

**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 (очная)

Содержание

1. Конспект лекций	
1.1 Лекция № 1 (Л-1) Основы пожарной безопасности электроустановок.....	3
1.2 Лекция №2 (Л-2) Взрывозащитное оборудование.....	12
1.3 Лекция №3 (Л-3) Методы выбора электрооборудования для пожароопасных и взрывоопасных зон.....	18
1.4 Лекция №4 (Л-4) Основы пожарной безопасности электрических сетей	21
1.5 Лекция №5 (Л-5) Пожарная безопасность силовых электроустановок	28
1.6 Лекция №6 (Л-6) Пожарная безопасность осветительных устройств	34
1.7 Лекция №7 (Л-7) Обеспечение пожарной безопасности осветительных устройств.....	36
1.8 Лекция №8 (Л-8) Заземление и зануление электроустановок	39
1.9 Лекция №9 (Л-9) Молниезащита и защита от статического электричества	43
1.10 Лекция №10 (Л-10) Образование статического электричества и его пожарная опасность....	46
2. Методические указания по проведению лабораторных работ	48
2.1. Лабораторная работа №1 (ЛР-1) Пожарная опасность электрооборудования	48
2.2 Лабораторная работа № 2 (ЛР-2) Классификация электроустановок и помещений.....	51
2.3 Лабораторная работа №3 (ЛР-3) Принципы оценки опасности электрических изделий...53	
2.4 Лабораторная работа №4 (ЛР-4) Методы определения возможности возникновения пожара.....	56
2.5 Лабораторная работа №5 (ЛР-5) Взрывозащищенное электрооборудование.....	58
2.6 Лабораторная работа №6 (ЛР-6) Основы пожарной безопасности электрических сетей..59	
2.7 Лабораторная работа №7 (ЛР-7) Монтаж и эксплуатация кабелей.....	61
2.8 Лабораторная работа №8 (ЛР-8) Пожарная безопасность силовых электроустановок....	62
2.9 Лабораторная работа №9 (ЛР-9) Освещение взрывоопасных и пожароопасных помещений.....	64
2.10. Лабораторная работа №10 (ЛР-10) Электромонтажные работы.....	69
2.11. Лабораторная работа №11 (ЛР-11) Расчет заземления и зануления электроустановок.....	76
2.12 Лабораторная работа №12 (ЛР-12) Молниезащита и защита от статического электричества.....	82
2.13 Лабораторная работа №13 (ЛР-13) Средства защиты от статического электричества.....	85
2.14 Лабораторная работа №14 (ЛР-14) Исследование электрического сопротивления тела человека в зависимости от площади контактной поверхности.....	85
2.15 Лабораторная работа №15 (ЛР-15) Исследование зависимости величины тока протекающего через тело человека от изменения частоты напряжения генератора...	91

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).

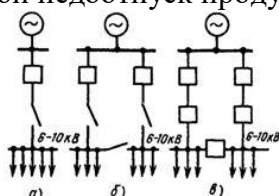


Рис. 1. Характерные радиальные схемы питания в системе внутреннего и внешнего электроснабжения промышленного предприятия

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.

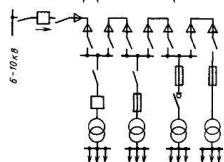


Рис. 2. Характерная магистральная схема питания в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

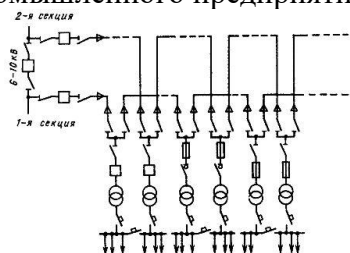


Рис. 3. Характерная схема питания сквозными двойными магистралями в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

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.

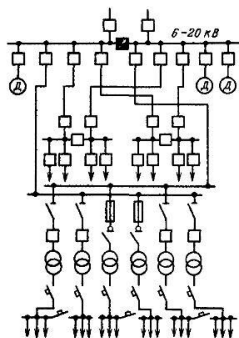


Рис. 4. Характерная смешанная (радиально-магистральная) схема питания в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия

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.

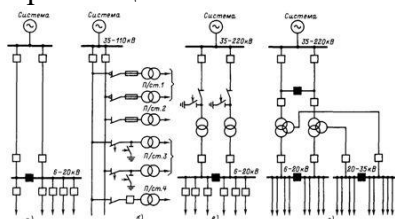


Рис. 5. Характерные схемы электроснабжения при питании промышленных предприятий только от энергосистемы

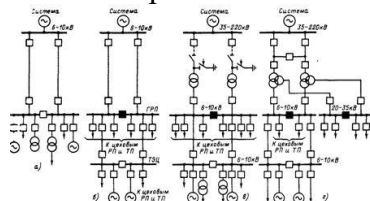


Рис. 6. Характерные схемы электроснабжения при питании промышленных предприятий от энергосистемы и собственной электростанции

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.

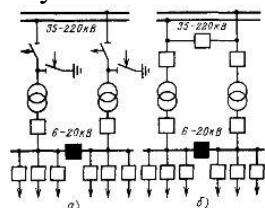


Рис. 7. Схемы присоединения трансформаторов ГПП к питающей сети 35 — 220 кВ энергосистемы

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.

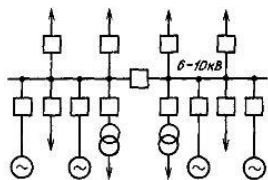


Рис. 8. Характерная схема электроснабжения при питании промышленного предприятия только от собственной электростанции

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).

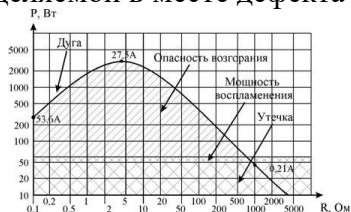


Рис.2.2.1. График зависимости мощности возгорания от сопротивления изоляции: Р – мощность, R – сопротивление изоляции

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 /ном.г — номинальный ток плавкой вставки, А; /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 /,, 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 автоматически выключателями. Выбор номинальных токов тепловых расцепителей или нагревательного

элемента теплового реле магнитного пускателя /и .тепл, а также номинальных токов электромагнитных расцепителей /ном.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; /,,ом,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 с

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

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(2часа).

Тема: «Взрывозащитное оборудование»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Взрывозащищенное электрооборудование.
2. Виды и уровни взрывозащиты.
3. Маркировка взрывозащищенного электрооборудования.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1 Взрывозащищенное электрооборудование.

Взрывозащищенное электрооборудование различается по уровню взрывозащиты, группам и температурным классам.

Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

1. Электрооборудование повышенной надежности против взрыва (знак уровня 2).
2. Взрывобезопасное электрооборудование (знак уровня 1).
3. Особовзрывобезопасное электрооборудование (знак уровня 0). Электрооборудование повышенной надежности против взрыва (2) обеспечивает взрывозащиту только в нормальном

режиме работы. Взрывобезопасное электрооборудование (1) обеспечивает взрывозащиту как при нормальных режимах работы, так и при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств защиты.

Особовзрывобезопасное электрооборудование (0) имеет дополнительные средства защиты. Вид взрывозащиты определяется установленным набором средств взрывозащиты.

Для взрывозащищенного электрооборудования установлены следующие виды взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка [d]. Применяется в асинхронных короткозамкнутых двигателях, в коллекторных двигателях, в трансформаторах, коммутационных аппаратах, светильниках и других установках, где возможно появление искры. Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом [p].

Такой вид взрывозащиты имеет выше перечисленное оборудование, но имеющее особо крупные габариты. Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями [o]. К ним относятся коммутационные аппараты, трансформаторы и специальные виды электродвигателей. Искробезопасная электрическая цепь [i]. Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями [q].

Специальный вид взрывозащиты [s]. Защита вида [e].

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области его применения подразделяется на две группы: К I группе относится рудничное электрооборудование, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников, ко II группе относятся взрывобезопасное электрооборудование для внутренней и наружной установки. Электрооборудование II группы, имеющее виды взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка” и (или) “искробезопасная цепь” подразделяются на 3 подгруппы II, ПА, ПВ, ПС, соответствующие определенным категориям взрывоопасных смесей. Например, электрооборудование подгруппы II является взрывозащищенным для категорий взрывоопасной смеси ПА, ПВ, ПС.

В маркировку по взрывозащите электрооборудования входят следующие обозначения: Знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0). Знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование. Знак вида взрывозащиты (d, p, o, i, q, s, e). Знак группы или подгруппы электрооборудования (II, ПА, ПВ, ПС), каждый из которых соответствует определенной категории взрывоопасности смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным.

Знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6). Маркировка по взрывозащите может включать дополнительные знаки и надписи, например, климатическое исполнение или степень защиты персонала и располагается на видном месте оболочки электрооборудования. П

Пример обозначения взрывозащищенного оборудования по ГОСТ 12.2.020-76: 1 Ex d IIА T3 - уровень взрывозащиты электродвигателя – взрывобезопасный, вид взрывозащиты – взрывонепроницаемая оболочка (d), электродвигатель предназначен для взрывоопасной смеси категории IIА и температурных классов T1, T2, E3.

Можно также встретить маркировку электрооборудования согласно Правилам изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ).

Пример маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИБРЭ: - масляное заполнение оболочки; - взрывобезопасный уровень взрывозащиты электрооборудования для всех категорий и групп взрывоопасных смесей.

Взрывонепроницаемая оболочка (d) электрооборудования характеризуется тем, что внутреннее воспламенение не может распространиться через зазоры и отверстия в окружающую взрывоопасную среду, но полная герметизация оболочки не обеспечивается. Однако продукты взрыва внутри оболочки, выходя наружу через зазоры, охлаждаются настолько, что не могут воспламенить внешнюю среду.

Источником воспламенения взрывоопасной смеси внутри оболочки может быть искрение контактов. В нефтяной и газовой промышленности нашли применение асинхронные короткозамкнутые двигатели серии ВАО, ВАО2, ВАО3, В, 2В, ВАСО2, АИМ с видом взрывозащиты взрывонепроницаемая оболочка. ЭД серии АИМ постепенно заменяют в

эксплуатации аналогичные ЭД серии ВАО.

Пусковая и пускорегулирующая аппаратура обычно устанавливается за пределами взрывоопасных помещений.

Пусковая аппаратура (кнопочные посты), установленная во взрывоопасных помещениях, имеет целевую защиту (за счет конструкции зазора). Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом (р) – при этом внутри оболочки создается избыточное давление газа (чистого воздуха или инертного газа) не менее 100 Па, препятствующее проникновению взрывоопасных смесей из окружающей среды.

Допускается применение как разомкнутых, так и замкнутых циклов вентиляции. Эксплуатация электрооборудования в таком исполнении допустима при наличии специальных блокировок, обеспечивающих подачу напряжения только после того, как вступила в работу система вентиляции.

Отработанный воздух не допускается выбрасывать во взрывоопасное помещение. Искробезопасная электрическая цепь выполняется таким образом, чтобы электрическая разряд или ее нагрев не мог воспламенить взрывоопасную среду. Этот вид защиты обеспечивается ограничением напряжения или тока, шунтированием реактивных элементов, накапливающих энергию, гальваническую развязку между искробезопасными цепями.

Допустимая нагрузка на полупроводниковые приборы снижается на 1/3 относительно номинальной. Кварцевое заполнение оболочки создает защитный слой вокруг токоведущих частей в виде сухого кварцевого песка. Этот вид взрывозащиты применяется для электрооборудования, не имеющего подвижных и нормально искрящихся частей.

Масляное заполнение оболочки – все искрящие и неискрящие токоведущие части помещены в трансформаторное масло.

Данный вид взрывозащиты применяется только для стационарно устанавливаемого оборудования: аппаратуры управления, пусковых реостатов и т. п.

Для переносного или передвижного оборудования применять его запрещается. Специальный вид взрывозащиты обеспечивается заключением электрических частей в герметичную оболочку, например, с использованием эпоксидного компаунда.

Защита вида (е) состоит в том, что в электрооборудовании не имеющем нормально искрящихся частей принят ряд мер препятствующих опасному нагреву, возникновению электрического искрения и дуг. Плотность тока в контактных соединениях ограничивается до 2,5 А/мм², устанавливается более низкая допустимая температура обмоток.

2. Виды и уровни взрывозащиты.

Взрывоопасными производствами на сегодняшний день являются не только предприятия и объекты химической, горнорудной, нефтегазодобывающей, атомной промышленности. К взрыво- и пожароопасным относятся, например, предприятия по производству продуктов питания: мукомольные, кондитерские, винно-водочные; а также деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные комбинаты, цементные и железобетонные заводы и т. д. Кроме того, современное предприятие любой отрасли имеет в своей структуре взрывоопасные зоны, т. к. на любом современном производстве есть склады ГСМ и лакокрасочных изделий, участки гальванической и высокой температурной обработки, покрасочные цеха или камеры и т. п. Все электротехническое оборудование, устанавливаемое в такой взрывоопасной зоне, в том числе оборудование всех подсистем безопасности - пожарной сигнализации и автоматики, охранной сигнализации, оповещения, видеонаблюдения и т.д., должно быть выполнено в специальном взрывозащищенном исполнении, т. е. сам прибор не должен являться источником воспламенения или взрыва.

Чтобы понять, как и с помощью какого оборудования защищать соответствующие взрывоопасные зоны, сначала коснемся некоторых теоретических вопросов. В 2001 году были введены новые стандарты ГОСТ Р 51330 "Оборудование взрывозащищенное", которые соответствуют требованиям международной электротехнической комиссии (МЭК) и европейским стандартам. Кроме того, не переиздавалась пока глава 7 "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), которая также является основополагающей в теории

взрывозащищенного электрооборудования. Опираясь на эти документы, дадим несколько определений.

Взрывоопасная зона - помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси. Взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

- **Зона класса 0:** зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени.
- **Зона класса 1:** зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации.
- **Зона класса 2:** зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко и существует очень непродолжительное время.

Взрывозащищенное оборудование - электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

Вид взрывозащиты - специальные меры, предусмотренные в электрооборудовании с целью предотвращения воспламенения окружающей взрывоопасной газовой среды; совокупность средств взрывозащиты электрооборудования, установленная нормативными документами.

Средство взрывозащиты - конструктивное и (или) схемное решение для обеспечения взрывозащиты электрооборудования.

Уровень взрывозащиты - степень взрывозащиты электрооборудования при установленных нормативными документами условиях. Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

- "электрооборудование повышенной надежности против взрыва"
- "взрывобезопасное электрооборудование"
- "особовзрывобезопасное электрооборудование"

Электрооборудование повышенной надежности против взрыва - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме его работы. Знак уровня - "2Ex" или "РРЕх" для рудничного оборудования.

Взрывобезопасное электрооборудование - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня - "1Ex" или "РВEx" для рудничного оборудования.

Особовзрывобезопасное электрооборудование - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня - "0Ex" или "РОEx" для рудничного оборудования.

Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

- взрывонепроницаемая оболочка - d;
- заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением - p;
- кварцевое заполнение оболочки - q;
- масляное заполнение оболочки - o;
- защита вида - e;
- искробезопасная электрическая цепь - i;
- герметизация компаундом - m;
- защита вида - n;
- специальный вид взрывозащиты - s.

Виды взрывозащиты, обеспечивающие различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

Для взрывозащищенного оборудования пожарной сигнализации и автоматики характерно применение, в основном, следующих видов взрывозащиты:

1. Вид взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь" (i) основывается на методе предотвращения взрыва или воспламенения за счет ограничения электрической и тепловой энергии.

2. Вид взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" (d) основан на методе сдерживания взрыва, главный принцип которого - не дать взрыву распространиться за пределы оболочки прибора.

3. В последнее время все большую практическую реализацию находят виды взрывозащиты с использованием метода изоляции, основанного на принципе физического разделения взрывоопасных частей и элементов прибора от взрывоопасной среды. Прежде всего, это вид взрывозащиты "герметизация компаундом" (m). В настоящее время именно с этим видом взрывозащиты выпускается все большее количество приборов. Связано это с тем, что практическая реализация этого вида взрывозащиты не требует больших затрат и снижает себестоимость оборудования.

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на две группы (таблица 1).

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников	I
Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного)	II

Таблица 1. Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения

Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" и (или) "искробезопасная электрическая цепь", подразделяется также на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей (таблица 2). Это подразделение базируется на безопасном экспериментальном максимальном зазоре (БЭМЗ) оболочек или минимальном токе воспламенения (МТВ) для электрооборудования с искробезопасными цепями.

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	-	IIA, IIB и IIC
	IIA	IIA
	IIB	IIA, IIB
	IIC	IIA, IIB и IIC

Таблица 2. Подгруппы электрооборудования группы II

Электрооборудование, промаркированное как IIB, пригодно также для применения там, где требуется электрооборудование подгруппы IIA. Подобным образом электрооборудование, имеющее маркировку IIC, пригодно также для применения там, где требуется электрооборудование подгруппы IIA или IIB. Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей, где предельная температура - наибольшая температура поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды (таблица 3).

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °C	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1 - T3
T4	135	T1 - T4
T5	100	T1 - T5
T6	85	T1 - T6

3. Маркировка взрывозащищенного электрооборудования.

Таким образом, мы подошли к расшифровке записи маркировки взрывозащиты, которая всегда присваивается конкретному виду взрывозащищенного электротехнического оборудования. В эту маркировку в указанной ниже последовательности входят:

- знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);
- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование. (- от английского explosion - взрыв);

Таблица 3. Температурные классы электрооборудования группы II

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида "е" и взрывонепроницаемая оболочка	IIВ	T3	2ExedIIBT3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	2ExedIICT6
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T3	2ExedIIAT3
	Искробезопасная электрическая цепь	IIВ	T4	2ExedIIBT4
Особовзрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь	IIС	T6	2ExedIICT6
	Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIА	T4	2ExedIIAT4

- знак вида взрывозащиты (d, p, q, o, e, I, m, n, s);
- знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIА, IIВ, IIС);
- знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи, например, буквы X и U - в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты. Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в таблице 4.

Таблица 4. Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Теперь дадим пояснение параметру IP, который не входит в маркировку по взрывозащите, но является важным параметром для оборудования, имеющего вид взрывозащиты - "взрывонепроницаемая оболочка".

Параметр IP - степень защиты оболочки - имеет отношение к наружным поверхностям и зазорам электротехнических приборов, коммутационных изделий и монтажных материалов и показывает степень защиты конкретного изделия от попадания внутрь твердых тел, пыли и воды.

Следует также отметить, что взрывозащищенное оборудование, эксплуатирующиеся в чрезвычайно жестких условиях, а иногда и в агрессивной среде, должны иметь степень защиты оболочки не ниже IP54. Степень защиты оболочки IP регламентируется ГОСТ14254-96 (МЭК 529-89), что в краткой форме нашло выражение в таблице 5.

