Кроме того, выпускаются кабели специального назначения, например для горных разработок, судовые, для подвижного состава и др.

Кабель состоит из одной или более изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметичную (металлическую или неметаллическую) оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации могут быть броня и защитные покрытия.

Основными элементами кабелей являются токопроводящие жилы, изоляция, оболочка, броня и наружные покрытия. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей отдельные элементы в их конструкции могут отсутствовать. Токопроводящие жилы изготавливаются из алюминия и меди.

Для электрической изоляции жил кабеля применяют пропитанную кабельную бумагу, резину, пластмассу (поливинилхлорид, полиэтилен и др.).

Кабельная бумага является основным изоляционным материалом, применяемым в кабелях высокого напряжения. После намотки на кабель ее пропитывают электроизоляционным маслом.

Характерным свойством всех резин является их большая эластичность, т. е. способность сильно удлиниться при растяжении без остаточного удлинения после снятия растягивающей нагрузки. Следует также отметить высокую водостойкость и газонепроницаемость резин и их хорошие электроизоляционные характеристики.

Полиэтилен — твердый непрозрачный материал белого или светло-серого цвета, несколько жирный на ощупь. Изделия из полиэтилена получают методами литья под давлением, горячего прессования и экструзии (при нанесении полиэтиленовой изоляции на провод, а также при изготовлении изоляционных шлангов и трубок).

Поливинилхлорид представляет собой порошок белого цвета, из которого получают горячим прессованием или горячим выдавливанием механически прочные изделия (платы, трубы и др.), стойкие к воздействию минеральных масел, многих растворителей, щелочей и кислот.

Оболочки кабелей могут быть свинцовыми, алюминиевыми, резиновыми, пластмассовыми. Они защищают изоляцию токопроводящих жил от воздействия света, влаги, химических веществ и других факторов окружающей среды, а также от механических повреждений.

Защитные покровы кабелей обеспечивают их надежность и долговечность при эксплуатации в различных условиях прокладки. В зависимости от этих условий кабели могут быть небронированными или бронированными стальными лентами, а также прямоугольными либо круглыми оцинкованными проволоками с наружными защитными покровами из волокнистых материалов, пластмасс и др.

В марках кабелей применяются следующие обозначения: оболочка — С (свинцовая), А (алюминиевая), Н (негорючая резина), В (поливинилхлоридная); защитное покрытие — Б (броня из лент), П (броня из плоских проволок); отсутствие наружного покрова — Г (голый), а также в них могут быть буквы, указывающие на наличие других элементов конструкций.

Поливинилхлоридный пластикат — это гибкий рулонный материал, получаемый из порошка поливинилхлорида, смешанного с пластификаторами — густыми маслообразными жидкостями. Этот материал широко применяется в качестве основной изоляции монтажных проводов, а также для изготовления защитных оболочек — шлангов кабелей. Поливинилхлоридный пластикат обычно бывает окрашен в черный, синий, желтый, красный и другие цвета. Из него изготавливают гибкие изоляционные трубки и липкую изоляционную ленту.

Провод представляет собой одну неизолированную жилу или одну и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации могут иметься неметаллическая оболочка и металлические или неметаллические защитные покровы.

Провода разделяются на изолированные и неизолированные, защищенные и незащищенные. Неизолированные (голые) провода, применяемые в основном для прокладки воздушных линий, могут быть алюминиевыми, сталеалюминевыми, медными, бронзовыми и стальными. Изолированные провода могут иметь только алюминиевые и медные токопроводящие жилы.

Для защиты от механических воздействий, света и влаги провода покрывают оболочкой из резины, пластмассы или металлических лент с фальцованным швом. Провода, имеющие внешнюю защитную оболочку, называют защищенными, провода, не имеющие защитной оболочки, — незащищенными.

Шнур состоит из двух или более изолированных гибких или особо гибких жил, скрученных или уложенных параллельно, поверх которых в зависимости от условий эксплуатации могут иметься неметаллическая оболочка и защитные покровы. Шнуры отличаются от проводов гибкостью многопроволочных жил.

В маркировке проводов и шнуров первая буква А указывает материал токопроводящей жилы — алюминий (отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила из меди). Вторая буква П обозначает провод, а третья — материал изоляции (Р — резина, В — поливинилхлорид, П — полиэтилен). В марках проводов и шнуров могут быть и другие буквы, например: О —

оплетка, Т — прокладка в трубах, П - плоский элемент с разделительным основанием, Ф - металлическая фальцованная оболочка, Г — гибкость и др.

Провода и кабели различают по числу и сечениям жил, а также номинальному напряжению. Число жил может быть от одной до четырех (контрольные кабели имеют от четырех до тридцати семи жил); а сечения от 0,75 до 600 мм². Провода изготавливают на напряжения 380, 660 и 3000 В переменного тока кабели — на все стандартные напряжения до 110 кВ.

Металл и трубы

Прокат черных металлов в виде угловой, полосовой, листовой и круглой стали рационально применяется в мастерских электромонтажных организаций для изготовления различных монтажных изделий, деталей и конструкций, которые не выпускаются заводами, а также для заземления элементов электроустановок. Для производства электромонтажных работ чаще всего используют угловую равнобокую сталь малых и средних размеров (сечений), полосовую сталь, листовую сталь и стальную проволоку. Реже применяют швеллерную и круглую стали.