Первая цифра кода	Защита от проникновения внешних твердых тел	Вторая цифра кода	Защита от вредного воздействия в результате проникновения воды
0	Нет защиты	0	Нет защиты
1	Защита от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 50 мм	1	Защита от вертикальных падающих капель воды
2	Защита от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 12,5 мм	2	Защита от вертикальных падающих капель воды, когда оболочка отклонена на угол до 15°
3	Защита от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 2,5 мм	3	Защищено от воды падающей в виде дождя (угол с вертикалью до 60° включительно)
4	Защита от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 1 мм	4	Защищено от сплошного обрызгивания
5	Пылезащищено	5	Защищено от водяных струй
6	Пыленепроницаемо	6	Защищено от сильных водяных струй

			(100 л/мин при давлении 100 кПа)
		7	Защищено от воздействия при временном (непродолжительном) погружении в воду
		8	Защищено от воздействия при длительном погружении в воду
Примечание: в кодировку IP могут также вводиться буквы, характеризующие вспомогательную информацию.			

1. 3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Методы выбора электрооборудования для пожароопасных и взрывоопасных зон»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Общие требования к выбору, монтажу и эксплуатации электрооборудования.
2. Особенности применения зарубежного взрывозащищенного электрооборудования.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие требования к выбору, монтажу и эксплуатации электрооборудования.

Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами.

Выбор такого электрооборудования производится на основании общих требований ПУЭ. При этом следует учитывать ряд дополнительных требований.

Так, для привода механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II, допускается применение электродвигателей без средств взрывозащиты при следующих условиях:

а) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч., иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

б) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

а) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

б) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

в) в застекленных коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом;

г) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами (например типа КОУ).

Исходными данными для выбора электрооборудования является:

- 1) класс и размер взрывоопасной зоны;
- 2) категория взрывоопасной смеси;
- 3) температура самовоспламенения взрывоопасной смеси, для тлеющих пылей – температура тления (для нетлеющих пылей – температура самовоспламенения);
- 4) данные о факторах внешних воздействий: климатические, механические, химические и т.п.;
- 5) особые условия монтажа и (или) эксплуатации.

В конечном итоге выбор взрывозащищенного электрооборудования по условиям 1..3 включает в себя два этапа:

- выбор исполнения по взрывозащите;
- выбор маркировки электрооборудования на соответствие взрывоопасной смеси.

Рассмотрим подробнее выбор электрооборудования по указанным выше факторам.

Климатическое исполнение и категория размещения, указанные в маркировке (или в эксплуатационной документации), должна соответствовать климатическим факторам внешней среды согласно ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70 (таблица 6.0).

В наружных установках должно применяться оборудование категории размещения 1 или 2; в последнем случае оно должно устанавливаться под навесом, защищающем его от прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков.

Для эксплуатации в закрытых помещениях – категории 3 и 4; в последнем случае с искусственно регулируемым климатическими условиями.

По климатическому исполнению электрооборудование выбирается для макроклиматических районов (см. таблицу 6.0).

Таблица 6.0 – **Исполнение изделий для различных климатических и размещение (категория изделий)** (для изделий, предназначенных для эксплуатации в районах, кроме морского климата)

А. Климатическое исполнение по ГОСТ 15543-70		
Буквенное обозначение		Исполнение для макроклиматических районов
Русские	Латинские	
У	N	
УХЛ	NF	
ТВ	TH	
ТС	TA	
Т	T	
О	U	
Общеклиматическое исполнение на суше, кроме с очень холодным климатом.		
В. Места размещения при эксплуатации (категория изделия)		
Обозначение	Место размещения в эксплуатации	
1.	На открытом воздухе (прямое солнечное излучение, атмосферные осадки).	
2.	Под навесом; в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе; в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого солнечного излучения и атмосферных осадков).	
3.	В закрытых помещениях (объемах) без искусственно регулируемых климатических условий (существенное уменьшение воздействия солнечной радиации, ветра, атмосферных осадков, песка, пыли; отсутствие росы).	
4.	В помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями (отсутствие воздействий прямого солнечного излучения, ветра, атмосферных осадков, песка, пыли, наружного воздуха; отсутствие или уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения, конденсации влаги).	
5.	В помещениях (объемах) с повышенной влажностью (длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке).	

Примечания к таблице 6.0.:

1) Если основным назначением изделия является эксплуатация в районе с холодным климатом и экономически нецелесообразно его использование вне пределов этого района, вместо УХЛ рекомендуется обозначение ХЛ (F).

2) ГОСТ 15543-70 конкретизирует ГОСТ 15150-69 применительно к электротехническим изделиям.

3) Сочетание климатического исполнения и категории размещения называют видом климатического исполнения: УХЛ1, У3 и т.д.

Импортное взрывозащищенное электрооборудование следует применять в пределах температур окружающей среды, которые указаны в его маркировке или эксплуатационной документации. Если такие указания отсутствуют, то это электрооборудование должно применяться только для окружающей среды с температурным диапазоном от –20°С до +40°С.

Степень защиты оболочки электрооборудования от воздействия окружающей среды должно соответствовать требованиям ПУЭ для конкретной установки. Допускается применение электрооборудования с более высокой степенью защиты оболочки. Краткое описание степеней защиты оболочек по ГОСТ 14254-80* приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - **Степени защиты оболочек электрооборудования по ГОСТ14254-80*.**

	Степень защиты от проникновения
--	---------------------------------

Степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями и попадания твёрдых тел внутрь оболочки (первая цифра)		воды внутрь оболочки (вторая цифра)	
1	2	3	4
0	Защита отсутствует	0	Защита отсутствует
1	Защита от твёрдых тел размером более 50 мм	1	Защита от капель воды, вертикально падающих
2	Защита от проникновения твёрдых тел размером более 12 мм	2	Защита от капель воды, при наклоне оболочки до 15°
3	Защита от твёрдых тел размером более 2,5 мм	3	Защита от дождя
4	Защита от проникновения твёрдых тел размером более 1 мм	4	Защита от брызг
5	Защита от пыли (проникающая пыль не нарушает работу изделия)	5	Защита от водяных струй
6	Пыленепроницаемое (проникновение пыли предотвращено полностью)	6	Защита от волн воды
		7	Защита при погружении в воду (на определённое время)
		8	Защита при длительном погружении в воду

Примечание. Если для изделия указывается степень защиты одной цифрой, то пропущенная цифра заменяется буквой X, например, IP3X.

Факторы внешнего механического воздействия на электротехнические изделия определены ГОСТ 17516-72.

По устойчивости к **механическим воздействиям** взрывозащищенное электрооборудование может иметь высокую или нормальную степень механической прочности. Электрооборудование, имеющее нормальную степень механической прочности, маркируется знаком “X” и при его монтаже должны быть выполнены требования по защите от механических воздействий согласно эксплуатационной документации.

При эксплуатации переносного электрооборудования, в большей степени подверженного механическим воздействиям, должны быть предусмотрены систематические осмотры. Свето пропускающие элементы переносных светильников должны быть защищены от механических воздействий защитной сеткой (решеткой).

Взрывозащищенные светильники, конструкция которых предусматривает исполнение как с защитной сеткой, так и без сетки, могут применяться без защитной сетки в местах, где механические повреждения при эксплуатации исключаются.

Электрооборудование, применяемое в **химически активных средах**, должно иметь соответствующее исполнение или быть выбрано с учетом воздействия конкретной среды. Электрооборудование должно быть защищено от непосредственного попадания на его оболочку обращающихся в технологическом процессе ГЖ и ЛВЖ.

Требования в части стойкости электротехнических изделий к **воздействию специальных сред** определены ГОСТ 24682-81.

Под специальными средами понимают среды (неорганические и органические соединения, масла, смазки, растворители, топлива, рабочие растворы и т.д.), внешние по отношению к изделию, которые вызывают или могут вызвать ограничение или потерю работоспособности в процессе эксплуатации или хранения. Вид специальных сред, входящих в конкретную группу, приведен в обязательном приложении к данному стандарту.

Специальные среды классифицируются на семь групп:

1. – масла, смазки на основе нефтепродуктов и синтетические;
2. – топлива на основе нефтепродуктов;
3. – органические растворители;
4. – среды заполнения и контрольные среды;
5. – агрессивные среды;
6. – рабочие растворы;
7. – специальные охлаждающие жидкости.

Если в маркировке взрывозащищенного электрооборудования имеется знак “X” и (или) в документации указаны **особые условия монтажа и (или) эксплуатации**, они должны выполняться в обязательном порядке. Особое внимание на возможное наличие этих условий необходимо обратить при применении электрооборудования в оболочках из пластмасс, т.к.

оболочки, изготовленные из материалов с поверхностным сопротивлением более 10-9 Ом и имеющие размеры большие, чем приведенные в таблице 6.2 способны в значительной степени накапливать электростатические заряды, разряды которых могут воспламенить взрывоопасную окружающую среду.

Таблица 6.2

Категория взрывоопасной смеси	Максимальная поверхность оболочки; см ²	
	при нормальных условиях окружающей внешней среды с кратковременным появлением взрывоопасной смеси	при нормальных условиях окружающей внешней среды с длительным наличием взрывоопасной смеси
Все категории	64	

2. Особенности применения зарубежного взрывозащищенного электрооборудования.

Ремонт зарубежного электрооборудования должен осуществляться аналогично ремонту отечественного электрооборудования.

При сдаче в ремонт зарубежного электрооборудования на нем должны быть фирменные таблички и заказчик должен указать, в помещении какого класса и в какой взрывоопасной среде эксплуатировалось электрооборудование, а также представить копию сертификата на электрооборудование и другую документацию, имеющуюся в распоряжении предприятия, эксплуатирующего это электрооборудование. При отсутствии сертификата следует руководствоваться маркировкой взрывозащиты, указанной на фирменной табличке электрооборудования.

Ремонтное предприятие на базе сданного в ремонт зарубежного электрооборудования и с учетом требований фирмы-изготовителя и национальных стандартов страны, в соответствии с которыми изготовлено электрооборудование, разрабатывает ремонтную документацию, которая должна быть согласована с испытательной организацией.

Ремонт зарубежного электрооборудования эксплуатационным персоналом производится в соответствии с ПЭЭП гл. 3.5, Правилами безопасности, требованиями настоящего РД и рекомендациями фирмы-изготовителя.

1. 4 Лекция №4 (2часа).

Тема: «Основы пожарной безопасности электрических сетей»

1.4.1 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.

1.4.2 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 — $U_{ном.} > 330$ кВ, высокого напряжения — $U_{ном.} = 3/220$ кВ, низкого напряжения — $U_{ном.} < 1$ 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 ($U_{ном.} > 1$ кВ) и низкого ($U_{ном.} < 1$ 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 электростанций) 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 110 кВ и даже 220 кВ. 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 менее 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 должно быть не менее 6 м, вне проезжей части - не менее 3,5 м. Расстояние между проводами должно

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 несгораемыми 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, ПВТ](#)



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 отличие 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

электрообеспечении 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. 5 Лекция № 5(2 часа).

Тема: «Пожарная безопасность силовых электроустановок»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Электрические двигатели и аппараты управления общего назначения.
2. Взрывозащищенные электродвигатели и аппараты управления.
3. Характеристика причин пожароопасных режимов и состояний электродвигателей и аппаратов управления.
4. Обеспечение пожарной безопасности: выбор исполнения, соблюдение требований по монтажу и эксплуатации электродвигателей и аппаратов управления.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Электрические двигатели и аппараты управления общего назначения.

Реле времени применяют в схемах управления электродвигателями для получения замедленной передачи импульса от управляющего органа к исполнительному аппарату с регулируемой выдержкой времени. Для управления электродвигателями переменного тока на электромагнитном принципе изготавливают реле времени ЭВ-200 с выдержкой времени от 0,1 до 20 с. Время с момента подачи напряжения на катушку электромагнита до срабатывания реле (уставка по времени) регулируется изменением положения неподвижных контактов на шкале уставок. Реле этой серии РЭ-218 с выдержкой времени от 7 до 17 с применяют в качестве реле контроля пуска асинхронных электродвигателей в функции времени.

АППАРАТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

1. ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Реле времени переменного тока применяют в схемах управления электродвигателями для получения определенной выдержки времени (замедления) при передаче импульса от управляющего органа к исполнительному аппарату с регулируемой выдержкой времени (например, с момента нажатия кнопки до момента включения или остановки электродвигателя). Реле времени ЭВ-200 на электромагнитном принципе изготавливают на выдержку времени от 0,1 до 20 с. Реле времени двигательные (моторные) изготавливают на выдержки времени от 2 до 24 с и от 1 до 60 с пневматические реле изготавливают на выдержки времени от 0,4 до 60 с и от 0,4 до 180 с.

Схемы управления электродвигателями ПТС с аппаратами слабого тока не отличаются от разобранных ранее (см. рис. 1-11 и рис. 1-12).

Устройствами АПВ при наличии коммутационных аппаратов оборудуют воздушные и смешанные (кабельно-воздушные) линии, шины электростанций и подстанций, понижающие трансформаторы, обходные выключатели, а также ответственные электродвигатели, отключаемые для обеспечения самозапуска других электродвигателей. Устройство АПВ выполняют с автоматическим возвратом и с таким расчетом, чтобы ускорить действие защиты до и после АПВ, В качестве примера на рис. 97 показана схема управления

Командоаппараты применяют в схемах автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями для дистанционной подачи импульса на включение или отключение цепей управления аппаратов с электромагнитными катушками (например, контакторов). К командоаппаратам относят кнопочные станции и ключи управления, конечные и путевые выключатели и командоконтроллеры.

Контакторы (рис. 19)—это аппараты дистанционного действия, которые предназначены для частых включений и отключений электрических цепей постоянного и переменного тока. Они являются основным элементом автоматики, без которого невозможна ни одна схема автоматического управления электродвигателем.

Этот принцип управления электродвигателями получил большое распространение благодаря дешевизне применяемых аппаратов и простоте настройки схемы.

В учебнике приведены основные сведения об электрооборудовании нефтенасосных и газокompрессорных станций и нефтебаз. Рассмотрены механические характеристики и свойства электродвигателей. Даны указания по выбору типа и мощности электродвигателей. Представлены основы автоматического управления электродвигателями и приведены схемы аппаратов управления. Подробно рассмотрен электрический привод механизмов насосных и компрессорных станций и нефтебаз. Освещены вопросы электроснабжения и электрооборудования трансформаторных подстанций и распределительных устройств напряжением ниже и выше 1000 В. Во втором издании книги (1-е изд. — 1975) дан раздел по новым видам электрооборудования и автоматизации энергоснабжения.

Станцией управления (СУ) называется комплектное устройство, в котором собраны и смонтированы по определенной схеме аппараты автоматики, защиты и сигнализации для дистанционного управления электродвигателями. Отдельные станции управления, содержащие только набор аппаратов защиты, реле управления или измерительных приборов, называются щитами станции управления (ЩСУ). В зависимости от числа и размеров аппаратов станция может разместиться на одной или нескольких плитах. Комплект аппаратов, размещенный на одной плите (или конструкции из реек) называется

Автоматическое управление электродвигателем основано на изменениях тока, времени, частоты вращения и пути, происходящих при пуске и работе электродвигателя и приводимого им механизма. В соответствии с этим автоматическое управление выполняют в функции тока, времени, частоты вращения и пути. При описании схем автоматического управления, кроме приводимых в тексте буквенных обозначений аппаратов, на рисунках встречаются следующие обозначения АВ — автоматический выключатель, Р — рубильник, Пр — предохранитель, ТР — тепловое реле защиты, КнП и КнС — кнопки пуск и стоп, Я — магнитный пускатель, ПВ и ПН — пускатели с контакторами пуска электродвигателя вперед и назад.

Схемы управления электроприводом общего назначения и взрывозащищенного одинаковы и изображены на рис. 40. Управление может быть ручным (местным) и автоматическим. Ручное управление осуществляется установкой переключателя режимов ПР в положение р. Нажатием кнопок КнО (открыть), КнЗ (закрыть) и КнС (стоп), расположенных в пункте управления, подают напряжение на обмотки магнитных пускателей ПО и ПЗ, которые включают и отключают соответствующие магнитные пускатели электродвигателя Д. Автоматическое управление осуществляется установкой переключателя ПР в положение а. При получении через контакты 1—2 и 3—4 импульса от аппаратов автоматики, находящихся в системе КИП технологического механизма (насоса, компрессора), включается соответствующий пускатель ПО или ПЗ, и электродвигатель автоматически от-

Командным аппаратом в системе автоматического управления в функции скорости является реле контроля скорости. На рис. 1У-9,б дана схема управления асинхронным электродвигателем с реверсом и торможением противовключением при помощи индукционного реле скорости. При нажатии кнопки ВП контактор КВ (вперед) включает электродвигатель. Как только двигатель начнет вращаться, оба контакта реле скорости РСВ (замыкающий и размыкающий) сработают. Однако контактор КН (назад) не включится, так как разомкнут размыкающий блок-контакт КВ. При нажатии на кнопку стоп контактор КВ отключает электродвигатель от сети, а своим размыкающим блок-контактом включает контактор КН на вращение электродвигателя в обратную сторону. Происходит торможение двигателя противовключением, двигатель быстро затормозится. При снижении скорости до определенной величины, близкой к нулю, реле размыкает замыкающий контакт РСВ. Контактор КН отпадает и отключает двигатель от сети. При нажатии кнопки назад схема работает аналогично описанному выше. При этом роль тормозного контактора выполняет КВ, а управлять процессом торможения будут контакты РСН реле скорости.

Для изготовления листовой резины и обкладки корда резиновой смесью применяют четырёхвалковый каландр с 2 бразным расположением валков. Принципиальная схема управления электроприводом Z-образного четырёхвалкового каландра дана на рис. IX-25. В качестве приводного электродвигателя каландра принят электродвигатель постоянного тока мощностью 250 кВт, напряжением 440 в. Для питания электродвигателя применяют управляемый ртутный выпрямитель РВ. Выпрямительное устройство представляет собой шкаф ШРВ, в

котором установлено шесть запаянных металлических колб одноанодных ртутных вентилей типа РМВ-250/2, панель сеточного управления ПСП, панель статического фазорегулятора ФС и панель управления аппаратами собственных нужд ртутного выпрямителя. Питание выпрямительного устройства осуществляется от силового трансформатора Т С-6/0,4 кв. Для предотвращения появления режима прерывистых токов в силовую цепь системы управляемый ртутный выпрямитель — двигатель УРВ-Д) вводится катодный реактор ДС.

Пуск электродвигателя осуществляется через внешнее сопротивление в цепи статора— для обеспечения плавного поворота. Схемой предусматривается автоматическое управление поворотом двересъемного устройства, а также ручное управление на случай выхода из строя аппаратов автоматического управления или для наладки привода.

Магнитный пускатель представляет собой аппарат, состоящий из одного или двух контакторов, иногда содержащий реле и предназначенный для запуска и останова асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. В схемах оборудования электровакуумного производства весьма часто используется как пусковой и коммутационный прибор дистанционного действия при ручном и автоматическом управлении энергоемкими процессами. Промышленностью выпускаются неревверсивные и реверсивные магнитные пускатели.

Одним из наиболее простых и распространенных аппаратов, при. ле-няемых в схемах автоматического управления асинхронными электродвигателями низкого напряжения, является магнитный пускатель. Он представляет собой пусковой аппарат, в защитном кожухе которого находятся контактор и тепловые реле. Магнитный пускатель управляется дистанционно при помощи кнопок. В большинстве магнитных пускателей встраиваются тепловые реле типа РТ (обычно в две фазы).

Склады заполнителей состоят из приемных устройств, механизмов для штабелирования, устройств для погрузки из штабелей в транспортные средства, транспортных средств дл подачи заполнителей в бетоносмесительную установку и устройств для подогрева заполнителей в зимнее время. Для привода этих механизмов применяют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели. В объем автоматизации поточно-транспортных систем входят централизованное управление с пульта оператора, блокировка механизмов, предпусковая, переговорная и аварийная сигнализация и учет работы механизмов. Схемы автоматизации строят на релейно-контактной и бесконтактной аппаратуре управления. Пусковые аппараты машин с местным пуском (разгрузочные машины и др.) устанавливают непосредственно у электродвигателей машин.

При повреждении технологических аппаратов или трубопроводов в помещении может возникнуть недопустимая концентрация взрывоопасных или химически агрессивных паров и газов. Для этого случая предусматривается аварийная вентиляция, включающаяся автоматически от датчиков, срабатывающих при превышении допустимого предела концентрации этих паров и газов. На схеме (рис. 53) видно, что при замыкании контактов РА одного из датчиков, установленных в разных местах помещения, включается контактор Л и загораются сигнальные лампы ЛС. В схеме предусмотрена кнопка КР ручного включения. Перевод с автоматического режима на ручное управление осуществляется ключом ИУ. Аварийный вентилятор останавливается при размыкании контактов РА датчика, когда в помещении достигается нормальная концентрация газов, или от руки кнопкой КС. Для защиты электродвигателя от перегрузки (например, при заедании лопастей вентилятора) служат тепловые реле РТ, а от токов короткого замыкания — расцепители автомата А.

Техническая эксплуатация автоматически действующих уста новок в большой степени определяется качеством монтажа установки, предварительной проверкой, правильным включением в схему и тщательной настройкой автоматических приборов, а также высокой квалификацией обслуживающего персонала. Приборы автоматики, заменяя действия последних, обеспечивают в холодильных установках регулирование подачи жидкого холодильного агента, рассола и охлаждающей воды остановку компрессоров при чрезмерном повышении давления нагнетания или понижении давления всасывания управление пуском и остановкой электродвигателей компрессоров, рассольных и водяных насосов поддержание заданных температур в охлаждаемых помещениях и аппаратах защиту компрессоров от гидрав лических ударов и при нарушении режима смазки его трущихся частей.

Командоконтроллеры (кулачковые командоаппараты) являются многоценными коммутационными аппаратами и служат для различных переключений в схемах управления электродвигателями. Коммутирующее устройство кулачкового командоаппарата показано на рис. 20, а. На изоляционной планке 2 расположены контакты 1 для присоединения проводов внешних цепей управления и неподвижные контакты 3 командоаппарата. Подвижные мостиковые контакты 4 укреплены на рычаге 5, вращающемся вокруг оси 7. При повороте вала 9 фигурные кулачки 8 нажимают на ролик 6 и отводят рычаг 5 в сторону, размыкая этим самым контакты 4 и 3. Так как при этом кулачки, прилегающие к ролику 6 на правой стороне, не нажимают на него, а пружина 10 прижимает рычаг 5 в сторону включения, контакты 3 и 4 на правой стороне остаются во включенном положении. Последовательность включения и отключения цепей управления зависит от профиля фигурных кулачков.

В связи с взрывоопасностью технологических цехов и установок в них располагают только те электродвигатели и аппараты управления, которые по условиям производства должны находиться в непосредственной близости от технологических механизмов (например, кнопочные посты пуска и остановки). Все остальные аппараты управления электроприводами (пускатели, контакторы, реле, электромашинные и полупроводниковые возбудители и выпрямители, трансформаторы тока и другие аппараты, входящие в схему управления электроприводами механизмов) выносятся в отдельное невзрывоопасное электропомещение в виде шкафов и щитов станций управления. При этом помещения щитов станций управления (ЩСУ) совмещают по возможности с помещениями операторных КИП и управления, распределительных устройств напряжением до 1000 В и выше и трансформаторными подстанциями в общем здании, отдельно стоящем или пристроенном к взрывоопасному технологическому цеху.

Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором в функции частоты вращения изображена на рис. 30. Командным аппаратом в этом случае является реле контроля частоты вращения Р с двумя контактами РСВ (вперед) и двумя контактами РСН (назад). При нажатии кнопки КнВ (вперед) пускатель ПВ (вперед) включает электродвигатель. Как только электродвигатель начнет вращаться, оба контакта РСВ (замыкающий и размыкающий) сработают. Однако пускатель ПН (назад) не включится, так как разомкнут находящийся в его цепи вспомогательный контакт пускателя ПВ. При нажатии кнопки /Сн("стоп) пускатель ПВ отключает электродвигатель от сети и своим вспомогательным контактом включает пускатель ПН на вращение электродвигателя в обратную сторону. Происходит торможение электродвигателя противовключением. При снижении частоты вращения до определенного значения, близкого к нулю, реле размыкает замы-

Аппараты управления электродвигателями основных и вспомогательных механизмов (магнитные станции, блоки управления, контакторы и др.) размещают на щитах станций управления, устанавливаемых в цехе (в пылеуплотненных шкафах). На фасадах щитов размещают кнопки управления, ключи, реостаты, сигнальные устройства (лампы, реле), приборы учета и контроля, а также мнемонические схемы технологического процесса.

Схема управления и сигнализации электродвигателей аппарата воздушного охлаждения масла КЛ. ВМО - ключи управления вентиляторами № 1-6 маслоохладителей К1-К6 - катушки и контакты реле управления вентиляторами маслоохладителей 99СМ и т.д. - лампы светового табло 4р-26 и т.д. - разъемы Н73 и т.д. - резисторы.

В 1981 г. принят в эксплуатацию новый способ производства бутылкаучука с ММ = 20 000 0 ОО (по Штаудингеру), где в качестве основного реактора-полимеризатора используется малогабаритный трубчатый турбулентный реактор диаметром менее 10 см и длиной 600 см взамен объемного реактора смешения объемом 8 м (мощность электродвигателя 75 квт/ч расход жидкого этилена на съем тепла реакции 1,8 т/ч). Характерной особенностью трубчатого турбулентного реактора является то, что он выполнен в виде трубы без охлаждения рубашки с патрубком для спутного ввода катализатора (Al I3 в растворе хлористого этила) и патрубком для радиального ввода раствора сомономеров в хлористом этиле. Помимо низкой металлоемкости (в 900-1 ОО раз меньшей, чем у используемого в стандартном процессе объемного реактора смешения) трубчатый турбулентный аппарат-полимеризатор отличается простотой конструкции, обслуживания и легкостью управления процессом, отсутствием затрат на электроэнергию для перемешивающих устройств и хладагента, подаваемого в реактор, снижением расхода

электроэнергии (при непрерывной работе одного реактора в течение года экономия составляет более 650 тыс. кВт/ч), отсутствием непроизводительных потерь при сохранении основной технологической схемы и пр.

Наиболее широко используются принципиальные схемы при изучении новых систем, монтаже на тепловозе, настройке узлов и отдельных их элементов или поиске повреждений. В изображении принципиальной схемы не показано действительное расположение ее элементов на тепловозе. Для удобства чтения схемы принято определенное расположение узлов на чертеже, как, например, на схеме тепловозов 2ТЭ10В первых выпусков (рис. 146, см. вкладку). Вправо от якоря генератора располагают узел тяговых электродвигателей с включенными в их цепь элементами автоматического управления и защиты. Слева от якоря размещают узел возбуждения и далее в том же направлении узел вспомогательного генератора и аккумуляторной батареи. Крайнюю левую часть чертежа или нижнюю его часть занимает комплекс узлов управления, где показаны развертка контроллера, цепи питания катушек аппаратов, питаемых через контроллер и через автоматы и кнопки управления, элементы в цепи блокировки аппаратов. Рис. 7. Схема аппарата ВАГЗ 39/54 —125/63 ВР — блок-контакты ветрового реле АС — автотрансформатор сигнальный ВНР — блок-контакты регулирующего реостата ш — шунт Д — электродвигатель ЭП — реле промежуточное ПВ — пакетный выключатель Л, — предохранитель Яг — предохранитель быстродействующий, — вольтметр А — амперметр К — реостат регулируемый ВВУ — блок управления ГБВ — главный блок выпрямителей ТР — 7 Ра — трансформаторы с подмагничиваемым шунтом

Аппаратура управления электрооборудованием, установленным во взрывоопасных помещениях, обычно выносится за пределы этих помещений. Электроэнергия от аппаратов управления к электродвигателям и другим электроприемникам подводится обычно по радиальным схемам. Рассмотрим схему автоматизации Насосного агрегата, работающего с положительной высотой всасывания. Импульсы и остановки агрегата поступают на панель 11 насосного агрегата кнопочном (полуавтоматическом) управлении или на панель 18 до-аппарата при автоматическом управлении. Командо-аппарат определяет воздействие на соответствующие реле по содержанию операций по предварительно разработанному плану эксплуатации насосной станции. На всасывающем трубопроводе вакуума есть реле заливки 7, контролирующие работу насоса / и заливку главного насоса 2 водой. Реле заливки имеет диафрагму, изготовленную из кожи или резины, которая изменяет давление в трубопроводе при контактном устройстве, переключающем контакты, благодаря чему осуществляется контроль работы вакуум-насоса. Струйное реле устанавливают на соединительном трубопроводе (от главного на всасывающему трубопроводу вакуума-насоса). Оно определяет уровень заполнения главного насоса и пуска электродвигателя. Реле состоит из пружинного клапана, помещенного в особой муфте. Если в трубопроводе воздух, то при действии вакуум-насоса он свободно проходит зазор клапана при заполнении же водой соединительного трубопровода и клапана последний закроется, преградив путь воде, повернувшись к контактного устройства, которое и замкнет цепь управления. В насос выключится, одновременно через командо-аппарат включится главный насосный агрегат и регулировочная задвижка 8 на напорном трубопроводе насоса.

2. Взрывозащищенные электродвигатели и аппараты управления.

Взрывозащищенные электродвигатели серий 4ВР, АИМ, АИМЛ, ВА, АВ, 3В, ВАО2, 1ВАО предназначены для привода механизмов внутренних и наружных установок в газовой, нефтедобывающей, химической и других смежных отраслях промышленности (кроме рудничных производств), где могут образовываться взрывоопасные газы и пары - воздушные смеси, отнесенные к категориям ПА и ПВ и группам воспламеняемости Т1, Т2, Т3, Т4.

Основное (базовое) исполнение — асинхронный трехфазный взрывозащищенный электродвигатель, предназначенный для режима работы S1, с питанием от сети переменного тока 50 Гц напряжением 380В (220В, 660В). Исполнение по взрывозащите IExdПВТ4, климатическое исполнение и категория размещения У2, степень защиты IP54, с типовыми техническими характеристиками, соответствующими требованиям стандартов.

Исполнение электродвигателей по взрывозащите

По области применения электродвигатели делится на следующие группы:

I - электродвигатели, предназначенные для применения в подземных выработках шахт, рудников, опасных в отношении рудничного газа и (или) горючей пыли, а также в тех частях их наземных строений, в которых существует опасность присутствия рудничного газа и (или) горючей пыли (категория смеси - I);

II - электродвигатели, предназначенные для применения во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок (категория смеси - II по газу);

III - электродвигатели, предназначенные для применения во взрывоопасных пылевых средах (категория смеси - II по пыли).

Исполнение электродвигателей по взрывозащите

По области применения электродвигатели делится на следующие группы:

I - электродвигатели, предназначенные для применения в подземных выработках шахт, рудников, опасных в отношении рудничного газа и (или) горючей пыли, а также в тех частях их наземных строений, в которых существует опасность присутствия рудничного газа и (или) горючей пыли (категория смеси - I);

II - электродвигатели, предназначенные для применения во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок (категория смеси - II по газу);

III - электродвигатели, предназначенные для применения во взрывоопасных пылевых средах (категория смеси - II по пыли).

Уровень взрывозащищенности электродвигателей

Уровни взрывозащищенности имеют в российской классификации обозначения 2, 1 и 0:

а) Уровень 2 – электродвигатели повышенной надежности против взрыва: в них взрывозащита обеспечивается только в нормальном режиме работы;

б) Уровень 1 – взрывобезопасные электродвигатели: взрывозащищенность обеспечивается как при нормальных режимах работы, так и при вероятных повреждениях, зависящих от условий эксплуатации, кроме повреждений средств, обеспечивающих взрывозащищенность;

в) Уровень 0 – особо взрывобезопасные электродвигатели, в которых применены специальные меры и средства защиты от взрыва.

Степень взрывозащищенности электродвигателей (2, 1, или 0) ставится в РФ как первая цифра перед европейской маркировкой взрывозащищенности электродвигателей.

Классификация взрывоопасных зон в соответствии с техническими регламентами

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

класс 0 — зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

класс 1 — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы электродвигателей выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

класс 2 — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы электродвигателей взрывоопасные смеси горючих газов или паров легковоспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

класс 20 — зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее 65 граммов на кубический метр и присутствуют постоянно;

класс 21 — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы электродвигателей выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр;

класс 22 — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы электродвигателей не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования

Методы обеспечения взрывобезопасности электродвигателей

Существует несколько методов обеспечения взрывобезопасности, цель которых - предотвратить возможность контакта внутренних искрообразующих или тепловыделяющих элементов аппаратуры с внешней взрывоопасной средой, либо препятствовать выходу наружу взрыва, возникшего внутри наружной оболочки аппаратуры путем его локализации:

- локализация, или сдерживание взрыва - предотвращение распространения взрыва за пределы оболочки;
- изоляция, или герметизация – заливка компаундом, лаком, поддержание высокого давления внутри оболочки продувкой оборудования сжатым воздухом или инертным газом;
- заполнение оболочки кварцевым песком, погружение оборудования в масло, применяемое, например, для обмоток трансформаторов;
- предотвращение, или ограничение электрической и тепловой выделяемой энергии - применение в методе защиты «искробезопасной электрической цепи».

3. Характеристика причин пожароопасных режимов и состояний электродвигателей и аппаратов управления.

Причины загораний в электроустановках общие. Они зависят от теплового проявления тока и горючести электроизоляционных *материалов*. Нагрев изоляционных *материалов* токами *короткого* замыкания, или рабочими токами в местах больших переходных сопротивлений, при перегрузке или токах утечки приводит:

К выделению легковоспламеняющихся продуктов при сравнительно низких температурах (табл. 2.1);

К воспламенению горючей изоляции при достижении температуры воспламенения (см. табл. 2.1);

К тепловому пробою и коротким замыканиям (КЗ) в электрических цепях.

Таблица 2.1 Показатели пожарной опасности электроизоляционных материалов

Материал	Температура, оС,	
Начала разложения	Воспламенения	
Резина	50	220
Полиэтилен	70	306
Поливинилхлорид	65	560
Полистирол	65	274

Для снижения пожарной опасности *электроустановок* необходимо, чтобы температура их частей в нормальном режиме эксплуатации не превышала значений, допускаемых нормами, а при аномальных и аварийных режимах работы обеспечивалось их надежное отключение аппаратами защиты.

Однако широко используемые в настоящее время аппараты защиты (автоматические воздушные выключатели, предохранители и тепловые реле магнитных пускателей) не во всех случаях выполняют возложенные на них функции.

1. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Пожарная безопасность осветительных устройств»

1.1.1 Вопросы лекции:

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

1.1.2 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 размыкания 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.

1. 1 Лекция №7 (2часа).

Тема: «Обеспечение пожарной безопасности осветительных устройств»

1.1.1 Вопросы лекции:

- 1.Выбор светильников по исполнению
- 2.Соблюдение требований по монтажу и эксплуатации электроосветительных установок.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Выбор светильников по исполнению

От конструктивного исполнения светильников зависит их надежность и долговечность в данных условиях среды, безопасность в отношении пожара, взрыва и поражения электрическим током, а также удобство обслуживания.

Следует подчеркнуть разницу между характером требований к исполнению светильников в различных условиях среды. В пожаро- и взрывоопасных зонах неправильно выбранные светильники могут привести к столь тяжелым и даже трагическим последствиям, что требования к их исполнению являются, безусловно, обязательными и никаких послаблений не должно допускаться. Для помещений с неблагоприятными, или, как обычно говорят, с тяжелыми условиями среды (но не пожаро- или взрывоопасных), при выборе исполнения светильников допускается известная степень свободы. Например, категория «пыльных помещений» охватывает широкую группу объектов с весьма различными условиями среды, и в индивидуальном порядке возможно решить, применять ли сложные в обслуживании пыленепроницаемые светильники или более запываемые, но легче очищаемые, открытые.

Приводя основные рекомендации по выбору светильников для помещений с тяжелыми условиями среды, надо также учитывать, что классификационная оценка светильников по всем действующим стандартам далеко не полностью характеризует пригодность их в тех или иных условиях и что, хотя степени защиты от воды и от пыли указываются отдельно, фактически они находятся в тесной связи между собою.

В помещениях сырых, особосырых, с химически активной средой, а также при установке вне зданий степень защиты светильников должна быть, как правило, не ниже IP53 или 5'3, причем предпочтительны степени защиты IP54 или 5'4. Из числа конструкционных и светотехнических материалов наиболее устойчивы к воздействиям среды фарфор, силикатное стекло и пластические массы; далее следуют поверхности, покрытые силикатной эмалью, и органическое стекло, затем — алюминий, который малоустойчив к воздействию щелочей, и, наконец, черные металлы.

Особенно уязвимым местом светильников в тяжелых условиях среды является место ввода сетевых проводников. Чаще всего у светильников, предназначенных для этих условий, ввод производится через уплотняющий сальник, но еще более надежным является отдельный ввод проводников через изолирующие полости, трубки или втулки.