Стальные водогазопроводные обыкновенные трубы применяются для электропроводки только в тех случаях, когда по условиям окружающей среды недопустим другой вид проводки, например на химических предприятиях с взрывоопасной или химически активной средой, ряде металлургических производств и др. В сухих, влажных, жарких и пыльных помещениях преимущественно используются стальные тонкостенные электросварные и неметаллические трубы.

Гибкие металлорукава служат для защиты проводов на вводах и электрооборудование и в местах пересечений трубных проводок с другими коммуникациями. Рукава выпускают трех типов: из стальной оцинкованной ленты с хлопчатобумажным уплотнением марки РЗ-Ц-Х, из стальной оцинкованной ленты с асбестовым уплотнением марки РЗ-Ц-А и из алюминиевой ленты с хлопчатобумажным уплотнением и медной луженой оплеткой марки РЗ-АД-Х-Л. Для электропроводки вместо стальных труб часто используют полимерные трубы — винипластовые, полиэтиленовые, полипропиленовые.

Винипластовые трубы изготавливают четырех видов: легкие (Л), среднелегкие (Сл), средние (С) и тяжелые (Т). В зависимости от толщины стенок полиэтиленовые трубы подразделяют на легкие, среднелегкие, средние и тяжелые, они могут быть также низкой и высокой плотности (последние с меньшей толщиной стенок).

Полипропиленовые трубы различают двух видов — легкие и средние. Метизы — это винты, шайбы, шурупы, болты, гайки. Винты могут быть с полукруглой и потайной головками. Шайбы выпускаются под болты всех стандартных диаметров. Кроме нормальных применяют также пружинные шайбы для усиления контактных соединений. В качестве шин при производстве электромонтажных работ применяются в основном прямоугольные алюминиевые полосы, а в специальных случаях, обоснованных в проекте, — медные. При переменном токе до 200 А и постоянном токе используется плоская, круглая или трубчатая сталь. Монтаж ошиновки аккумуляторных помещений выполняется круглыми медными шинами.

Алюминиевые прямоугольные шины применяют для токопроводов, распределительных устройств, сборок и других электротехнических устройств. Припой — сплав из цветных металлов, служащий для пайки металлических изделий. Применяемые при производстве электромонтажных работ припои делятся на две группы: оловянно-свинцовые марки ПОС с температурой плавления до 400 °С и безоловянистые марок А, Б и ЦА-15. Различают также мягкие и твердые припои.

К мягким припоям относятся также серебряные припои с содержанием серебра до 3 % (ГОСТ 8190—85). К твердым припоям относятся серебряные припои с содержанием серебра 10...70 % марок ПСр-25, ПСр-45, ПСр-70, ПСр-71.

1.3 Монтажные и электроустановочные изделия и детали

При производстве электромонтажных работ используют типовые детали и изделия, выпускаемые специализированными предприятиями. Эти изделия и детали применяются при подготовке трасс для прокладки проводов, кабелей и шин, при их прокладке, закреплении, соединении и присоединении к приборам и аппаратам для защиты от воздействия окружающей среды и механических повреждений, для установки аппаратов, приборов, светильников и т. д.

Монтажные изделия и детали изготавливаются для всех видов электрических установок и для всех видов электромонтажных работ и операций.

Выпускаемые заводами изделия из перфорированной стали: полосы, ленты, швеллеры, рейки, монтажные профили с перфорацией - удобны для изготовления опорных и крепежных конструкций с минимальными трудовыми затратами на монтажно-заготовительных участках и при монтаже.

Из типовых профилей изготавливают рамы и каркасы для сборки щитков и пусковых устройств, для подвески собранных в блоки светильников и для крепления труб, проводов и кабелей. Применение монтажного профиля с закладной гайкой создает весьма удобный вид крепления труб, кабелей, аппаратов без подготовки отверстий при изменении мест крепления. Из перфорированной полосы легко изготовить планки, скобы, траверсы. Полосы с пряжками облегчают закрепление труб или кабелей привязкой. Эти пряжки имеют вырезы для закрепления в перфорации полосы и прямоугольные отверстия для полосок, крепящих кабели или трубы.

2. Электромонтажные приспособления и механизмы

2.1 Механизмы инструменты для пробивных и крепежных работ

При производстве электромонтажных работ в мастерских и непосредственно на объектах монтажа используют механизмы, инструменты и приспособления как общестроительного применения, так и специализированные электромонтажные.

Все машины, механизмы и средства механизации, применяемые в электромонтажном производстве, можно разделить на пять групп: механизированный и ручной инструмент, приспособления и другие средства малой механизации (электрифицированные, пневматические и пиротехнические инструменты, слесарномонтажный и режущий инструмент, монтажные инвентарные приспособления); сварочное оборудование (сварочные трансформаторы и генераторы постоянного тока, полуавтоматы для дуговой сварки в среде защитных газов, оборудование для газовой сварки и резки); специализированные автомашины и автоприцепы и передвижные мастерские; металлообрабатывающие станки и механизмы, сосредоточенные главным образом в мастерских на поточных технологических линиях и в ремонтных цехах (ножницы, прессы, шинотрубогибы, пальцы, листогибочные, сверлильные, обдирочные, заточные, токарные, фрезерные и строгальные станки); монтажные механизмы для разгрузочно-погрузочных и монтажных работ (автомобильные краны, краны на пневмоколесном ходу, трубоукладчики и тракторные краны, гидроподъемники и телескопические вышки, буровые и бурильно-крановые машины, кран-Палки и электротали, аккумуляторные и автомобильные погрузчики, башенные краны и краны-погрузчики, тали и лебедки, блоки и полиспасты), а также общестроительные механизмы (тракторы, бульдозеры и др.).