В помещениях, где осуществляется гидроудаление пыли, степень защиты должна быть не ниже IP55 или 5'5, при отсутствии же таких светильников могут применяться светильники с люминесцентными лампами со степенью защиты 5'X или 6'X (Знак X в обозначении требуемой или рекомендуемой степени защиты светильников от воды показывает, что к этому виду защиты специальных требований не предъявляется. В отдельных случаях, при необходимости такой защиты, знаком X также может обозначаться, что ее степень определяется конкретными условиями в местах установки светильников).

В жарких помещениях могут применяться любые светильники, но, по возможности, следует избегать применения светильников с закрытыми стеклянными колпаками, из числа же люминесцентных ламп — использовать амальгамные.

В пыльных помещениях вопрос выбора светильников решается индивидуально, лучше всего — на основе опыта эксплуатации того или иного светильника в аналогичных условиях. В принципе предпочтительны степени защиты IP5X и IP6X, но, поскольку обслуживание светильников без стеклянного колпака проще, здесь могут быть допущены также степени защиты 5'X и 6'X, а при наличии пыли, непроводящей электрический ток, — даже IP2X. Не рекомендуется применение светильников с неуплотненными стеклянными колпаками (2'X) или экранирующими решетками.

Большое значение имеет применение в пыльных помещениях ламп-светильников, т. е., в частности, зеркальных ламп накаливания и газоразрядных ламп с отражателем. В этом случае защита от пыли поверхностей, участвующих в перераспределении светового потока осуществляется в самих лампах, но надо позаботиться о защите от пыли и других возможных воздействий контактных частей, в связи с чем лампы-светильники рекомендуется устанавливать в арматуры исполнений 5'X или 6'X.

В отношении стабильности светотехнических характеристик в условиях пыльной среды наиболее надежны светильники исполнений IP5X или IP6X, у которых выходное отверстие перекрыто плоским или выпуклым защитным стеклом. На втором месте находятся светильники с замкнутым, уплотненным стеклянным колпаком без отражателя, на третьем — такие же светильники, но с отражателем. В этом случае стеклянный колпак защищает от пыли только лампу, но, в свою очередь, будучи запыленным, поглощает часть потока как на пути от лампы к отражателю, так и от отражателя во внешнее пространство. Из светильников, вообще не имеющих пылезащиты, предпочтительны светильники с естественной вентиляцией.

Эффективным средством пылезащиты является постоянная подача в полость светильника чистого воздуха под некоторым давлением. Подобные схемы были у нас испытаны, но не нашли широкого применения из-за некоторых практических и экономических соображений. По степени восстанавливаемости светотехнических свойств после многократной очистки первое место занимают поверхности, покрытые силикатной эмалью, и стеклянные, в том числе зеркальные, поверхности; промежуточное положение занимают эмали, используемые в люминесцентных светильниках, и алюминиевые поверхности; очень плохо себя зарекомендовали различные суррогаты эмалей и краски.

Очевидно, что при выборе светильников для специфических климатических районов должно учитываться их климатическое исполнение.

Для практики важна не только устойчивость светильника к воздействиям среды, но и удобство его обслуживания. С этой точки зрения наименее желательно применение светильников, для открывания которых необходимо отвинтить несколько гаек с помощью ключа. Даже только замена простых гаек «барашками» значительно улучшает дело, однако наиболее просты в обслуживании светильники (конечно, из числа закрытых), в которых соединение частей достигается пряжковыми запорами или винтовой нарезкой на самих этих частях, в частности на горловине стеклянного колпака. Например, работники эксплуатации предпочитают светильнику повышенной надежности НЗБ, казалось бы, более сложный взрывонепроницаемый светильник ВЗГ, так как в первом для снятия колпака надо отвернуть несколько гаек, а во втором — нижнюю часть корпуса со стеклом вывернуть из верхней части.

Некоторые светильники имеют в своей конструкции контактное разъемное соединение. Такие светильники следует выбирать в случаях, когда предполагается снятие их для очистки, в частности при установке в труднодоступных местах. Однако для помещений с тяжелыми условиями среды такие светильники не рекомендуются ввиду недостаточной надежности контактных разъемных соединений в таких условиях. При выборе светильников приходится учитывать и некоторые другие детали их конструкции, такие, как способ крепления (на крюке, на трубе и т. д.), место ввода (осевой, боковой) и др.

2. Соблюдение требований по монтажу и эксплуатации электроосветительных установок.

При недостаточной освещенности производственных цехов ухудшается зрение и падает производительность труда, снижается качество выпускаемой продукции. Поэтому для промышленных предприятий разработаны и являются обязательными нормы минимальной освещенности, предусмотренные СНиП и ПУЭ.

Величины освещенности по этим нормам зависят от характера производства и тем выше, чем большая точность требуется при выполнении технологических процессов и производственных операций. При проектировании и светотехнических расчетах освещенность принимают несколько большую, чем требуется по нормам.

Данный запас обуславливают тем, что во время эксплуатации уровень первоначальной (проектной) освещенности с течением времени неизбежно снижается. Это происходит за счет постепенного уменьшения светового потока светильников, загрязнения арматуры и некоторых

других причин. Однако принимаемый при проектировании и расчетах запас освещенности является достаточным при нормальной эксплуатации электроосветительных установок: регулярной очистке светильников, световодов, своевременной смене ламп и т.п. При неудовлетворительной эксплуатации принятый запас освещенности не может компенсировать понижающегося уровня освещенности, и она становится недостаточной.

Следует иметь в виду, что **на освещенность помещения большое влияние оказывает цвет окраски стен и потолков и их состояние**. Окраска в светлые тона и регулярная очистка от загрязнения способствуют обеспечению требуемых норм освещенности. Периодичность осмотров осветительных электроустановок зависит от характера помещений, состояния окружающей среды и устанавливается главным энергетиком предприятия. Ориентировочно для запыленных помещений с агрессивной средой можно принять необходимую периодичность осмотров рабочего освещения один раз в два месяца, а в помещениях с нормальной средой — один раз в четыре месяца. Для установок аварийного освещения сроки осмотров сокращают в 2 раза.

Осмотры осветительных установок

При осмотрах осветительных электроустановок проверяют состояние электропроводки, щитков, осветительных приборов, автоматов, выключателей, штепсельных розеток и других элементов установки. Проверяют также надежность имеющихся в установке контактов: ослабленные контакты должны быть затянуты, а обгоревшие — зачищены или заменены новыми.

Замена ламп в светильниках

В производственных цехах промышленных предприятий **существуют два способа смены ламп: индивидуальный и групповой**. При индивидуальном способе лампы заменяют по мере их выхода из строя; при групповом способе их заменяют группами (после того, как они отслужили положенное количество часов). Второй способ экономически более выгодный, так как может быть совмещен с очисткой светильников, но связан с большим расходом ламп.

При замене не следует использовать лампы большей мощности, чем это допускается для осветительного прибора. Завышенная мощность ламп приводит к недопустимому перегреву светильников и патронов и ухудшает состояние изоляции проводов.

Светильники и арматуру очищают от пыли и копоти в цехах с небольшим выделением загрязняющих веществ (механические и инструментальные цеха, машинные залы, кожевенные заводы и т. п.) два раза в месяц; при большом выделении загрязняющих веществ (кузнечные и литейные цеха, прядильные фабрики, цементные заводы, мельницы и др.) четыре раза в месяц. Очищают все элементы светильников — отражатели, рассеиватели, лампы и наружные поверхности арматур. Очистку окон для естественного освещения проводят по мере их загрязнения.

Рабочее и аварийное освещение в производственных цехах включают и выключают по графику лишь тогда, когда естественное освещение недостаточно для производства работ.

Проверки и испытания осветительных установок при эксплуатации

Электроосветительные установки при эксплуатации подвергают ряду проверок, испытаний. Проверяют сопротивление изоляции рабочего и аварийного освещения. Исправность системы аварийного освещения проверяют, отключая рабочее освещение, не реже одного раза в квартал. Автомат или блок аварийного переключения освещения проверяют один раз в неделю в дневное время. У стационарных трансформаторов на напряжение 12—36 В изоляцию испытывают 1 раз в год, а у переносных трансформаторов и ламп на 12—36 В — каждые три месяца.

Выполнение фотометрических измерений освещенности в помещениях

Фотометрические измерения освещенности в основных производственных и технологических цехах и помещениях с контролем соответствия мощности ламп проекту и расчетам проводят 1 раз в год. Освещенность проверяют с помощью люксметра во всех производственных цехах и на основных рабочих местах. Полученные значения освещенности должны — соответствовать расчетным и проектным.

Перед тем как приступить к проверке освещенности, необходимо установить места, на которых целесообразно измерить освещенность. Результаты осмотров и проверок оформляют

актами, утвержденными главным энергетиком предприятия. Особенности эксплуатации газоразрядных источников света

Особенности эксплуатации люминесцентных ламп и газоразрядных ламп высокого давления

Промышленность изготавливает следующие газоразрядные источники света с лампами:

- люминесцентные ртутные низкого давления;
- дуговые ртутные высокого давления (типа ДРЛ);
- ксеноновые (типа ДКсТ) высокого давления с воздушным охлаждением и сверхвысокого давления с водяным охлаждением;
- натриевые лампы высокого и низкого давления.

Наибольшее распространение получили первые два типа ламп.

Газоразрядные лампы имеют следующие основные особенности. Световой коэффициент полезного действия (КПД) ламп накаливания находится в пределах 1,6-3 %, а их световая отдача не превышает 20 лм/Вт потребляемой мощности для мощных ламп и снижается до 7 лм/Вт для ламп мощностью до 60 Вт. Световой КПД люминесцентных ламп и ламп ДРЛ достигает 7 %, а световая отдача превышает 40 лм/Вт. Однако такие лампы включаются в электрическую сеть только через пускорегулирующую аппаратуру (ПРА).

Для зажигания люминесцентной лампы и особенно лампы ДРЛ требуется некоторое время (от 5с до 3 - 10 мин). Основным элементом пускорегулирующего аппарата обычно служит индуктивное сопротивление (реактор), ухудшающее коэффициент мощности; поэтому применяют конденсаторы, встраиваемые в современные пускорегулирующие аппараты.

Промышленность выпускает люминесцентные лампы общего назначения мощностью от 4 до 200 Вт. Лампы мощностью от 15 до 80 Вт выпускаются серийно в соответствии с ГОСТами. Остальные лампы изготавливают небольшими партиями по соответствующим техническим условиям. Одна из особенностей эксплуатации люминесцентного освещения заключается в затруднении поиска неисправности по сравнению с использованием ламп накаливания. Это объясняется тем, что наиболее распространенная схема включения люминесцентных ламп содержит стартер и дроссель (балластное сопротивление) и становится гораздо сложнее схемы включения лампы накаливания.

Другой особенностью люминесцентного освещения является то, что **для нормального зажигания и работы люминесцентной лампы напряжение сети не должно быть менее 95 % от номинального**. Поэтому при эксплуатации люминесцентных ламп необходимо контролировать напряжение сети. Нормальный режим работы люминесцентной лампы обеспечивается при температуре 18—25 °С, при более низкой температуре люминесцентная лампа может не зажечься.

Во время эксплуатации осмотр люминесцентных ламп проводится чаще, чем ламп накаливания. Осмотр люминесцентных ламп рекомендуется проводить ежедневно, а очистку от пыли и проверку исправности — не реже одного раза в месяц.

При эксплуатации необходимо учитывать также, что **после окончания нормального срока службы люминесцентной лампы (около 5 тыс. ч) она практически теряет свои качества и подлежит замене**. Лампа, при работе которой наблюдаются мигание или свечение только на одном конце, подлежит замене.

1. 8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Заземление и зануление электроустановок»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Опасность поражения людей электрическим током.
2. Пожарная опасность выноса напряжения на корпус электрооборудования.
3. Сущность защитного заземления и зануления электроустановок.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Опасность поражения людей электрическим током

Занулением называется присоединение металлических корпусов электрических машин, трансформаторов и других токоведущих металлических частей электрооборудования, которые не

находятся под напряжением при нормальной работе, к многократно заземленному нулевому проводу.

Нулевым проводом называется провод сети, соединенный с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора или со средним нулевым проводом сети постоянного тока.

Многократное заземление нулевого провода -- это дополнительная, но обязательная мера защиты, осуществляемая через каждые 200 м по его длине.

Обычно нулевой провод изготавливается из стали, а фазные провода -- из цветных металлов. В этом случае необходимо учитывать, что сопротивление их зависит от плотности тока.

Назначение защитного зануления - устранение опасности поражения электрическим током при соприкосновении человека с металлическими частями электрооборудования, оказавшимися под напряжением при замыкании фазы на корпус или землю.

Область применения зануления - трехфазные четырехпроводники сети напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока.

Принцип действия зануления основан на превращении пробоя на корпус в однофазное короткое замыкание (замыкание между фазой и нулевым проводом) с целью вызвать ток большой силы, способный обеспечить срабатывание защиты (плавких вставок, средств автоматики)

Для того, чтобы произошло быстрое и надежное срабатывание средств защиты, необходимо, чтобы ток короткого замыкания, превышал ток отключения (оплавление плавкой вставки и отключение аппарата)

Согласно ПУЭ, проводники зануления подбирают таким образом, чтобы ток короткого замыкания превышал не менее, чем в 3 раза, номинальный ток плавкой вставки.

Время срабатывания отключения поврежденной электроустановки с момента появления напряжения на корпус электроустановки составляет 5-7с при защите плавкими вставками и 1-2с - при защите автоматами.

В аварийный период, с момента возникновения замыкания фазы на корпус и до автоматического отключения поврежденной электроустановки от сети, заземление электроустановок через нулевой защитный проводник снижает напряжение между корпусом и землей.

Повторное заземление позволяет снизить напряжение нулевого провода и корпуса зануленного оборудования относительно земли при замыкании фазы на корпус, как при нормальном режиме, так и при обрыве нулевого провода.

При отсутствии повторного заземления нулевого провода при замыкании фазы на корпус участок нулевого провода в месте замыкания и прикосновения к нему корпуса по отношению к земле находится под напряжением:

При наличии повторного заземления нулевого провода появляется цепь тока замыкания через это заземление.

Автоматическое отключение сетей

Помимо заземления, профилактика электротравматизма заключается в правильном подборе и эксплуатации изоляции электросетей и установок, в автоматическом отключении, применении пониженных напряжений и различных блокировок, в разработке и применении индивидуальных средств защиты.

В тех случаях, когда безопасность не может быть обеспечена устройством заземления, применяются защитные устройства, основными элементами которых являются магнитные пускатели и реле защитного отключения.

Наиболее универсальными устройствами являются те, которые для обеспечения высокой эксплуатационной надежности выполняются на новых полупроводниковых приборах. Например, в СНГ предложено устройство защиты от утечки тока в землю с использованием переменного оперативного тока пониженной частоты. Устройство обладает высокой чувствительностью и может осуществить защиту при токах утечки от 15 мА и выше.

В устройстве защиты от короткого замыкания в электросетях, запатентованном в ФРГ, используется оперативный ток повышенной частоты, что обеспечивает время отключения короткого замыкания 1 мс. Во Франции запатентовано защитное устройство, которое также реагирует на токи повышенной частоты и отличается простотой конструкции.

Защитное отключение (ЗО) - это система автоматического отключения электроустановки при возникновении в ней опасности поражения человека электрическим током (быстродействующая защита).

ЗО должно обеспечивать защиту в следующих случаях: при замыканиях на землю или корпус, при появлении токов утечки. Защитное отключение используют в тех случаях, когда нет уверенности в надежности заземления или зануления.

К устройствам защитного отключения (УЗО) предъявляются следующие требования: высокая чувствительность (реагирование на незначительные изменения входной величины), короткое время срабатывания (время отключения не должно превышать 0,2 с), способность отключить напряжение выборочно от поврежденного оборудования, надежность и самоконтроль (отключение при неисправности УЗО)

Эффективно применение защитного отключения в электроустановках напряжением до 1000В: в передвижных электроустановках с изолированной нейтралью; в стационарных установках для защиты электрифицированного инструмента; в условиях повышенной опасности в стационарных электроустановках с глухозаземленной нейтралью; на отдельных установках высокой мощности.

Электрозащитные средства.

Электрозащитные средства (ЭЗС) - это переносимые и перевозимые средства, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

По характеру применения средства защиты, согласно ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования», классифицируются на две категории:

- средства коллективной защиты;
- средства индивидуальной защиты.

По степени защиты ЭЗС подразделяются на: основные и дополнительные.

Основные ЭЗС - это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, что позволяет безопасно соприкасаться с источникам тока. *Дополнительные ЭЗС* - это средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током и применяются как дополнительные меры защиты к основным средствам.

К основным защитным средствам, которые позволяют работать непосредственно на токоведущих частях, находящихся под напряжением до 1000В, относятся: изолирующие оперативные измерительные штанги, токоизмерительные изолирующие клещи, указатели напряжения, изолирующие тяги, захваты, инструмент с изолированными рукоятками, диэлектрические перчатки. Испытательное напряжение для основных защитных средств зависит от рабочего напряжения установки и должно быть не меньше трехкратного значения линейного напряжения в электроустановках с изолированной нейтралью и не меньше трехкратного фазного напряжения в установках с глухозаземленной нейтралью.

К дополнительным средствам индивидуальной защиты, применяемым в электроустановках напряжением до 1000В, которые усиливают изолирующее действие основных средств, относятся: диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, различные виды изолирующих лестниц, подставок, площадок, ограждения, предупредительные плакаты, переносные заземления и т. д.

К основным защитным средствам при работе в электроустановках с напряжением выше 1000В относятся: изолирующие штаги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения; изолирующие устройства и приспособления для работы на высоковольтных линиях (ВЛ) с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям (изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек и др.)

К дополнительным ЭЗС, применяемые в электроустановках с напряжением выше 1000В относятся: диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки и накладки; диэлектрические колпаки, переносные заземления; оградительные устройства; плакаты безопасности.

Кроме перечисленных ЭЗС, в электроустановках применяют также такие средства индивидуальной защиты: очки, маски, противогазы, рукавицы, предохранительные пояса и страховочные канаты.