В качестве средств механизации пробивных работ используют электромагнитобуры, электросверлильные машины и электромолотки с рабочим инструментом (сверлами, буриками, шлямбурами, коронками), оснащенным пластинами из твердых сплавов, а также перфораторы, пневматический и пороховой инструмент.

2.2 Инструменты и механизмы для соединения и оконцовки кабелей

Клещи КСИ-1, предназначенные для снятия изоляции с концов проводов сечением 0,75...4 мм² и их перекусывания, состоят из трех частей, связанных между собой шарнирно: рычага для зажатия проводов, рычага с ножами для надреза изоляции и рычага с ползунком-эксцентрик, перемещающим прижим и фасонный нож в губках клещей.

Модернизированные клещи КСИ-2 с двумя ручками более производительны и удобны в работе. Перекусывание проводов производится ножами кусачек. Ножи сменяются по мере необходимости.

Инструмент МБ-2 предназначенный для снятия изоляции с двухжильных плоских проводов с одновременным разрезанием перемычки между ними, выполняется в виде клещей с двумя ручками.

Пресс-клещи ПК-3 предназначены для опрессовки жил алюминиевых проводов с суммарным сечением 7,5; 13 и 20 мм² в гильзах марок ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 и медных жил сечением 4... 6 мм² в наконечниках типа Т и гильзах типа ГМ, а также для оконцовки медных многопроволочных жил сечением 1,5 и 2,5 мм² в кабельных кольцевых наконечниках П.

Пресс-клещи ПК-4 предназначены для опрессовки алюминиевых наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях сечением 16...35 мм² и гильз марок ГАО-5, ГАО-6, ГАО-8. Эти пресс-клещи имеют блокирующее устройство, которое не позволяет раскрывать их во время работы и снимать наконечник или гильзу до окончания опрессовки на требуемую глубину.

Пресс-клещи ПК-1 состоят из удлиненных рукояток с вилками, двух рычагов и блокирующего устройства. На рычагах закрепляются сменные пуансоны и матрицы. Блокирующее устройство не позволяет раскрывать клещи во время опрессовки и снимать наконечник или гильзу до ее окончания.

Пресс-клещи ПК-2М состоят из рычага, двух рукояток, головки, штока, двух тяг и блокирующего устройства. На штоке закрепляется пуансон, а на головке клещей устанавливается матрица.

Ручные механические прессы типов РМП-7 и РМП-22 предназначены для опрессовки алюминиевых и медных наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях, а также скругления секторных однопроволочных алюминиевых жил. Работают с использованием наборов инструментов НИСО и НИОМ.

Пресс гидравлический ручной типа ПГР-20М1 предназначен для опрессовки алюминиевых и медных наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях, а также скругления секторных однопроволочных и комбинированных алюминиевых жил с использованием набора инструментов типа НИСО и НИОМ.

Пресс пороховой типа ППО предназначен для выполнения оконцевания однопроволочных алюминиевых жил проводов и кабелей путем выштамповки контактной площадки с одновременной пробивкой отверстия.

Ножницы кабельные (секторные) типов НУСК-50, НУСК-300м, НС-2, НС-3 предназначены для перерезания проводов и кабелей с медными и алюминиевыми жилами.

Наборы инструментов типов НИОМ и НИСО предназначены для выполнения оконцеваний и соединений алюминиевых и медных жил способом опрессовки в комплекте с прессами типа ПГР-20М1, РМП-7, РМП-22. Наборы состоят из комплектов матриц и пуансонов.

3. Линии заготовки и технологической обработки элементов осветительных электроустановок

Большую роль в индустриализации электромонтажных работ играют мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ) — производственная база электромонтажных организаций. В мастерских выполняют сборку укрупненных монтажных блоков, заготовку трубных трасс и шин, сборку ошиновки, заготовку электропроводок, комплектных линий и элементов заземляющих устройств, ревизию и зарядку светильников, сборку их в блоки, а также изготавливают нестандартные изделия и конструкции.

Предварительная сборка оборудования, конструкций и изделий в укрупненные блоки и увеличение выпуска электромонтажных заготовок определяют получение значительного экономического эффекта. Работы выполняются в мастерских с применением механизмов и приспособлений заблаговременно, еще до готовности к монтажу строительных сооружений. Для монтажа электрических конструкций, оборудования и сетей, предварительно скомплектованных в укрупненные блоки, требуется меньшее число рабочих и более короткие сроки.

Заготовительные сварочные работы в МЭЗ выполняются на механизированных поточных технологических линиях, оснащенных высокопроизводительными инструментами и приспособлениями. Кроме обработки проводов и кабелей и маркировки заготовок бирками на технологических линиях или стендах (при малом объеме работ) производится комплектация узлов электропроводок и целых линий в контейнеры вместе с крепежными деталями, конструкциями и изделиями, которые затем транспортируются к месту производства работ.

Основным направлением в индустриализации монтажа электросетей является централизованная стендовая заготовка элементов электропроводок и кабельных линий. Заготовленные линии электропроводок вместе с установочными изделиями и приборами, крепежными деталями и конструкциями заводского изготовления укладывают в контейнеры и доставляют к месту монтажа.