Таблица 3.4.5. Нормы и сроки электрических испытаний средств защиты в электроустановках напряжением до 1000В

Средства защиты	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытаний, мин	Допустимый ток, МА	Периодичность испытаний, в мес.
Изолирующие штанги	40	5	-	24
Изолирующие электроизмерительные клещи	2	5	-	24
Указатели напряжения: однополюсные	0,75	1	0,6	12
Двухполюсные	0,60	1	4	12
Диэлектрические перчатки	6	1	6	6
Инструменты с изолирующими рукоятками	2	1	-	12
Диэлектрические галоши	3,5	1	2	12

Перед каждым применением средств индивидуальной защиты персонал обязан: очистить и протереть пыль; проверить исправность и отсутствие внешних повреждений; диэлектрические перчатки проверить на отсутствие проколов, а диэлектрические коврики -- на отсутствие трещин, пузырей, каверн, заусенцев. Прокол диэлектрических перчаток легко установить закручиванием последних к пальцам. Герметичность проверяют по отсутствию выхода воздуха из перчаток или пузырей при погружении их в воду. Дефекты в диэлектрических ковриках очень легко обнаружить при их перегибах. Необходимо также проверить по штампу, для какого напряжения допустимо применение данного защитного средства и не истек ли срок периодического испытания. Пользоваться средствами индивидуальной защиты, у которых срок эксплуатации истек, категорически запрещается. Диэлектрические перчатки подлежат периодическим испытаниям один раз в 6 мес., диэлектрические коврики -- один раз в два года. (табл. 3.4.5)

При выполнении различных видов работ для соблюдения безопасности обычно применяют переносные заземления. Переносное заземление -- надежное средство защиты при работе на отключенных участках, оборудовании или линиях на случай ошибочной подачи напряжения на участок работ. Переносное заземление состоит из гибких медных проводов (для заземления и закорачивания между собой всех трех фаз установки) сечением не менее 25 мм² и зажимов для присоединения закорачивающих проводов к заземляющей шине (полосе) или электроду. Допускается применение отдельного переносного заземления для каждой фазы.

Работы по устройству переносного заземления осуществляются в следующей последовательности. Вначале присоединяют заземляющий провод к «земле» (очагу заземления), после чего проверяют отсутствие напряжения на заземляемых токоведущих частях. При отсутствии напряжения с помощью штанг или руками в диэлектрических перчатках накладывают зажимы закорачивающих проводов. Снимают заземление в обратном порядке. Все операции по наложению и снятию переносного заземления выполняются в диэлектрических перчатках.

Мероприятия, предупреждающие об опасности поражения электротоком

Мероприятия по предупреждению поражения электрическим током являются надежной мерой по снижению электротравматизма. Звуковая и световая сигнализация, применяемые в большинстве случаев одновременно, являются, в данном случае, наиболее распространенным и доступным средством. Электролампочки своим цветом указывают работающему лицу на состояние установки. Зеленая, например, сигнализирует о снятии напряжения электроустановки, красная - о подаче опасного напряжения на электроустановку. Таким образом, звонок, сирена или красная лампочка обычно предупреждают о появлении опасного напряжения на электроустановке.

Другим видом сигнализации, предупреждающей персонал об опасности, являются плакаты и схемы, размещаемые в соответствующих местах электроустановок.

Плакат - одно из наиболее эффективных и доступных средств пропаганды правил и мер безопасности. Предупредительные плакаты являются предостерегающими, запрещающими, разрешающими и напоминающими.

Маркировка оказывает также существенное влияние на предупреждение электротравм, служит для распознавания назначения и принадлежности различных частей электрооборудования, кабелей и проводов. В первую очередь следует маркировать распределительные устройства, распределительные пункты и щиты.

Маркировка должна устанавливаться стандартами и широко использоваться для различного рода предупреждающих обозначений и сигналов.

1. 9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Молниезащита и защита от статического электричества»

1.1.1 Вопросы лекции:

- 1.Пожароопасность и взрывоопасность воздействия молнии.
- 2.Классификация зданий и сооружений по молниезащите.
- 3.Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

- 1.Пожароопасность и взрывоопасность воздействия молнии.

Молния представляет собой электрический разряд длиной до нескольких километров, развивающийся между разноименно заряженными облаками или облаком и землей, деревьями, зданиями, другими наземными объектами.

При разряде на землю, происходящем в среднем за 0,2 с (редко до 1,0-1,5 с) по каналу молнии протекает ток от единиц до 200 кА. При этом происходит интенсивный разогрев канала (иногда до 20 000–35 000° С) и его ударное расширение, воспринимаемое на слух, как раскат грома.

Разряды молний представляют собой высокую электро-, пожаро- и взрывоопасность. Прямые удары молний вызывают разрушение конструкций, в том числе деревянных, бетонных, кирпичных (за счет мгновенного нагрева и испарения материала в канале разряда), могут вызвать электрическое поражение людей и животных, отказ систем пожарной автоматики, потерю средств связи, сбой работы компьютерных сетей с потерей данных, способны проплавить металлическую сетку толщиной 4–5 мм, тонкие листы металла, оболочки взрывоопасных емкостей с топливом, газом и т.п., вызывая их взрывы. Молнии могут также воспламенить взрывоопасную смесь газов и паров около заливных горловин, дыхательных клапанов, отверстий этих емкостей. Поэтому пространства вокруг этих устройств в радиусе 5 м также подлежат защите.

Кроме прямого удара молнии, представляет опасность **занос высокого потенциала** в рабочую зону по надземным и подземным протяженным коммуникациям (рельсам, трубопроводам воды и пара, воздуховодам, оболочкам электрических кабелей, воздушным проводам) как при прямом ударе в них молнии, так и при ударе в рядом находящиеся сооружения, а также в устройства молниезащиты, если они расположены на близком расстоянии.

Для защиты от этого все протяженные коммуникации на вводе в здание присоединяют к заземлителю. От заноса высокого потенциала по проводам (электропередачи, сетей телефона, радио, сигнализации и т.п.) ввод в здание этих сетей осуществляют только кабелями длиной не менее 50 м с металлической броней или оболочкой или проложенных в металлических трубах. На вводе в здание и в месте перехода воздушной линии в кабель эту броню, оболочку, трубу присоединяют к заземлителю. К заземлителю также следует присоединить штыри и крючья изоляторов на опоре воздушной линии электропередачи, где воздушная сеть переходит в кабель.

Опасно **вторичное проявление молнии** в виде наведения потенциала на протяженных металлических предметах (трубопроводах, электрических проводах, оболочках и т.п.) от переменного магнитного поля, создаваемого в пространстве разрядом молнии. Этот потенциал способен вызвать мощное искрение в разрывах конструкций, в плохих электрических контактах (болтовые соединения, фланцы и т.п.) и в местах сближения различных протяженных металлических конструкций. Поэтому в зданиях в местах сближения этих конструкций на

расстояние менее 10 см их сваривают между собой перемычками из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной полосы сечением не менее 24 мм².

Основные требования по устройству молниезащиты изложены в "Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87", утвержденной Минэнерго СССР 12.10.1987 и в приказе Минэнерго России от 30.06.2003 № 280 "Об утверждении Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций".

Молнии с большей вероятностью поражают объекты, более высокие и хорошо заземленные по сравнению с рядом расположенными низкими строениями. Поэтому молниеотвод, возвышающийся над защищаемым объектом, перехватывает на себя молнии, тем самым не допуская их попадания в рядом расположенные более низкие объекты. Чем выше молниеприемник, тем больше зона защиты (пространство, внутри которого здание или сооружение с определенной степенью надежности защищено от прямых ударов молнии).

Зоны защиты и вероятность прорыва в них молнии поддаются расчетам. На одном и том же молниеотводе может быть рассчитано множество зон защиты, каждая из которых будет обладать своей надежностью.

3. Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов.

Инструкция предлагает расчетные формулы зон защиты для проектирования молниезащиты с надежностью защиты 0,9, 0,99, 0,999 или соответственно 90, 99, 99,9%. Вероятность прорыва молнии в эти зоны защиты составит соответственно 1 из 10 ударов молнии; 1 из 100 и 1 из 1000.

С увеличением высоты установки молниеприемника увеличивается его зона защиты, и защищаемый объект из зоны с надежностью защиты, например, $P_z = 0,9$ может перейти в зону с надежностью $P_z = 0,99$ и выше.

При одной и той же высоте молниеприемника, чем больше будет принята надежность защиты P_z , тем меньше будет ее зона защиты: уменьшается высота конуса защиты и уменьшается радиус защиты на уровне земли (рис. 33.1).

Защиту от прямых ударов молний осуществляют с помощью молниеотводов, принимающих на себя разряд и отводящих ток разряда в землю. Молниеотвод состоит из молниеприемника **1**, токоотвода **2**, опоры **4** и заземлителя **3** (рис. 33.1).

Молниеприемники могут быть стержневыми, тросовыми и сетчатыми. **Стержневой молниеприемник** выполняют в виде вертикальных металлических отрезков стали любого профиля (круг, уголок, труба, швеллер и др.) сечением не менее 100 мм² и длиной не менее 200 мм, защищенных от коррозии любым способом (окраска, оцинковка, лужение).

Тросовый молниеприемник (рис. 33.2) выполняют в виде горизонтально натянутого на двух опорах многопроволочного каната сечением не менее 35 мм², присоединенного к заземлителю у каждой опоры.

Сетчатый молниеприемник (рис. 33.3) выполняют в виде сетки, сваренной из металла различного профиля с размером ячеек от 5 до 20 м в зависимости от уровня принятой защиты и уложенной на неметаллическую крышу. Узлы сетки проваривают.

В качестве молниеприемников применяют также **металлические кровли** крыши.

На защищаемом объекте могут быть установлены один или несколько молниеприемников. В связи с этим их подразделяют на одиночные, двойные и многостержневые.

По расположению к защищаемому объекту молниеотводы подразделяют на:

1) стоящие отдельно от него и обеспечивающие растекание тока молнии, минуя объект (это исключает возможность термического воздействия на объект при ударе молнии, что особенно важно для пожаровзрывоопасных объектов):

2) установленные на самом объекте (на кровле, стене);

3) представляющие с объектом одно целое, когда конструкция какой-либо высокой металлической фермы или мачты, установленной на железобетонном фундаменте, объединяет в себе сразу молниеприемник, токоотвод, опору и заземляющее устройство.

Опоры стержневых и тросовых молниеотводов как отдельно стоящих, так и устанавливаемых на защищаемом объекте, могут быть деревянными, металлическими и железобетонными.

От каждого стержневого молниеприемника или от каждой стойки тросового молниеприемника должно быть выполнено не менее одного токоотвода. Если на объекте

установлено несколько стержневых молниеприемников, то их полезно соединить между собой на сварке стальной проволокой диаметром не менее 6 мм.

В качестве заземлителей применяют все заземлители электроустановок, выполненные согласно ПУЭ, а также железобетонные конструкции и искусственные заземлители. Также используют железобетонные фундаменты зданий произвольной формы с достаточной площадью контакта с землей.

Проектирование и монтаж устройств молниезащиты ведут организации, имеющие соответствующую лицензию.

Во всех организациях рекомендуется иметь **комплект эксплуатационно-технической документации молниезащиты** объектов (для которых необходимо устройство молниезащиты), включающий: пояснительную записку, схемы зон защиты молниеотводов; рабочие чертежи конструкций молниеотводов; приемочную документацию

Молниезащитные устройства объектов, законченных строительством (реконструкцией), принимают в эксплуатацию рабочей комиссией и передают в эксплуатацию заказчику до начала загрузки в здания и сооружения оборудования и оформляют это актами.

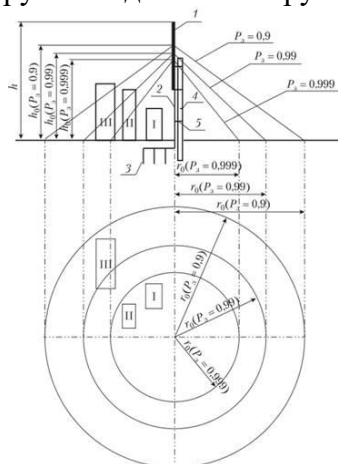


Рис. 33.1. Схема молниезащиты стержневого молниеотвода:

1 – молниеприемный стержень; 2 – токоотвод; 3 – заземляющее устройство; 4 – опора молниеотвода; 5 – хомуты крепления токоотвода; h – высота молниеотвода; h_0 – высота конуса защиты при надежности защиты $P_z = 0,9$; $P_z = 0,99$; $P_z = 0,999$; P_z – конус защиты с надежностью 0,9; 0,99; 0,999; I – объект, полностью вписывающийся в зону защиты $P_z = 0,999$ как в плане, так и по вертикали; II – объект, полностью защищенный зоной защиты с $P_z = 0,9$ (основание объекта на уровне земли вписывается в зону $P_z = 0,999$, но по вертикали этот объект выходит даже из зоны с уровнем защиты $P_z = 0,99$; III – объект полностью не вписывается по вертикали ни в одну зону защиты

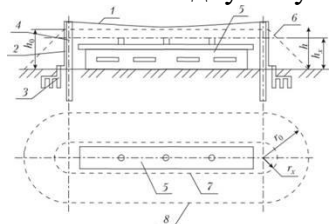


Рис. 33.2. Тросовый молниеприемник:

1 – трос; 2 – токоотвод; 3 – заземляющее устройство; 4 – опора; 5 – защищаемый объект; 6 – зона молниезащиты; 7 – зона защиты на высоте h_x ; 8 – зона защиты на уровне земли; h_x – высота защищаемого объекта; r_0 – радиус защиты на уровне земли; r_x – радиус защиты на уровне высоты защищаемого объекта

После приемки в эксплуатацию устройств молниезащиты составляют **паспорта молниезащитных устройств** и **паспорта заземлителей** устройств молниезащиты, которые хранят у ответственного за электрохозяйство.

Проверку и осмотр всех устройств молниезащиты проводят перед началом каждого грозового сезона и после внесения в нее каких-либо изменений. Результаты проверок оформляют

актами, заносят в паспорта и журнал учета состояния устройств молниезащиты. На основании полученных данных составляют план устранения выявленных дефектов.

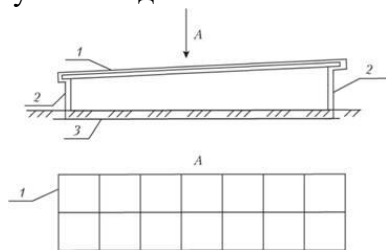


Рис. 33.3. Сетчатый молниеприемник:

1 – молниеприемная сетка; **2** – токоотводы; **3** – заземляющее устройство (горизонтально уложенный электрод)

Защита от статического электричества

При трении (соприкосновении и разделении) разнородных материалов (диэлектриков один о другой или о металлы) на самих материалах и на корпусах оборудования накапливаются электрические заряды, достигающие в некоторых случаях десятков киловольт. Это часто наблюдается при наливке нефтепродуктов в емкости (особенно с разбрызгиванием и ударом о стенки), их транспортировке и сливе, обработке зерна, дроблении сухих кормов, в воздухопроводах вентиляционных установок, истечении сжатых газов через отверстия при наличии в них примесей и продуктов конденсации, обработке пластмасс, работе ременных передач, транспортеров с пробуксовкой и в других случаях.

Искровые разряды статического электричества представляют собой большую пожаро- и взрывоопасность. Их энергии (она может достигать 1400 мДж) вполне достаточно для воспламенения паро-, пыле-, газозооных смесей большинства веществ (например, для ацетона достаточно 0,25 мДж, аэрозолей угля – 40, древесной муки – 20 и т.д.).

Защиту от статического электричества осуществляют в основном отводом зарядов в землю, уменьшением их образования и нейтрализацией.

Для отвода статического электричества корпуса оборудования, наземные резервуары ЛВЖ и ГЖ, механизмы и оборудование насосных станций нефтебаз, металлические конструкции автоталивных устройств и т.п. заземляют с сопротивлением заземляющего устройства не более 100 Ом. Передвижные объекты для перевозки нефтепродуктов (автоцистерны, автозаправщики и др.) заземляют с помощью токопроводящих шин или металлической цепи, касающейся земли 2–3 звеньями. Для перекачки нефтепродуктов применяют шланги из токопроводящей резины, которые также заземляют.

Резинотканевые спиральные рукава заземляют присоединением (пайкой) медного многожильного провода сечением более 6 мм² к ершу (наконечник для крепления рукава) и металлической обмотке рукава, а гладкие рукава – пропусканием внутри него такого же медного провода с присоединением его к ершам.

Уменьшения образования статического электричества достигают применением в технологических процессах слабоэлектризующихся материалов, увеличением чистоты обработки поверхностей, снижением скорости рабочих процессов, силы трения и другими способами.

Слив нефтепродуктов в резервуары (цистерны) нефтескладов для уменьшения образования статического электричества проводят только закрытым способом с подачей нефтепродуктов снизу под слой нефтепродукта.

Нейтрализацию статического электричества осуществляют с помощью специальных приборов-ионизаторов, создающих вокруг наэлектризованного объекта положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие заряд, противоположный заряду диэлектрика, притягиваются к объекту и нейтрализуют его.

1. 10 Лекция №10 (2 часа).

Тема: «Образование статического электричества и его пожарная опасность»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Способы борьбы с накоплением зарядов статического электричества.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1. Способы борьбы с накоплением зарядов статического электричества.

Статическое электричество — это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов изделий или на изолированных проводниках. Заряды накапливаются на оборудовании и материалах, а сопровождающие электрические разряды могут явиться причиной пожаров и взрывов, нарушения технологических процессов, точности показаний электрических приборов и средств автоматизации. Электризация диэлектриков трением может возникнуть при соприкосновении двух разнородных веществ из-за различия атомных и молекулярных сил (из-за различия работы выхода электрона из материалов).

Основным способом предупреждения возникновения электростатического заряда является постоянный отвод статического электричества от технологического оборудования с помощью заземления. Каждую систему аппаратов и трубопроводов заземляют не менее чем в двух местах. Резиновые шланги обвиваются заземленной медной проволокой с шагом 10 см.

Для предупреждения образования статического электричества на элементах металлических конструкций, трубопроводах разного назначения, расположенных на расстоянии менее 10 см параллельно друг друга, применяются замкнутые контуры, создаваемые с помощью устанавливаемых между ними металлических заземленных перемычек через каждые 20 м и менее.

Для снижения величины потенциала электростатического заряда, образующегося на оборудовании и перерабатываемых материалах, до безопасного уровня применяются технологические способы (безопасные скорости движения транспортируемых жидких и пылевидных веществ, подбор поверхностей трения, материалов взаимно компенсирующих возникающих зарядов и т. п.), а также способы отвода путем повышения относительной влажности воздуха и материала, химической обработки поверхности, нанесения антистатических веществ и электропроводных пленок. Общее или местное увлажнение воздуха более 70 % обеспечивает постоянный отвод электростатических зарядов.

Для непрерывного снятия электростатических зарядов с человека используются электропроводящие полы, заземленные зоны или рабочие площадки, оборудование, трапы, а также средства индивидуальной защиты в виде антиэлектростатических халатов и обуви, с кожаной подошвой или подошвой из электропроводной резины.