Предварительная заготовка труб и сборка трубных блоков производится в мастерских отдельных монтажных организаций централизованно для всех монтажных объектов по замерам или чертежам рабочего проекта и журналам заготовки труб.

Блоки значительной протяженности для удобства транспортировки на машинах собирают из разборных секций. Отдельные трубные участки изготавливают и собирают в комплекте с соединительными ответвительными коробками и затянутыми проводами.

Одиночные шины, элементы ошиновки и комплектные шинные устройства изготавливаются и собираются в мастерских по чертежам проекта или по снятым с натуры замерам. Элементы ошиновки собираются вместе с опорными конструкциями, изоляторами, шинодержателями и другими деталями. Комплектные шинные устройства, например ошиновки трансформаторов, состоят из смонтированных на каркасе разъединителей с приводом, самой ошиновки на опорных изоляторах и проходной плиты.

Открытые шинные магистрали для канализации электроэнергии от внутрицеховых подстанций до распределительных пунктов цехов изготавливаются в мастерских, наматываются на кассеты и транспортируются на монтаж в комплекте с натяжными устройствами, компенсаторами и другими деталями.

Многopанельные щиты собираются укрупненными блоками по несколько панелей в блоке, исходя из условий транспортировки и монтажа на месте (размеров щитовых помещений, монтажных проемов, необходимости использования подъемных механизмов), с полностью законченной ошиновкой, вторичными проводками и предварительной наладкой.

В местах разъема блоков все стыки шин и связи вторичных цепей на время перевозки маркируются и разъединяются. Монтаж блоков и сборка их в щиты производятся на закладных металлоконструкциях, заранее установленных при строительстве помещения, и сводятся только к установке, восстановлению межблочных связей по маркировке и присоединению проводов и кабелей внешней связи.

Панели магнитных станций собираются на конструкциях, укомплектованных необходимыми скобами, бирками и оконцевателями для отходящих фидеров. Ящики сопротивлений устанавливаются на конструкциях, и по монтажным рейкам прокладываются провода связи между ними и панелями магнитных станций.

В мастерских выполняются и другие заготовки: блоки для силовых и осветительных электроустановок (например, блоки магнитных пускателей, собираемые вместе с пусковыми кнопками на конструкциях из перфорированного профиля, с выполненными внутри соединениями, маркировкой и надписями); элементы заземления с опорными и закладными деталями; кабельные заготовки в виде пакетов контрольных и специальных кабелей; блоки цеховых троллеев, в состав которых входят опорные конструкции с установленными на них изоляторами, тролледержателями и компенсаторами; окрашенные токопроводы длиной 6 м; вспомогательные уголки для сварки соседних участков троллеев встык и планки для подсоединения питания к троллеям и др.

Централизованная заготовка и обработка электропроводок и комплектных осветительных линий производится на стендах и технологических линиях в монтажных мастерских. Заводами также выпускаются специальные механизмы, которыми комплектуются эти линии.

4. Правила пользования электромонтажными механизмами и инструментами

Правильная эксплуатация механизированного инструмента и средств малой механизации заключается в регулярном уходе за ними, соблюдении установленных режимов работы и смазывании.

Электрические машины и электрифицированный инструмент. Перед выдачей электрических машин для производства работ проверяются специальными приборами на стенде или мегомметром исправность их электрической (сопротивление изоляции, наличие и исправность заземления, целостность изоляции кабеля и др.), а также механической частей (надежность крепления резьбовых соединений, исправность редуктора, наличие смазки в подшипниках и зубчатых передачах, правильность заточки и установки рабочего инструмента). Перед началом работы необходимо убедиться в соответствии напряжения машины напряжению сети, исправности заземления и проверить работу машины на холостом ходу.

Правильная эксплуатация электрифицированного инструмента обеспечивается также соблюдением установленной продолжительности его включения и чистотой содержания, т. е. своевременным удалением стружки, пыли, строительной мелочи. В процессе эксплуатации необходимо следить за состоянием смазки всех узлов машин и при необходимости заменять ее. Смазку электросверлильных машин обычно меняют через каждые 200 ч работы. Постоянное смазывание шарикоподшипников и шестерен обеспечивается запасом среднеплавкой смазки УС-3, находящейся в гнездах подшипников и редукторе и добавляющейся один раз в два месяца.

Использование электрифицированного инструмента, в частности, электросверлильных машин с напряжением питания 220 В, увеличивает опасность травматизма (при пробое изоляции обмоток корпус такого инструмента оказывается под напряжением 220 В). Правилами техники безопасности в строительстве запрещается пользоваться ручным электроинструментом с напряжением питания 127 и 220 В в помещениях опасных и с повышенной опасностью (допускается использования электроинструментов с напряжением питания 42 В).

Однофазные электросверлильные машины с металлическим корпусом разрешается включать непосредственно в сеть 220 В только трехжильным гибким медным проводом сечением не менее 1,5 мм² в общей оболочке, причем третья жила должна служить исключительно для заземления корпуса машины. Нельзя использовать для заземления нулевую рабочую жилу провода. Нулевая и заземляющая жилы подключаются к заземляющей сети отдельно. Заземляющая жила присоединяется к корпусу винтом.