В определенных производственных условиях происходит возникновение и накопление статического электричества. Статистика показывает, что в 39 случаях из 100 причиной взрывов и пожаров является статическое электричество. Разряд статического электричества, ощущаемый человеком как болезненный укол, может в некоторых случаях явиться косвенной причиной несчастного случая.

Основными направлениями предупреждения опасности статического электричества являются предотвращение накопления зарядов на оборудовании и материалах; снижение электрического сопротивления перерабатываемых веществ; нейтрализация и уменьшение интенсивности возникновения зарядов статического электричества; отвод зарядов, накапливающихся на работающих.

Техническими мерами, обеспечивающими достижение безопасности в условиях возникновения опасности статического электричества, являются:

- заземление оборудования и коммуникаций, на которых могут появляться заряды;
- применение статических веществ и химической обработки трущихся поверхностей, нанесение на них электропроводных пленок;
- ионизация воздуха;
- устройство электропроводящих полов;
- использование работающими токопроводящей обуви и антистатических халатов.

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 зажиганию, 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 зажигание 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 пластика;
- 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: «»

2.2.1 Цель работы:

Получение навыков оценки и классификации электроустановок и помещений по пожарной опасности

2.2.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по оценке и классификации электроустановок и помещений по пожарной опасности

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Стенды и плакаты различных типов электроустановок и помещений оснащенных электроприборами

2.2.4 Описание (ход) работы:

В зависимости от характера окружающей среды и требований по защите от ее воздействия электроустановки разделяют на внутренние и наружные. Внутренние помещения делятся на сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные, с химически активной средой, пожароопасные и взрывоопасные, а наружные (или открытые) установки — на нормальные, пожароопасные и взрывоопасные (электроустановки, защищенные только навесами, относят к наружным).

Сухими считают помещения, в которых относительная влажность не превышает 60 %. Если в таких помещениях не бывает выше 30 °С, технологической пыли, активной химической среды, пожаро- и взрывоопасных веществ, их называют помещениями с нормальной средой.

Влажные помещения характеризуются двумя признаками: относительной влажностью воздуха (60—75 %) и парами или конденсирующейся влагой, выделяющейся временно и в небольших количествах. Большая часть электрооборудования рассчитана для работы при относительной влажности, не превышающей 75 %, поэтому в сухих и влажных помещениях используют электрооборудование в нормальном исполнении. К влажным помещениям относят насосные станции, производственные цехи, где относительная влажность поддерживается в пределах 60—75 %, отапливаемые подвалы, кухни в квартирах и т. п.

Сырые помещения отличаются от влажных тем, что относительная влажность в них длительно превышает 75 %, например некоторые цехи металлопокрытий, цементных заводов, очистных сооружений и т. п. Если относительная влажность воздуха в помещениях близка к 100 % (потолок, пол, стены, предметы покрыты влагой), их относят к особо сырým.

На отдельных производствах металлургической и других отраслей промышленности, например в литейных, термических, прокатных и доменных цехах, температура

длительно превышает 30 °С. Такие помещения называют жаркими. Они могут быть одновременно влажными или пыльными.

Пыльными считают помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т. д. Различают пыльные помещения с токопроводящей и нетокопроводящей

пылью. Пыль, не проводящая ток, не ухудшает качества изоляции, однако благоприятствует ее увлажнению и токоведущих частей из-за своей гигроскопичности.

В помещениях с химически активной средой по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Пожароопасными называют помещения, в которых применяют или хранят горючие вещества. По степени пожароопасности их делят на три класса: I II, II - II, II - II а.

К первому классу относят помещения, в которых используют или хранят пожароопасные жидкости, ко второму классу — помещения с выделением в них взвешенной горючей пыли, не образующей взрывоопасных концентраций, к третьему классу — помещения, в которых содержатся твердые или волокнистые горючие вещества, не образующие взвешенных в воздухе смесей.

Взрывоопасными называют помещения, в которых по условиям технологии производства могут образоваться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, кислородом или другими газами-окислителями, горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние. Взрывоопасные помещения и наружные установки по степени опасности использования электрооборудования разделяют на шесть классов: В-I, В-Ia, В-Iб, В-Ir, В-II и В-IIa.

В установках класса В-I по условиям производства может происходить недлительное образование взрывоопасных смесей горючих газов или паров горючих жидкостей с воздухом либо другим окислителем при нормальных технологических режимах.

К классу В-Ia относят установки, на которых взрывоопасные смеси паров и газов могут образоваться только при авариях или неисправностях оборудования.

Установки класса В-Iб характерны лишь местным образованием взрывоопасных концентраций паров и газов в воздухе и в незначительных объемах при надежно действующей вентиляции. или паров, относят к классу В-Iг.

В установках класса В-II могут создаваться в воздухе взрывоопасные концентрации взвешенных горючих пылей при нормальных режимах работы технологического оборудования, а в установках класса В-IIa — лишь при авариях или неисправностях.

Остальные наружные установки разделяют на нормальные и пожароопасные классов II—III. В последних перерабатывают или хранят горючие жидкости либо твердые горючие вещества (открытые склады минеральных масел, угля, торфа, дерева и т. п.). Помещения классифицируют по наиболее высокому классу взрывоопасности расположенных в них установок.

Агрессивная, сырая, пыльная и подобные им среды не только ухудшают условия работы электрооборудования, но и повышают опасность электроустановок для обслуживающего персонала. Поэтому помещения в отношении поражения людей электрическим током подразделяют на три группы: с повышенной опасностью, особо опасные и без повышенной опасности. Большинство производственных помещений относят к повышенной опасности.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются одним из следующих условий: сыростью (относительная влажность длительно превышает 75 %) или проводящей пылью; токопроводящими полами (металлическими, земляными, железобетонными, кирпичными); высокой температурой (длительно превышает 35 °С); возможностью одновременного прикосновения человека к соединенным с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

Особо опасные помещения характеризуются особой сыростью или химически активной средой, либо двумя и более условиями повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

В зависимости от технологической характеристики помещений и их категорий по степени поражения людей электрическим током ПУЭ определяются допустимое напряжение, характер исполнения электрооборудования, применяемого для данной среды, виды и способы выполнения электрических сетей.

Электротехнические установки классифицируют по климатическому исполнению и месту их размещения при эксплуатации, а также степени защиты персонала и электрооборудования. По климатическому исполнению электротехнические установки разделяют на три группы: для районов с умеренным (обозначают буквой У), холодным (обозначают буквами Хл) и тропическим климатом (обозначают буквами ТВ для влажного и ТС для сухого).

Характеристика климатических районов следующая: первая группа (умеренный климат) — средние температуры воздуха из ежегодных абсолютных максимумов и минимумов соответственно 40 °С или ниже, —45 °С или выше; вторая группа (холодный климат) — средняя температура воздуха из ежегодных абсолютных минимумов ниже — 45 °С; третья группа (тропический влажный климат) — температура воздуха 20 °С или выше и относительная влажность 80 % или более в течение 12 ч в сутки или более за период от 2 до 12 мес и (тропический сухой) — средняя температура воздуха равна 40 °С из ежегодных абсолютных максимумов.

Электроустановки, которые можно использовать одновременно для всех районов (общеклиматическое исполнение), обозначают буквой О, а для районов с сухим и влажным тропическим климатом — Т (а также ТБ и ТС).

По месту размещения при эксплуатации электротехнические установки рассмотренного климатического исполнения делят на пять укрупненных категорий: 1-я категория — на открытом воздухе; 2-я категория — в помещениях или под навесом, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха; 3-я категория — в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли значительно меньше, чем на открытом воздухе; 4-я категория — в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями; 5-я категория — в помещениях с повышенной влажностью. Исполнение и категорию размещения установок обычно указывают после их условного обозначения, например силовой ящик ЯБПУ-1УЗ (У — климатическое исполнение, а 3 — категория размещения).

При классификации по степени защиты условное обозначение электротехнических установок состоит из двух букв IP (International Protection), указывающих на международную систему обозначений, и двух цифр, из которых первая характеризует степень защиты персонала от прикосновения к токоведущим и движущимся частям электрооборудования, находящимся внутри оболочки, и от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел, а вторая — степень защиты электрооборудования от проникновения влаги внутрь оболочки. При отсутствии одного из видов защиты в обозначении установки допускается проставлять знак х.

2.3 Лабораторная работа №3(2 часа).

Тема: «Принципы оценки опасности электрических изделий»

2.3.1 Цель работы:

Изучить методику оценки опасности поражения человека электрическим током в различных ситуациях

2.3.2 Задачи работы:

1. Экспериментально оценить опасность поражения человека электрическим током в трехфазных сетях с рабочими напряжениями до 1000 В в различных ситуациях

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Плакаты электроустановок работающих от сети с электрическим током в трехфазных сетях с рабочими напряжениями до 1000 В

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Трёхфазные сети и их основные характеристики

Трёхфазные электрические сети представляют собой совокупность трёх источников напряжения переменного тока (с частотой 50 Гц для промышленного или бытового применения), соединённых по схеме электрической звезды (рис. 1,а), и линий электропередач, необходимых для подключения потребителей электроэнергии.

Общую точку, соединяющую выводы генераторов напряжения трёхфазной электрической сети (общую точку электрической звезды), называют нейтралью (N) электрической сети, а их другие выводы, к которым подключаются проводники линий электропередач, называют фазами (А, В, С). Напряжения переменного тока, генерируемые каждым источником трёхфазной электрической сети, называются фазными напряжениями (\dot{U}_A , \dot{U}_B , \dot{U}_C).

Напряжения переменного тока фазных источников сдвинуты по фазе друг относительно друга на 120 градусов (векторная диаграмма трёхфазного напряжения на рис. 1,б). Напряжения, действующие между любыми парами фаз электрической сети, называют линейными (\dot{U}_{AB} , \dot{U}_{BC} , \dot{U}_{CA}).

При равенстве модулей фазных напряжений

$$(|\dot{U}_A| = |\dot{U}_B| = |\dot{U}_C| = U)$$

равными будут и модули линейных напряжений:

$$|\dot{U}_{AB}| = |\dot{U}_{BC}| = |\dot{U}_{CA}| = U_{\text{л}} = U.$$

Источниками питания трехфазных сетей служат трансформаторы или генераторы.

Линии электропередач в электрических сетях, подключаемые к источнику трёхфазного напряжения, могут быть воздушного или кабельного типа. В том и другом случае проводники электрической сети линий электропередач обладают некоторым активным и ёмкостным сопротивлением изоляции относительно земли:

RA, RB, RC и CA, CB, CC. В дальнейшем с целью упрощения расчётов будем полагать, что RA = RB = RC = R и CA = CB = CC = C. Комплексное сопротивление изоляции каждой фазы электрической сети относительно земли определяется как результат параллельного соединения активной R и ёмкостной $ZC = 1/j\omega C$ составляющих:

$$Z = R \parallel ZC = R(1 + j\omega RC)^{-1}.$$

Модуль комплексного сопротивления изоляции фазных проводников электрической сети относительно земли определяется по формуле где $\omega = 2\pi f$; $f = 50$ Гц – частота электрической сети. Ёмкость фаз относительно земли определяется типом линии (воздушная, проводная, кабельная), её длиной, высотой подвеса проводов, толщиной фазной изоляции жил кабеля, диаметром его оболочки, т.е. геометрическими параметрами линии, и не может быть уменьшена.

Особенно большой ёмкость фаз может быть в кабельных линиях большой протяженности, при этом соответственно уменьшается величина модуля комплексного сопротивления изоляции фаз и ослабляется ее защитное действие.

В зависимости от вида нейтрали различают два типа трехфазных электрических сетей:

трёхпроводная сеть с изолированной нейтралью (СИН);

четырёхпроводная сеть с заземленной нейтралью (СЗН). Нейтраль в СИН хорошо изолирована от земли.

Нейтраль в СЗН подключена к заземляющему устройству с малым сопротивлением. Согласно требованиям Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [1] сопротивление заземления нейтрали R0 в любое время года не должно превышать 4 Ом для фазного напряжения 220 В. В СЗН четвёртый (нулевой) проводник подключен к нейтрали N и наряду с фазными проводниками А, В и С является рабочим проводником электрической сети. При анализе опасности поражения человека током в трехфазной сети различают однофазное и двухфазное прикосновение человека.

При двухфазном прикосновении человек одновременно прикасается к двум фазам сети и попадает под полное линейное напряжение.

При однофазном прикосновении человек, стоящий на основании, электрически связанном с землей, прикасается к одной из фаз сети. В этом случае ток через тело человека зависит от вида нейтрали и режима работы сети с помощью трёхпозиционного переключателя S моделируются режим нормальной работа сети (НР) и аварийные режимы (АР1 и АР2), соответствующие замыканию одной из фаз электрической сети на землю через сопротивление R3М. Возможное прикосновение человека к фазному проводнику на рис. 2 моделируется с помощью сопротивлений тела человека Rh и дополнительного Rдоп (включает сопротивления обуви, пола и др.), в сумме составляющих сопротивление Rпп..

2. Методика оценки опасности поражения током

Оценка опасности поражения человека током заключается в нахождении значения тока, протекающего через тело человека (основной фактор, влияющий на исход поражения), и сравнении полученного значения с допустимым по соображениям безопасности [2].

Ток, протекающий через тело человека I_h , связан с напряжением прикосновения U_h , приложенным непосредственно к телу человека, и сопротивлением тела человека R_h : $I_h = U_h/R_h = U_{hp}/R_{hp}$, где U_{hp} – падение напряжения на сопротивлении R_{hp}

В худшем случае человек дополнительно не защищен, поэтому

$R_{доп} = 0$ и $R_{hp} = R_h$. Согласно ГОСТ 12.1.038-82* [2]

при расчётах значение R_h следует выбирать в зависимости от допустимого напряжения прикосновения.

Для приближённой оценки опасности обычно используют значение $R_h = 1$ кОм. При этом различают осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный токи и их пороговые, т.е. наименьшие значения.

Осязаемые токи вызывают осязаемые раздражения, неотпускающие приводят к непреодолимым сокращениям мышц руки, фибрилляционные – к беспорядочному сокращению волокон сердечной мышцы (фибрилл), при котором сердце не в состоянии выполнять функции кровяного насоса.

При частоте 50 Гц пороговое значение осязаемого тока – 1 мА, неотпускающего – 10 мА, фибрилляционного – 100 мА. 3. Режимы и эквивалентные преобразования схемы трёхфазной сети

В трёхфазной сети различают нормальный режим работы НР и аварийный АР, при котором одна из фаз оказывается замкнутой на землю через небольшое эквивалентное сопротивление замыкания $R_{зм}$, составляющее в большинстве случаев десятки и сотни Ом. Для удобства анализа аварийный режим подразделяют на АР1 и АР2.

При АР1 на землю оказывается замкнутой фаза, к которой прикасается человек.

При АР2 человек прикасается к исправной фазе сети в момент, когда другая фаза оказывается замкнутой на землю.

На основе операции электрического расщепления узлов фаз А и В можно перейти к эквивалентной схеме, представленной

4. Анализ опасности однофазного прикосновения в СИН

В нормальном режиме работы сети переключатель S находится в положении НР, и схема сети принимает вид значения тока через тело человека при фазном напряжении U определяется формулой:

(1) Если $|Z/3| \gg R_{hn}$, то (2) где $\omega = 2\pi f$; f – частота сети ($f = 50$ Гц), C и R – ёмкости и сопротивления изоляции фаз относительно земли.

Если активные составляющие сопротивления изоляции фаз велики, но существенны ёмкости фаз, что обычно имеет место в длинных кабельных линиях, то, положив $R \rightarrow \infty$ в формуле (2), получим: $I_h = 3U\omega C$.

В аварийном режиме АР1 переключатель S на эквивалентной схеме электрической сети находится в положении АР1, и эквивалентная схема сети принимает вид, Для данного режима работы электрической сети практически всегда выполняются условия:

$R_{hp} \gg R_{зм}$, поэтому $R_{hp} \parallel R_{зм} \approx R_{зм}$; $R_{зм} \ll |Z|$. Выполнение указанных условий позволяет определить величину I : (3)

В результате ток через тело человека (4)

В аварийном режиме АР2 переключатель S на эквивалентной схеме электрической сети находится в положении АР2 и схема сети принимает вид, представленный на рис. 6,в. Принимая во внимание, что в практических условиях обычно выполняется условие $|Z| \gg R_{зм}$, в схеме на рис. 6,в ветвь, содержащую $Z/3$, можно исключить. Таким образом, величина тока через тело человека определяется формулой: $I_h \approx U_{AB}/(R_{hp} + R_{зм}) \approx U/R_{hp}$. (5)

5. Анализ опасности однофазного прикосновения в СЗН

Для данного типа электрической сети выполняется условие $R_0 \ll |Z|/3$ и можно пренебречь влиянием сопротивлений изоляции фаз Z .

В нормальном режиме переключатель S на эквивалентной схеме сети находится в положении НР, и эквивалентная схема сети принимает вид, представленный на рис. 7,а. Эквивалентные схемы

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Методы определения возможности возникновения пожара»

2.4.1 Цель работы:

Ознакомится с основными причинами пожаров

2.4.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Статистика, примеры пожаров, видеофильм, фототаблицы, наглядная агитация.

2.4.4 Описание (ход) работы:

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства

В основном пожары сопровождаются открытым горением. Основными опасными факторами пожара являются:

- открытый огонь, (пламя, искры),
- тепловой поток,
- повышенная температура,
- токсичность продуктов горения,
- пониженная концентрация кислорода,
- задымление, снижение видимости в дыму.

К сопутствующим факторам пожара относятся:

- осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, строений, транспортных средств, оборудования, агрегатов и иного имущества.
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок,
- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара,
- воздействие огнетушащих веществ.

Основными причинами возникновения пожаров являются:

- неосторожное обращение с огнем (НОСО);
- электротехнические;
- нарушение правил устройства и эксплуатации печей;
- поджог.

НОСО является самой распространенной причиной пожара. А нередко неосторожность переходит в небрежность: НОСО при курении, пользование приборами освещения с открытым пламенем (керосиновыми лампами, фонарями, свечами и т.п.), что особенно опасно для чердачных и подвальных помещений, кладовых и различных хозпостроек.

Пожар может возникнуть и от костра, разведенного вблизи строения, причем, чаще всего от искр, которые разносит ветер. Если в этом случае пожар причиняет значительный ущерб, гибель людей, то небрежность может квалифицироваться как преступление. Тогда, в соответствии со ст.168 Уголовным Кодексом РФ, виновные могут быть привлечены к уголовной ответственности.

Еще одной из распространенных причин пожаров является поджог, который в соответствии со ст.167 УК РФ также влечет уголовное наказание.

В зимнее время, с наступлением холодов нередко замерзают водопроводные и канализационные трубы. Пренебрегая мерами пожарной безопасности их отогревают пламенем факела или паяльных ламп. А это приводит к пожарам. Следует помнить, что металлические трубы, нагретые в одном помещении, за счет теплопередачи способны воспламенить соприкасающиеся к ним горючие материалы, расположенные в соседнем помещении.

Особую тревогу вызывают пожары по причине детской шалости с огнем, а также от неумелого, неосторожного обращения с ним. Примерно каждый 6-8 пожар в нашей стране происходит по этой причине. Статистика свидетельствует, что чаще всего виновниками, а порой и жертвами пожаров, оказываются дошкольники и учащиеся начальных классов. Самый надежный способ предотвратить шалость малыша с огнем – не оставлять его без присмотра.

Не менее распространенной причиной пожаров является электротехнические причины. Анализ пожаров, происходящих по этим причинам, показывает, что они происходят в основном по 2-м причинам: из-за нарушения правил при пользования электробытовыми приборами и скрытой неисправности в этих приборах или электрической сети.

Водонагревательные приборы уже через 15-20 мин. после выкипания воды вызывают загорания почти любой сгораемой опорной поверхности. А при испытании электрочайников с нагревательным элементом мощностью в 600 Вт воспламенение основания этого чайника произойдет через 3 минуты после выкипания воды. Соприкосновение занавесей (портьер) с электронагревательными приборами также приводит к их воспламенению.

Пожары могут возникнуть от неисправной электропроводки или неправильной эксплуатации электросети. Это объясняется тем, что при прохождении тока по проводнику всегда выделяется тепло. Одной из причин пожаров, возникающих от электросетей, является короткое замыкание. Короткое замыкание наступает тогда, когда 2 проводника без изоляции накоротко соединяются друг с другом. Провода мгновенно нагреваются до такой температуры, что металлические жилы плавятся, наблюдается интенсивное выделение искр и большое выделение количества тепла. Если в месте короткого замыкания окажутся горючие материалы и конструкции они моментально воспламеняются. Вот почему необходимо следить за изоляцией проводов, не допускать крепления их гвоздями, которые могут нарушить изоляцию, не прокладывать по горючей поверхности. Плохой контакт и сильный разогрев в местах соединения проводов (в скрутку) происходит из-за слабого крепления и сильно окисления контактных поверхностей и мест соединения проводов. Неплотный контакт может также вызвать искрение. В таких местах обычно образуются электрические дуги, а это приводит к сильному разогреву контактирующих поверхностей и воспламенению изоляции и кабелей. Из-за неплотного контакта вилок в гнездах штепсельной розетки происходит сильный разогрев розетки, а это может вызвать самовоспламенение деревянных подрозетников, горючих перегородок и стен, на которых смонтирована штепсельная розетка.

Довольно часто встречаются пожары, связанные с явлением самовоспламенения или самовозгорания. Известны случаи, когда только из-за того, что в помещении столовой, находящейся в подвале, кондитер положил на батарею отопления халат, нечаянно облитый растительным маслом, произошло самовоспламенение. Та температура, при которой вещество загорается без соприкосновения с открытым с огнем, называется самовоспламенением. Чтобы предотвратить пожары, нужно знать температуру самовоспламенения веществ.

Вот некоторые из них:

Сероуглерод (жидкость) 112

Целлулоид 130

Гтанитоль и детматин 165

Сено 172

Бумага 184

Торф кусковой 230

Керосин 250

Древесина 250

Бензин автомобильный 258

Солома 310

Парафин 310

Древесно-волокнуистая плита 315

Уголь древесный 340

Такие температуры часто встречаются в быту. Так, например, температура на колбе электрической лампочки, мощностью 150 Вт, составляет до 300 градусов. Вот почему ее нельзя

обертывать бумагой, накрывать тканью, допускать попадания на нее древесной и другой опасной пыли.

Нередко самовоспламенение происходит вследствие трения. Температура при трении возникает очень большая. Если трущиеся детали машин соприкасаются с горючим материалом, может возникнуть пожар.

Вещество может загораться без внешнего источника тепла, вследствие самовозгорания (за счет химических, биологических, физических процессов). Нередко самовозгораются текстильные материалы (тряпки, ветошь), смоченные растительными маслами. Надо помнить, что обтирочные материалы, спецодежда, на которые попали капли масла, например, олифы, пожароопасны.

На заводе в ремонтном цехе рабочий, уехавший в отпуск, скатал валиком свою спецодежду, на которой были масляные пятна, и положил в верхний ящик своего шкафчика. Через несколько дней спецодежда самовозгорелась и возник пожар.

Пожары от бытовых газовых приборов нередко происходят из-за нарушения ППБ. Основные причины этих пожаров – утечка газа вследствие нарушения герметичности трубопроводов, соединительных узлов или через горелки газовых плит. Природный и сжиженный баллонный газ (обычно это пропано-бутановая смесь) способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Именно поэтому при ощущении запаха газа в помещении нельзя зажигать спички, зажигалки, включать, выключать электрические выключатели, входить в помещение с открытым огнем или с папиросой. Все это может вызвать взрыв. Если утечка газа произошла из открытого крана на газовом приборе, то его надо закрыть, тщательно проветрить помещение и только после этого можно зажигать огонь. В случае утечки газа в результате повреждения газовой сети или приборов пользования ими, необходимо прекратить и немедленно сообщить в контору газового хозяйства. В газифицированных квартирах рекомендуется каждое утро проветривать помещения, в которых установлены газовые плиты. Категорически запрещается пользоваться огнем для обнаружения утечки газа из газопроводов, баллонов и газовых приборов, можно применять только мыльный раствор.

Значительное количество пожаров возникают в результате неправильного устройства и неисправности печей и дымоходов, а также несоблюдения правил пожарной безопасности при их эксплуатации. В холодное время года пожары от печного отопления достигают 80% всех происходящих в это время пожаров.

Причины возникновения пожаров от печного отопления следующие:

- от непосредственного воздействия пламени, топочных газов и искр на сгораемые конструкции зданий через трещины и неплотности в кладке печей и дымоходов и деревянные конструкции, заделанные с нарушением требований ППБ.
- от соприкосновения сгораемых строительных конструкций с поверхностями элементов печи, имеющих высокую температуру, из-за недостаточной толщины стенок печей и дымоходов, из-за отсутствия или занижения размеров противопожарных разделок и отсутствия отступок, а также в результате перекала печей.
- от соприкосновения горючих материалов (мебели, белья, одежды, дров, торфа и т.п.) с неисправными частями печей.
- от выпадения горящего топлива и раскаленных искр на сгораемые элементы зданий и предметы.

2.5 Лабораторная работа №5(2 часа).

Тема: «Взрывозащищенное электрооборудование»

2.5.1 Цель работы:

Получение навыков оценки взрывозащищенности электрооборудования

2.5.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по формированию взрывозащищенности электрооборудования

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.5.4 Описание (ход) работы:

Взрывозащищенное электрооборудование классифицируется по уровням взрывозащиты, видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Взрывозащищенное электрооборудование по уровням взрывозащиты подразделяется на следующие виды:

- 1) особовзрывобезопасное электрооборудование (уровень 0);
- 2) взрывобезопасное электрооборудование (уровень 1);
- 3) электрооборудование повышенной надежности против взрыва (уровень 2).

Особовзрывобезопасное электрооборудование - это взрывобезопасное электрооборудование с дополнительными средствами взрывозащиты.

Взрывобезопасное электрооборудование обеспечивает взрывозащиту как при нормальном режиме работы оборудования, так и при повреждении, за исключением повреждения средств взрывозащиты. Электрооборудование повышенной надежности против взрыва обеспечивает взрывозащиту только при нормальном режиме работы оборудования (при отсутствии аварий и повреждений).

Взрывозащищенное электрооборудование по видам взрывозащиты подразделяется на оборудование, имеющее:

- 1) взрывонепроницаемую оболочку (d);
 - 2) заполнение или продувку оболочки под избыточным давлением защитным газом (p);
 - 3) искробезопасную электрическую цепь (i);
 - 4) кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (q);
 - 5) масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (o);
 - 6) специальный вид взрывозащиты, определяемый особенностями объекта (s);
 - 7) любой иной вид защиты (e).
6. Взрывозащищенное электрооборудование по допустимости применения в зонах подразделяется на оборудование:

- 1) с промышленными газами и парами (группа II и подгруппы IIА, IIВ, IIС);
- 2) с рудничным метаном (группа I).

В зависимости от наибольшей допустимой температуры поверхности взрывозащищенное электрооборудование группы II подразделяется на следующие температурные классы:

- 1) T1 (450 градусов Цельсия);
- 2) T2 (300 градусов Цельсия);
- 3) T3 (200 градусов Цельсия);
- 4) T4 (135 градусов Цельсия);
- 5) T5 (100 градусов Цельсия);
- 6) T6 (85 градусов Цельсия).

Взрывозащищенное электрооборудование должно иметь маркировку. В приведенной ниже последовательности должны указываться:

- 1) знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);
- 2) знак, относящий электрооборудование к взрывозащищенному (Ex);
- 3) знак вида взрывозащиты (d, p, i, q, o, s, e);
- 4) знак группы или подгруппы электрооборудования (I, II, IIА, IIВ, IIС);
- 5) знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

9 Методы испытания взрывозащищенного электрооборудования на принадлежность к соответствующему уровню, виду, группе (подгруппе), температурному классу устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: «Основы пожарной безопасности электрических сетей»

2.6.1 Цель работы:

Изучить правила предосторожности при пользовании электрооборудованием следы короткого замыкания на электропроводах

2.6.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по применению правил предосторожности при пользовании электрооборудованием

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Фототаблицы, примеры пожаров, наглядная агитация, памятки по правилам пожарной

безопасности при использовании электроприборами. Наиболее распространенные виды электропроводов, заводские предохранители

2.6.4 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 несгораемых 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.

2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема: «Монтаж и эксплуатация кабелей»

2.7.1 Цель работы:

Получение навыков монтажа и эксплуатации кабелей

2.7.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по монтажу кабелей

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Кабель, монтажное оборудование

2.7.4 Описание (ход) работы:

Промышленное предприятие, поселок или город, которые не имеют своей электростанции, необходимо присоединять к сетям энергосистемы и затем осуществлять распределение электроэнергии. Электролинии, которая выходит за пределы подстанции или электростанции и предназначена для передачи электроэнергии, называется линией электропередач. Электросети могут быть выполнены кабельными и воздушными линиями, токопроводами и шинопроводами.

Кабельная линия электропередачи – это линия для передачи электроэнергии, которая состоит из одного или нескольких параллельных кабелей с концевыми, стопорными, соединительными муфтами и крепежными деталями. Кабельные линии прокладывают в местах, в которых затруднено строительство воздушных линий. Такие линии имеют ряд преимуществ перед воздушными линиями, поэтому, несмотря на их более высокую цену и трудоемкость прокладки, они широко используются в сетях как внутреннего, так и внешнего электроснабжения.

Устройство и монтаж кабельных линий

Кабельные линии прокладываются в кабельных блоках, траншеях, сооружениях, в лотках и на опорных конструкциях. Их монтаж выполняется в соответствии с проектно-технической документацией, в которой указывается трасса линии и ее геодезические отметки.

Конструктивное обозначение силовых кабелей состоит из нескольких букв. Первая буква обозначает материал, если первой буквы нет, то жилы кабеля выполнены из меди, если первая буква А, то жилы алюминиевые. Вторая буква обозначает материал изоляции жил: П – полиэтилен, Р – резина, В – поливинилхлорид, кабели с бумажной изоляцией не имеют второй буквы). Третья буква – это материал оболочки (А – алюминий, С – свинец, СТ – гофрированная сталь, В и ВР – поливинилхлорид, Н и НР – негорючая рехина-найрит). Четвертая буква обозначает защитное покрытие: П – бронирование плоской стальной оцинкованной проволокой, Г – голый без джутовой оплетки, А – асфальтированный кабель, К – бронирование круглой стальной оцинкованной проволокой, Б – бронирование лентами. Если в конце обозначения стоит буква Н, то это значит, что защитный покров негорючий. Буквы Шп и Шв обозначают, что оболочка кабеля заключена в полиэтиленовый или поливинилхлоридный шланг, буква Т обозначает возможность прокладки кабеля в трубах, а буква Ц в самом начале говорит о том, что бумажная изоляция пропитана раствором на основе церезина.

К монтажу кабельных линий предъявляется ряд требований:

- кабели с поливинилхлоридной и пропитанной бумажной изоляцией прокладываются только при температуре воздуха выше 0 градусов,
- вдоль трассы кабели раскатывают ручным способом или с помощью движущегося транспорта,
- глубина траншей должна быть более 700 мм, а ширина траншей должна обеспечивать расстояние между несколькими кабелями с напряжением до 10 кВ не менее 100 мм, а от стенки траншеи до ближайшего кабеля – не менее 50 мм,
- кабели с напряжением 6-10 кВ для предотвращения механических повреждений поверх присыпки защищают железобетонными плитами или красным кирпичом, кабели до 1 кВ защищают таким образом только в местах частых раскопок,
- прокладка кабелей в блоках используется для их защиты от механических повреждений, допустимые токовые нагрузки кабелей в проводах меньше по сравнению с кабелями, проложенными в земле или открыто, по причине худшего охлаждения,
- прокладка кабелей в лотках или на опорных конструкциях выполняется по стенам зданий, в цехах производственных предприятий и в туннелях,
- допускается совместная прокладка силовых кабелей, контрольных и осветительных цепей при условии разделения каждой стальными разделителями.

2.8 Лабораторная работа №8(2 часа).

Тема: «Пожарная безопасность силовых электроустановок»

2.8.1 Цель работы:

Получение навыков оценки пожарной безопасности силовых электроустановок

2.8.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по оценке пожарной безопасности силовых электроустановок

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Плакаты по силовым электроустановкам

2.8.4 Описание (ход) работы:

Характерным примером возникновения пожарной опасности при снижении сопротивления изоляции РИЗ является случай развития короткого замыкания от теплового проявления тока утечки $I_{ут}$ в сети с занулением. Преднамеренное надежное электрическое соединение металлических элементов **электроустановок**, которые могут оказаться под напряжением, с нейтралью питающего трансформатора в таких сетях создает условия для протекания тока утечки при снижении сопротивления изоляции. Протекание же тока утечки вызывает его увеличение, так как температурный коэффициент сопротивления изоляции твердых диэлектриков отрицателен и с повышением температуры его сопротивление уменьшается. Изоляция выдержит фазное напряжение сети УФ, если при некоторой температуре установится тепловое равновесие, т. е. отдача тепла в окружающую среду сравнивается с выделением тепла током утечки. В противном случае сила тока утечки будет возрастать до теплового пробоя изоляции с возникновением электрической дуги. При двух предельных значениях РИЗ = 0 и РИЗ = ∞ тепловая мощность в месте утечки равна нулю, так как в первом случае

$I_{ут} = 0$, а во втором – напряжение в месте утечки равно нулю. Следовательно, некоторому определенному значению сопротивления РИЗ соответствует наибольшее возможное значение тепловой мощности в месте утечки

$P_{ут} = I_{ут}^2 R_{из}$. Однако особенность самого пробоя такова, что он наступает при относительно малых значениях $P_{ут}$, поскольку размеры зоны с большим сопротивлением РИЗ и высокой температурой имеют локальный характер. Это способствует накоплению тепла.

$$Q_{ут} = I_{ут}^2 R_{из} \tau = U_{ф} I_{ут} \tau = P_{ут} \tau,$$

Где τ - продолжительность тепловыделения в зоне утечки. Установлено, что токи утечки $I_{ут}$, равные 200–300 мА, пожароопасны. При этом протекание токов утечки по проводам сети практически не нарушает их теплового режима, так как

$$Q_{пр} = (I_{доп} + I_{ут})^2 (R_{ф} + R_{н}) \tau, \quad a \quad I_{доп} \gg I_{ут},$$

Где $I_{доп}$ - допустимая длительная токовая нагрузка на проводники; $R_{ф}$ и

RH – соответственно активные сопротивления фазного и нулевого провода.

Продолжительность тепловыделения в зоне утечки определяется током уставки I_{уст} и временем срабатывания туст аппарата защиты, а при отсутствии защиты от тока утечки и достаточной тепловой мощности РУт - длительностью аварийного режима t_{a. p} и временем t_{воспл}, необходимым для подготовки изоляции к воспламенению. При этом, если t_{a. p} > t_{воспл}, то воспламенение практически неизбежно, а если t_{a. p} < t_{воспл}, то воспламенение носит вероятностный характер. Воспламенению изоляции способствует также тепловой эффект электрической дуги, которая возникает в месте теплового пробоя.

В момент возникновения электрической дуги, если не происходит разрыва цепи аппаратами защиты или пережигания токоведущих жил, в цепи устанавливается ток короткого замыкания I_{КЗ}, вызывающий общий интенсивный нагрев проводов сети. Выделяющееся при этом тепло в токоведущих жилах

$$Q_{\text{пр}} = (I_{\text{КЗ}}^2 - I_{\text{доп}}^2) R_{\Phi} \tau_{\text{уст}} = P_{\text{пт}} \tau_{\text{уст}}$$

Ведет к перегреву изоляции сверх допустимой по нормам ПУЭ и при достижении температуры воспламенения изоляция воспламенится. Таким образом, снижение сопротивления изоляции внутри электроприемника приводит к росту пожарной опасности самих помещений. Одновременно в сети устанавливается пожароопасный режим.

Таким образом, автоматические воздушные выключатели, предохранители и тепловые реле магнитных пускателей “не чувствуют” процесса развития короткого замыкания в конце защищаемого участка сети. В соответствии с требованиями ПУЭ

$$\frac{I_{\text{КЗ(к)}}}{I_{\text{н.вст (н.тепл)}} \geq 3$$

Время отключения однофазных КЗ этими аппаратами составляет несколько десятков секунд и определяется временем разрушения плавких вставок или срабатывания тепловых расцепителей. Например, для предохранителей типа ПН - 2 с номинальным током вставок выше 100 А оно достигает

30–60 с, а расцепителей автоматических выключателей типа АЗ100 с номинальными токами от 60 до 150 А – 60 - 90 с. Такое длительное протекание токов короткого замыкания может приводить к значительному тепловому нагреву изоляции и опасности ее возгорания. При низком качестве монтажа наблюдаются случаи, когда сопротивление “фаза-нуль” настолько велико, что вообще не обеспечивается срабатывание аппаратов защиты до возгорания изоляции.

Отмеченные закономерности развития короткого замыкания при разрушении электрической изоляции являются объективными предпосылками развития электрической и пожарной опасности, так как применяемые аппараты защиты не реагируют на протекание токов утечки до развития короткого замыкания.