Перед включением электросверлильной машины следует проверить наличие и исправность заземления, состояние изоляции питающего провода, соответствие напряжения и частоты питающей сети, работу выключателя (несколькими пробными включениями). Во время работы не допускается сильный нагрев сверлильной машины (при котором нельзя держать ладонь на ее корпусе). При сильном искрении коллектора машину надо отключить для устранения его причин.

В настоящее время применяются главным образом электрифицированные механизмы для пробивных работ с напряжением питания 220 В и двойной изоляцией, которая состоит из двух независимых друг от друга ступеней — рабочей и дополнительной. Рабочей называют основную изоляцию, необходимую для работы машины и защиты оператора от поражения электрическим током. Это оплетка или эмаль обмоточных проводов, пазовая изоляция обмоток машин, пропиточные лаки и компаунды, изоляция жил кабеля, проводов и внутренних соединений. Дополнительной изоляцией служат пластмассовые корпуса машин, изолирующие втулки и др. Выпускаются также электросверлильные машины с напряжением питания 42 В и повышенной частотой (200 Гц), безопасные в работе, но для питания которых требуются крупногабаритные переносные преобразователи частоты, поэтому применение их ограничено.

Для повышения безопасности электросверлильных машин на 220 В с одной ступенью изоляции их питание осуществляют от сети через специальный разделительный трансформатор (с коэффициентом трансформации 1:1), имеющий обмотки с усиленной изоляцией, выполненные так, что повреждение первичной обмотки не приводит к образованию потенциала сети во вторичной обмотке. Следовательно, исключается появление потенциала сети и на металлических частях сверлильной машины даже в случае пробоя изоляции.

Выполнение работ в установках, находящихся под напряжением или с частично снятым напряжением, разрешается в исключительных случаях и только электромонтажникам, прошедшим специальное обучение и инструктаж, после получения наряда-допуска и обязательно под надзором эксплуатационного персонала. Пневматический инструмент и сварочные трансформаторы. Основное требование при эксплуатации пневматического инструмента заключается в смазывании его турбинным или соляровым маслом через каждые 4 — 5 ч работы, а нового инструмента через каждые 2-3 ч.

Перед выдачей рабочий-инструментальщик проверяет в машине или перфораторе затяжку всех резьбовых соединений, заполняет масляную полость чистым минеральным маслом, набивает масленки солидолом для смазывания редуктора и подшипников, опробывает работу на холостом ходу, проверяет давление сжатого воздуха и исправность шланга. Падение давления сжатого воздуха резко снижает производительность машины.

В зимнее время пневмоинструмент покрывается влагой от конденсации паров, содержащихся в сжатом воздухе, которую надо своевременно удалять. Кроме того, перед началом работы пневмоинструмент подогревают.

Сварочные трансформаторы требуют постоянного надзора и своевременного устранения всех неисправностей. Уход за трансформаторами заключается в содержании всех их контактов исправными и обеспечении надежного заземления корпуса, поэтому периодически необходимо проверять состояние изоляции, особенно при работе установки на открытом воздухе.

Твердосплавный рабочий инструмент. Основными эксплуатационными показателями, определяющими эффективность такого инструмента, являются его производительность и надежность. Нормальная эксплуатация сводится к правильному выбору инструмента, своевременной заточке, соблюдению режима сверления или пробивки. О затуплении рабочего инструмента и необходимости его заточки судят по значительному снижению скорости проходки, заметному в этом случае увеличению требуемого усилия нажатия на него, а также по падению производительности. Чрезмерное затупление может привести к разрушению рабочих пластин. При нормальной эксплуатации инструмент выдерживает по три-четыре заточки и обеспечивает скорость бурения в бетонных основаниях порядка 1 ...2 мм/с.

Хранением, эксплуатацией и ремонтом инструментов занимается центральное инструментальное хозяйство, которое состоит из двух служб: стационарной инструментальной мастерской с ремонтной группой и передвижной (на машине) инструментальной мастерской.

В стационарной инструментальной мастерской производятся ремонт (восстановление), заправка, клеймение инструмента, наладка и испытание его вхолостую и под нагрузкой, а также контроль за эксплуатацией, комплектацией и количеством.

Планово-предупредительный ремонт машин и механизмов проводят в соответствии с инструкцией. Обычно планируют два вида ремонта — текущий и капитальный. Техническое обслуживание машин подразделяется на ежедневное, выполняемое в течение рабочей смены, и периодическое, выполняемое после отработки машиной определенного количества часов. Для новых машин, не проходивших капитальный ремонт, установлен межремонтный цикл. Для машин, прошедших капитальный ремонт, межремонтный цикл принимается с коэффициентом 0,8.

2.4 Лабораторная работа №4(2 часа).

Тема: «Исследование электрического сопротивления тела человека в зависимости от площади контактной поверхности»

2.4.1 Цель работы:

получить сведения о действии электрического тока на организм человека и о факторах, влияющих на исход поражения человека электрическим током

2.4.2 Задачи работы:

исследовать электрическое сопротивление тела человека

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Действие электрического тока на организм человека

Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер.

Можно выделить четыре основных вида действия электрического тока на организм человека: термическое, электролитическое, биологическое и механическое.

Термическое действие электрического тока проявляется в ожогах участков тела, в нагреве кровеносных сосудов, внутренних органов, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие электрического тока заключается в разложении на компоненты крови, лимфы и других биологических жидкостей, что нарушает их физико-химический состав и нормальное функционирование.

Биологическое действие электрического тока проявляется в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может

сопровождаться судорожными сокращениями мышц, нарушением и даже прекращением деятельности жизненно важных систем и органов человека, в том числе сердца и лёгких.

Механическое действие электрического тока может выражаться в виде разрывов, расслоений и других подобных повреждений тканей организма (мышечных тканей, внутренних органов, кровеносных сосудов, нервных путей и т. п.).

Перечисленные действия электрического тока могут привести к возникновению электротравм.

Все электротравмы можно условно разделить на местные электротравмы, когда возникает местное повреждение организма, и общие электротравмы (так называемые электрические удары), когда поражается весь организм из-за нарушения нормального функционирования жизненно важных органов и систем.

Оба вида травм часто сопутствуют друг другу.

Местные электротравмы – это ярко выраженные нарушения целостности тканей организма.

Обычно это поражение кожи, реже – других мягких тканей, а также связок и костей.

К характерным местным электротравмам относятся электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические электротравмы.

Электрические ожоги делятся на токовые (контактные), возникающие при прохождении тока непосредственно через тело человека, и дуговые, обусловленные тепловым воздействием на тело электрической дуги. Электрические знаки представляют собой четко очерченные пятна серого или бледно-жёлтого цвета на поверхности кожи.

Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи паров и мельчайших частиц расплавленного металла при возникновении электрической дуги. При постоянном токе металлизация кожи возможна как результат электролиза в местах плотного и длительного контакта тела с токоведущей частью.

Электроофтальмия – это воспаление наружных оболочек глаз под действием мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энергично поглощаются клетками организма и вызывают в них химические изменения. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая интенсивно излучает не только видимый свет, но и ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

Механические электротравмы возникают в результате резких судорожных сокращений мышц непосредственно под действием протекающего по ним электрического тока. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

Способы лечения механических электротравм и обычных механических травм существенно различаются. Электрические удары (общие электротравмы) возникают в случаях, когда электрическим током поражается организм человека в целом. Они сопровождаются судорожными сокращениями мышц и функциональными расстройствами в организме, проявляющимися сразу после воздействия тока или через несколько часов, дней и даже месяцев.

В зависимости от тяжести поражения электрические удары условно делятся на четыре степени:

1-я степень характеризуется судорожными сокращениями мышц без потери сознания;

2-я степень характеризуется судорожными сокращениями мышц с потерей сознания;

3-я степень характеризуется нарушением работы сердца или органов дыхания;

4-я степень характеризуется отсутствием дыхания и кровообращения (состояние клинической смерти).

Клиническая смерть – это переходное состояние от жизни к смерти, наступающее с момента прекращения деятельности сердца и лёгких. Состояние клинической смерти характеризуется отсутствием работы сердца и органов дыхания, пострадавший человек не реагирует на болевые раздражения, зрачки его глаз расширены и не реагируют на свет.

Состояние клинической смерти не означает необратимой биологической смерти, и человека ещё можно спасти.

Продолжительность состояния клинической смерти определяется временем с момента прекращения работы сердца и органов дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга

(они начинают гибнуть в организме первыми) и, как правило, составляет 3 – 6 минут. Она зависит от состояния здоровья человека, условий окружающей среды. При повышенной температуре продолжительность клинической смерти уменьшается. Если не принять мер к реанимации пострадавшего (искусственное дыхание и непрямой массаж сердца), то по истечении времени состояния клинической смерти в организме возникнут необратимые изменения, связанные с прекращением биологических процессов в клетках организма и распадом белковых структур, т. е. начнётся переход в состояние биологической смерти.

Причинами смерти от электрического тока могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания или электрический шок. Работа сердца может прекратиться как в результате прямого воздействия тока на мышцу сердца, так и рефлекторно, т. е. через центральную нервную систему.

В обоих случаях возможна остановка сердца или его фибрилляция.

Фибрилляция сердца – это беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы (фибрилл), при котором сердце не в состоянии выполнять функции кровяного насоса. Фибрилляция обычно продолжается недолго и, как правило, переходит в полную остановку сердца. Прекращение дыхания вызывается прямым или рефлекторным действием тока на мышцы грудной клетки.

Электрический шок – своеобразная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ. При шоке непосредственно после воздействия электрического тока наступает кратковременная фаза возбуждения, когда пострадавший реагирует на возникшие боли, у него повышается кровяное давление и т.п. Вслед за этим наступает фаза торможения и истощения нервной системы, когда резко снижается кровяное давление, падает и учащается пульс, ослабевает дыхание, возникает угнетённое состояние и полная безучастность к окружающему миру.

Шоковое состояние может продолжаться от нескольких минут до суток. После этого может наступить или выздоровление, как результат своевременного активного лечебного вмешательства, или гибель в результате полного угасания жизненно важных функций.

2. Факторы, влияющие на исход поражения человека током

Характер и тяжесть поражения электрическим током зависят от ряда факторов, таких как величина и длительность протекания тока через тело человека, путь тока в теле человека, род и частота действующего тока, индивидуальные свойства человека и параметры окружающей среды, фактор внимания.

Электрическое сопротивление тела человека и приложенное к нему напряжение также влияют на исход поражения, но лишь постольку, поскольку они определяют значение тока, проходящего через тело человека, поэтому их можно считать косвенными факторами.

Величина тока, протекающего через тело человека, является основным фактором, влияющим на исход поражения. Реакции организма при протекании тока частотой 50 Гц по пути «рука-рука» или «рука-ноги» - следующие.

При токах до 0,6 мА ощущения не наблюдаются. При токах, превышающих в среднем 1 мА и называемых ощутимыми токами, появляются ощущения слабого зуда и легкого пощипывания.

При токах в несколько мА происходят судорожные сокращения мышц и болезненные ощущения, которые с ростом тока усиливаются и распространяются на все большие участки тела.

При токах более 10 мА (в среднем 15 мА), называемых неотпускающими, возникает едва переносимая боль, а судороги мышц руки становятся непреодолимыми, и человек не в состоянии разжать руку, в которой зажата токоведущая часть. Токи 25-50 мА приводят к параличу рук и сильному затруднению дыхания из-за судорожных сокращений мышц грудной клетки. Кроме того, резко повышается кровяное давление из-за сужения кровеносных сосудов, ухудшается работа сердца.

При токах более 50 мА наблюдается паралич дыхания. В диапазоне токов от 50 мА до 5 А при времени воздействия 1-3 с происходит фибрилляция сердца.

Токи в 5 А и более вызывают немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции, однако после отключения тока дыхание, как правило, самостоятельно не

восстанавливается, и требуется оказывать помощь пострадавшему в виде искусственного дыхания.

Для оценки опасности поражения током принято использовать пороговые токи: осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный.

Пороговыми токами называют наименьшие значения соответствующих токов. Значения пороговых токов зависят от рода тока, частоты и различны у разных людей, поэтому рассматривают вероятность возникновения соответствующих эффектов воздействия тока.

Пороговый осязаемый ток составляет в среднем 1 мА при $f = 50$ Гц и 6 мА при постоянном токе.

Пороговый неотпускающий ток составляет 10 мА при $f = 50$ Гц и 50 мА при постоянном токе. В последнем случае едва переносимая боль возникает в момент отрыва рук от электродов.

Пороговый фибрилляционный ток составляет примерно 100 мА при $f = 50$ Гц и 300 мА при постоянном токе. Верхний предел фибрилляционного тока составляет 5 А.

Продолжительность воздействия тока оказывает существенное влияние на исход поражения человека электрическим током. Чем дольше действие тока, тем больше вероятность тяжелого или даже смертельного исхода поражения. Объясняется это тем, что с увеличением времени воздействия тока на живые ткани повышается его значение за счет уменьшения сопротивления тела человека, накапливаются последствия воздействия тока на организм, и повышается вероятность совпадения момента прохождения тока через сердце с уязвимой фазой Т кардиоцикла, когда желудочки сердца находятся в расслабленном состоянии.

Продолжительность фазы Т составляет около 0,2 с.

Путь тока в теле человека оказывает существенное влияние на исход поражения. Наиболее тяжелые электротравмы возникают в случаях, когда на пути тока оказываются жизненно важные органы (мозг, сердце, легкие) или уязвимые зоны, особо чувствительные к электрическому току.

Наиболее опасными путями протекания тока через тело человека являются: "голова – руки", "голова – ноги", "рука – рука", "рука – ноги". Наиболее уязвимые зоны расположены на внешней стороне кисти рук, на руках выше кисти, спине, шее, висках, плечах, передней части ног. Образование электрической цепи через уязвимые места при неблагоприятном стечении обстоятельств может привести к тяжелым исходам поражения при токах даже в несколько миллиампер.

Род и частота тока также в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасными являются переменные токи с частотами в диапазоне 20 – 100 Гц. При частотах меньше 20 Гц или больше 100 Гц опасность поражения током снижается. Токи с частотами в несколько сотен кГц и выше фибрилляции сердца практически не вызывают, однако это не означает, что их следует считать безопасными, т. к. возможность их термического и биологического действия сохраняется.

При напряжениях до 500 В переменный ток с частотой 50 Гц условно можно считать в 3 – 4 раза опаснее постоянного. При более высоких напряжениях постоянный ток становится опаснее переменного из-за более тяжелых форм ожогов. Индивидуальные свойства человека также влияют на исход поражения электрическим током.

Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары, чем больные и слабые.

Повышенной восприимчивостью к электрическому току обладают лица, страдающие рядом заболеваний, в первую очередь болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, лёгких, нервными болезнями.

Утомление, возникающее к концу рабочего дня, снижая внимательность, не только увеличивает вероятность поражения током, но и может усугубить его тяжесть.

Отягощают электротравму алкогольные опьянения и болезненные состояния, приводящие к истощению нервной системы. Существует список болезней и расстройств, препятствующих допуску к работе по обслуживанию действующих электроустановок. Условия внешней среды в некоторых случаях увеличивают опасность поражения током.

Повышенная влажность и температура, пониженное атмосферное давление, уменьшенное содержание кислорода и увеличенное содержание углекислого газа повышают чувствительность организма к воздействию электрического тока.

Фактор внимания учитывает состояние центральной нервной системы человека. Установлено, что последствия поражения в результате неожиданного электрического удара могут оказаться более тяжелыми по сравнению со случаем, если тот же человек получит электрический удар, ожидая его. Наиболее опасные электротравмы происходят с людьми, случайно оказавшимися под напряжением. Наоборот, если человек знает о грозящей ему опасности, работает в состоянии сосредоточенного внимания, то поражение током, если оно произойдет, не будет для него неожиданным. Последствия такого поражения, как правило, могут оказаться менее тяжелыми при напряжениях до 380 В.

3. Нормирование напряжений прикосновения и токов через тело человека

Для правильного проектирования способов и средств защиты людей от поражения электрическим током необходимо знать допустимые уровни напряжений прикосновения и значений токов, протекающих через тело человека. Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения УПД и токов ПД, протекающих через тело человека по пути "рука – рука" или "рука – ноги" при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, согласно ГОСТ 12.1.038-82*

4. Электрическое сопротивление тела человека

Значение тока через тело человека сильно влияет на тяжесть электротравм.

В свою очередь, сам ток согласно закону Ома определяется сопротивлением тела человека и приложенным к нему напряжением, т.е. напряжением прикосновения. Проводимость живых тканей обусловлена не только физическими свойствами, но и сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами, присущими лишь живой материи. Поэтому сопротивление тела человека является комплексной переменной величиной, имеющей нелинейную зависимость от множества факторов, в том числе от состояния кожи, окружающей среды, центральной нервной системы, физиологических факторов.

На практике под сопротивлением тела человека понимают модуль его комплексного сопротивления.

Электрическое сопротивление различных тканей и жидкостей тела человека не одинаково: кожа, кости, жировая ткань, сухожилия имеют относительно большое сопротивление, а мышечная ткань, кровь, лимфа, нервные волокна, спинной и головной мозг – малое сопротивление.

Сопротивление тела человека, т.е. сопротивление между двумя электродами, наложенными на поверхность тела, в основном определяется сопротивлением кожи. Кожа состоит из двух основных слоев: наружного (эпидермис) и внутреннего (дерма). Эпидермис можно условно представить состоящим из рогового и росткового слоев. Роговой слой состоит из мертвых ороговевших клеток, лишен кровеносных сосудов и нервов и поэтому является слоем неживой ткани.

Толщина этого слоя колеблется в пределах 0,05 – 0,2 мм. В сухом и незагрязненном состоянии роговой слой можно рассматривать как пористый диэлектрик, пронизанный множеством протоков сальных и потовых желез и обладающий большим удельным сопротивлением. Ростковый слой примыкает к роговому слою и состоит в основном из живых клеток.

Электрическое сопротивление этого слоя благодаря наличию в нём отмирающих и находящихся на стадии ороговения клеток может в несколько раз превышать сопротивление внутреннего слоя кожи (дермы) и внутренних тканей организма, хотя по сравнению с сопротивлением рогового слоя оно невелико. Дерма состоит из волокон соединительной ткани, образующих густую, прочную, эластичную сетку. В этом слое находятся кровеносные и лимфатические сосуды, нервные окончания, корни волос, а также потовые и сальные железы, выводные протоки которых выходят на поверхность кожи, пронизывая эпидермис.

Электрическое сопротивление дермы, являющейся живой тканью, невелико. Полное сопротивление тела человека есть сумма сопротивлений тканей, расположенных на пути протекания тока.

Основным физиологическим фактором, определяющим величину полного сопротивления тела человека, является состояние кожного покрова в цепи тока. При сухой, чистой и

неповрежденной коже сопротивление тела человека, измеренное при напряжении 15 - 20 В, колеблется от единиц до десятков кОм.

Если на участке кожи, где прикладываются электроды, соскоблить роговой слой, сопротивление тела упадет до 1 – 5 кОм, а при удалении всего эпидермиса – до 500 – 700 Ом.

Если под электродами полностью удалить кожу, то будет измерено сопротивление внутренних тканей, которое составляет 300 – 500 Ом.

Для приближённого анализа процессов протекания тока по пути "рука – рука" через два одинаковых электрода может быть использован упрощённый вариант эквивалентной схемы цепи протекания электрического тока через тело человека

Электрическое сопротивление тела человека зависит от ряда факторов. Повреждения рогового слоя кожи могут снизить сопротивление тела человека до величины его внутреннего сопротивления.

Увлажнение кожи может понизить ее сопротивление на 30 – 50 %. Влага, попавшая на кожу, растворяет находящиеся на ее поверхности минеральные вещества и жирные кислоты, выведенные из организма вместе с потом и жировыми выделениями, становится более электропроводной, улучшает контакт между кожей и электродами, проникает в выводные протоки потовых и жировых желез.

При длительном увлажнении кожи ее наружный слой разрыхляется, насыщается влагой и его сопротивление может уменьшиться в ещё большей степени.

При кратковременном воздействии на человека теплового облучения или повышенной температуры окружающей среды сопротивление тела человека уменьшается за счёт рефлекторного расширения кровеносных сосудов.

При более длительном воздействии наступает потоотделение, в результате чего сопротивление кожи уменьшается. С увеличением площади электродов сопротивление наружного слоя кожи R_H уменьшается, емкость C_H увеличивается, а сопротивление тела человека уменьшается.

При частотах свыше 20 кГц указанное влияние площади электродов практически утрачивается.

Сопротивление тела человека зависит также и от места приложения электродов, что объясняется различной толщиной рогового слоя кожи, неравномерным распределением потовых желез на поверхности тела, неодинаковой степенью наполнения кровью сосудов кожи.

Прохождение тока через тело человека сопровождается местным нагревом кожи и раздражающим действием, что вызывает рефлекторное расширение сосудов кожи и, соответственно, усиленное снабжение ее кровью и повышенное потоотделение, что, в свою очередь, приводит к снижению сопротивления кожи в данном месте.