2.2. Схемы замещения **коротких** замыканий электропроводок

И сравнительный анализ их тепловых характеристик

2.2.1. Короткие замыкания в электроустановках

Основной причиной возникновения пожара в кабельных изделиях являются аварийные режимы их работы, сопровождаемые превышением рабочих значений тока (сверхтока). Зачастую сверхток может быть следствием различных видов короткого замыкания.

Под КЗ понимается не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание через малое сопротивление токопроводящих частей, имеющих различную полярность, подключенных к различным фазам (многофазный переменный ток) или имеющих различные потенциалы замыкания на землю (заземленные предметы и нулевые провода). КЗ в кабельных изделиях чаще всего возникает из-за нарушения изоляции токопроводящих жил вследствие ее старения, механического повреждения, неправильной эксплуатации.

Независимо от причины, вызвавшей КЗ, неизбежны: резкое увеличение тока в короткозамкнутой цепи, уменьшение напряжения системы, перерывы в электроснабжении потребителей.

При коротком замыкании образуется новая электрическая цепь или несколько электрических цепей, не предусмотренных нормальным режимом эксплуатации. Короткое замыкание представим в виде схем замещения

При двухфазном коротком замыкании на землю возникают электрические цепи между фазными проводниками и землей, а также электрическая цепь между двумя фазами. Могут существовать четыре режима двухфазного короткого замыкания на землю: с соединением фаз через землю (нулевой провод) (рис. 2.7) и с непосредственным соединением фаз между собой. Соединение с землей при этом может обеспечивать электрическую цепь непосредственно между фазами (нулевой провод) (рис. 2.8, 2.10) или исключать ее (рис. 2.9). Сопротивления в месте короткого замыкания между всеми фазами считаем равными.

Тепловой режим короткого замыкания будет зависеть от схемы двухфазного короткого замыкания на землю.

При двухфазном коротком замыкании на землю без непосредственного соединения фаз (см. рис. 2.7) рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных коротких замыканий:

$$dQ = 2 \frac{U_c^2}{R_{кз}} d\tau \quad (2.9)$$

Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением одной фазы с землей (нулевым проводом) через другую (см. рис. 2.8) рассмотрим как сумму одного двухфазного и одного

$$dQ = \left[\frac{3U_c^2}{R_{кз}} + \frac{U_c^2}{R_{кз}} \right] d\tau = 4 \frac{U_c^2}{R_{кз}} d\tau \quad (2.10)$$

однофазного коротких замыканий:

Двухфазное короткое замыкание на землю с непосредственным соединением фаз между собой без электрической цепи между фазами через землю (нулевой провод) (см. рис. 2.9) рассмотрим как сумму двух однофазных и одного двухфазного коротких замыканий:

$$dQ = \left[\frac{2U_c^2}{R_{кз}} + \frac{3U_c^2}{R_{кз}} \right] d\tau = 5 \frac{U_c^2}{R_{кз}} d\tau$$

2.9 Лабораторная работа № 9_ (2_ часа).

Тема: «Освещение взрывоопасных и пожароопасных помещений»

2.9.1 Цель работы:

Получение навыков

2.9.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по оценке освещения взрывоопасных и пожароопасных помещений

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Светильники, плакаты

2.9.4 Описание (ход) работы:

Классификация взрывоопасных помещений

Правильное и экономически выполненное электрическое освещение в помещениях производств, связанных с использованием горючих веществ, зависит главным образом от объективной и обоснованной оценки взрыво- и пожароопасности окружающей среды. Здесь основная задача состоит в том, чтобы надежность и безопасность электроосвещения объединялась с минимальной затратой средств на его осуществление, экономией дефицитных материалов и оснащения, изъятием лишнего при монтаже.

Степень взрывоопасности и пожарной опасности ДНАОПО.00-1.32-01 среды в помещениях регламентируется двумя нормативными документами "Правила устройства электроустановок" (раздел 4 "Электроустановки в взрывоопасных зонах", раздел 5 "Электроустановки в пожароопасных зонах" и СНиП (Строительные нормы и правила) П-90-81 "Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования".

Классификацией "Правилами устройства электроустановок" установлено шесть классов взрывоопасных зон, в соответствии с которыми выполняется выбор и размещение

электроустановок, в зависимости от частоты и продолжительности присутствующей взрывоопасной среды.

Газо-паровоздушные взрывоопасные среды образуют взрывоопасные зоны классов 0, 1, 2, а пылевоздушные - взрывоопасные зоны классов 20, 21, 22.

1) Взрывоопасная зона класса 0 - пространство, в котором взрывоопасная среда присутствует постоянно или на протяжении продолжительного времени.

2) Взрывоопасная зона класса 1 - пространство, в котором взрывоопасная среда может образоваться во время нормальной работы, если установка работает в соответствии со своими расчетными параметрами.

3) Взрывоопасная зона класса 2 - пространство, в котором взрывоопасная среда при нормальных условиях эксплуатации отсутствует, а если возникает, то редко и продолжается недолго. В этих случаях возможные аварии катастрофических размеров.

4) Взрывоопасная зона класса 20 - пространство, в котором при нормальной эксплуатации взрывоопасная пыль в виде облака присутствует постоянно или часто в количестве, достаточном для образования опасной концентрации смеси с воздухом. Обычно это имеет место внутри оборудования, где пыль может формировать взрывоопасные смеси часто и на продолжительный срок.

5) Взрывоопасная зона класса 21 - пространство, в котором при нормальной эксплуатации возможно появление пыли в виде облака в количестве, достаточном для образования смеси с воздухом взрывоопасной концентрации.

6) Взрывоопасная зона класса 22 - пространство, в котором взрывоопасная пыль в зависшем состоянии может появиться не часто и существовать недолго или в котором слои взрывоопасной пыли могут существовать и образовывать взрывоопасные смеси в случае аварии.

Допустимый уровень взрывозащиты и степень защиты светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны приведен в таблице 3.

Классификацией ПУЭ «Правила устройства электроустановок» изд. 6 установлено пять классов помещений, которые определяют выбор электрооборудования, светильников и электропроводок в взрывоопасных помещениях:

1) помещение класса В-I, в которых горючие газы или пары ЛЗР, которые выделяются, могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных непродолжительных режимах работы (например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, сохранении или переливании ЛЗР, которые находятся в открытых сосудах, и т.д.);

Таблица 3

"Правила устройства электроустановок" 1. ДНАОП 0.00-1.32-01		"Правила устройства электроустановок", ПУЭ изд. 6	
Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты и степень защиты	Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты и степень защиты
0	Особо взрывобезопасное электрооборудование	В-I	Особо взрывобезопасное
1	Взрывобезопасное электрооборудование	В-I	Взрывобезопасное
2	Повышенной надежности против взрыва с видом защиты "II"	В-Ia; В-Iг; В-Iб	Повышенной надежности против взрыва. Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP53
20	Особо взрывобезопасное и взрывобезопасное электрооборудование	В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований п. 7.3.63 ПУЭ)
21	Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	В-IIa	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований п.7.3.63 ПУЭ)
22	Без средств взрывозащиты (при условии соблюдения требований п. 4.6.9) оболочки с степенью защиты IP54.	В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований п.7.3.63). Степень защиты IP53*

2) помещение класса В-Ia, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси с воздухом горючих газов или паров ЛЗР не имеют места, а возможные лишь в результате аварий или неисправностей;

3) помещение класса В-Iб, те же помещения, что и класса В-Ia, но отличаются одной из следующих особенностей: горючие газы в этих помещениях имеют высокую нижнюю границу взрывчатости (15% и большее) и резкий запах при предельно допустимых за санитарными нормами концентрациях; образование в аварийных случаях в помещениях общих взрывоопасных концентраций по условиям технологического процесса исключено, а возможные лишь местные взрывоопасные концентрации легковоспламеняющиеся жидкости или горючие газы являются в помещениях в небольших количествах, недостаточных для создания в них взрывоопасных концентраций, и работа с ними проводится без использования открытого огня;

4) помещение класса В-II, в которых выделяется горючая пыль и волокна, которые переходят в зависшее состояние и способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных непродолжительных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Классификация взрывозащищенного электрооборудования

Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровню и виду взрывозащиты, группам, и температурным классам.

Определены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

- электрооборудование (электротехническое устройство) повышенной надежности против взрыва – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в определенном режиме его работы. Знак уровня – 2.

- взрывозащищенное электрооборудование (электротехническое устройство) – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при определенных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений способов взрывозащиты. Знак уровня – 1.

- особо взрывозащищенное электрооборудование (электротехническое устройство) – взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывозащищенному электрооборудованию (электротехническому устройству) приняты дополнительные меры взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня – 0.

Взрывозащищенное электрооборудование имеет следующие условные обозначения видов взрывозащиты:

- взрывонепроницаемая оболочка
- заполнение или продувка оболочки защитным газом избыточным давлением
- искробезопасная электрическая цепь
- кварцевое заполнение оболочки
- масляное заполнение оболочки
- защита вида «е»
- специальный вид взрывозащиты
- защита вида «т»
- защита вида «п»

Электрооборудование группы II, имеющее взрывозащиту «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь», подразделяются на три подгруппы, которые отвечают взрывоопасным смесям в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Группа электрооборудования	Подгруппа электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	-	IIA, IIB и IIC
	IIA	IIA
	IIB	IIA и IIB
	IIC	IIA, IIB и IIC

Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть температурных классов, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Температурный класс электрооборудования	Предельная температура, °C	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1-T3
T4	135	T1-T4
T5	100	T1-T5
T6	85	T1-T6

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования

В маркировку взрывозащиты электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

- знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);
- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- знак вида взрывозащиты (d, p, i, q, o, e, s, m, n);
- знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB и IIC);
- знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке взрывозащиты могут иметь место дополнительные знаки и надписи, соответствующие стандартам на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты.

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в таблице 6.

Таблица 6

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка взрывозащиты
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	II	T6	2ExeIIT6
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	IIB	T3	2ExedIIBT3
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T3	1ExdIIAT3
	Защита вида «е»	II	T6	1ExeIIT6
Особо взрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная цепь и взрывонепроницаемая оболочка	IIA	T4	OEExiadIIAT4
	Специальный	II	T4	OExsIIT4

Классификация пожароопасных зон

Пожароопасная зона – пространство в помещении или за его пределами, в котором постоянно или периодически находятся (сохраняются, используются или выделяются во время технологического процесса) горючие вещества как при нормальном технологическом процессе, так и при его нарушении в таком количестве, что требуются специальные меры в конструкции электрооборудования при его монтаже и эксплуатации.

Класс пожароопасных зон согласно классификации и их границы определяются технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

Класс пожароопасных зон характерных производств должен отображаться в нормах технологического проектирования или в отраслевых перечнях производств по пожаровзрывоопасности.

1) Пожароопасная зона класса П-I – пространство в помещении, в котором находится горючая жидкость, имеющая температуру воспламенения более +61°C.

2) Пожароопасная зона класса П-II – пространство в помещении, в котором могут накапливаться и выделяться горючая пыль или волокна.

3) Пожароопасная зона класса П-IIa – пространство в помещении, в котором находятся твердые горючие вещества и материалы.

4) Пожароопасная зона класса П-III – пространство вне помещения, в котором находится горючая жидкость с температурой воспламенения более +61°C или твердые горючие вещества.

Зоны в помещениях или за их пределами до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором находятся горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением

открытого огня, раскаленных частей или технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пыли или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным зонам.

Класс среды за границами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и за их пределами, в которых твердые и газообразные горючие вещества сжигаются как топливо или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным зонам.

Особенности электротехнического освещения

Широкая номенклатура и разный характер помещений и наружных установок с взрыво- и пожароопасными зонами, распространенных во всех отраслях промышленности, а также в общественных зданиях массового строительства, ограничивают возможность обобщения и выводов, относящихся к светотехнической части осветительных установок указанных объектов. Вместе с тем некоторые особенности, присущие многим таким помещениям, могут служить основанием для ряда общих рекомендаций, направленных на повышение качества и эффективности электрического освещения,

С точки зрения светотехнических требований основная масса помещений и установок промышленных и вспомогательных зданий и участков открытых территорий с взрыво- и пожароопасными зонами по основным производственным признакам может быть условно разделена на несколько групп.

К первой группе можно отнести помещения и установки предприятий химической, нефтяной, газовой и других отраслей промышленности, где технология производства основана на широком использовании жидких, газообразных и пылевидных легковоспламеняющихся и горючих веществ при высоком уровне механизации и автоматизации производственных процессов.

К второй группе относится широкая номенклатура цехов: окрасочных, сушильно-пропиточных, промывочно-пропарочных, консервации, антисептирования изделий и других, в которых широко используются всевозможные лакокрасочные материалы, пропиточные массы, легковоспламеняющиеся растворители, разбавители и масла.

К третьей группе относятся помещения, в которых производится обработка первичного сырья (хлопок, лен, шерсть, макулатура, отходы древесины и др.) и изготовление всевозможных тканей, бумаги, картона и другой продукции на волокнистой основе.

К четвертой группе относятся помещения, технологические процессы которых связаны с применением и обработкой твердых горючих веществ, например цехи деревообрабатывающих, электротехнических, пластмассовых изделий и других предприятий.

К пятой группе относятся отдельные помещения, размещаемые в общественных и гражданских зданиях, где хранятся и обращаются разные горючие материалы. Это, например, помещения архивов, книгохранилищ, светокопии, предприятий бытового обслуживания, упаковочных, различных мастерских, складов и др.

К шестой группе могут быть отнесены взрывоопасные и пожароопасные зоны на открытых территориях. Это установки хранения ЛВЖ, и горючих жидкостей в резервуарах и баках с запорной арматурой, эстакады для налива и разлива ЛВЖ и горючих жидкостей, открытые склады угля, торфа, леса и др.

Номенклатура и количество светильников для освещения взрыво- и пожароопасных зон, выпускаемых светотехнической промышленностью, непрерывно возрастают. Модернизируются и осваиваются новые типы взрывозащищенных светильников для взрывоопасных зон классов В-I, В-Ia, В-Iг и В-II и светильников для тяжелых условий среды, конструкции которых допускают применение их во взрывоопасных зонах классов В-I и В-IIa и пожароопасных зонах классов П-I, П-II и П-III. Увеличиваются также номенклатура и выпуск светильников, предназначенных для освещения производственных помещений с нормальными условиями среды, пригодных и для освещения некоторых пожароопасных зон классов П-II и П-IIa при определенных условиях.

Классы взрыво- и пожароопасных зон и характер окружающей среды обуславливают применение светильников разных конструкций и исполнений, правильный выбор которых

является основным фактором, определяющим надежность, энергетическую экономичность и оптимальную стоимость осветительных установок.

Следует учитывать, что сложность конструкции и защитная оснастка (стекла, решетки, сетки и др.) светильников отрицательно влияют на их светотехнические характеристики и КПД, поэтому выбор светильников для рассматриваемых условий требует всесторонней оценки факторов, определяющих качество и эффективность электроосвещения.

В таблице 7 помещены данные о минимально допустимых уровнях взрывозащиты и степени защиты оболочек светильников в зависимости от классов взрывоопасных зон.

Таблица 7

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
В-I В-Ia, В-Iг В-Iб В-II В-IIа	1.1.1. Стационарные светильники Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP5X Повышенной надежности против взрыва Без средств взрывозащиты. Степень защиты IP5X 1.1.2. Переносные светильники Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва
В-I, В-Ia В-Iб, В-Iг В-II В-IIа	Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва Взрывобезопасное Повышенной надежности против взрыва

Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIа рекомендуется применение светильников, предназначенных для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. При отсутствии таких светильников допускается в зонах класса В-II применение светильников во взрывозащищенном исполнении для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIа – светильников общего назначения (без взрывозащиты), но имеющих соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54; стеклянные колпаки должны быть защищены металлической сеткой.

Конструкция светильников с газоразрядными лампами в этих зонах должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с газоразрядными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

Тема: «Электромонтажные работы»

2.10.1 Цель работы:

Получение навыков проведения электромонтажных работ

2.10.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по проведению электромонтажных работ

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

электрооборудование промышленных установок, материалы изделия, применяемые для монтажа электроустановок

2.10.4 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 покрытия 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 йодами, 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 грубы — винипластовые, полиэтиленовые, полипропиленовые.

Винипластовые трубы изготавливают четырех видов: легкие (Л), сред нелегкие (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 крепление 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-эксцентриком, 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 заготавливаются 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 заготавливаются в мастерских, наматываются на кассеты и транспортируются на монтаж в комплекте с натяжными устройствами, компенсаторами и другими деталями.

Многопанельные 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 раздельно. 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 производится 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.

2.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

Тема: «Расчет заземления и зануления электроустановок»

2.11.1 Цель работы:

Изучить требования, предъявляемые к заземляющим устройствам, ознакомиться с методикой измерения сопротивлений заземляющих устройств и удельного электрического сопротивления грунта

2.11.2 Задачи работы:

Научиться измерять сопротивление заземляющего устройства и удельное электрическое сопротивление грунта, производить расчет заземления в однородном грунте

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

корпус электродвигателя, заземляющий провод, заземлители.

2.11.4 Описание (ход) работы:

Общие сведения

Металлические части электроустановок корпуса электрических машин, трансформаторов, магнитных пускателей и т.п.) в нормальных условиях хорошо изолированы от токоведущих частей и прикасаться к ним совершенно безопасно. В аварийных случаях (замыкание фазного провода на нулевой провод, пробой изоляции и замыкание фазы на корпус электроустановки и т.п.) металлические части электроустановок оказываются под напряжением. Прикосновение обслуживающего персонала к металлическим частям электроустановок и связанным с ними металлическим конструкциям других машин и аппаратов становится опасным для жизни. Наиболее распространенной и надежной мерой защиты людей и животных от поражения электрическим током является заземляющее устройство (защитное заземление). Целью заземляющего устройства является снижение до безопасной величины напряжения (относительно земли), появляющегося на металлических частях электроустановок в результате нарушения изоляции токоведущих частей. Чем меньше величина электрического сопротивления заземляющего устройства, тем меньше напряжение, возникающее на металлических частях электроустановок, и, следовательно, менее опасно прикосновение к ним людей и сельскохозяйственных животных.

Заземляющее устройство [1] — совокупность заземлителей и заземляющих проводников (рис. 1). Заземляющие проводники соединяют корпуса электроустановок с заземлителями. Через заземлители (круглая стальная проволока диаметром 12-18 мм, угловая сталь, полосовая сталь, металлические толстостенные трубы длиной 3-5 м и др.), забиваемые в землю, растекается электрический ток замыкания в землю.

Все заземлители соединяются между собой и с заземляющим проводниками стальной полосой или круглой стальной проволокой диаметром не менее 6 мм при помощи сварки. Заземляющие проводники присоединяются к корпусам электроустановок при помощи болтовых соединений, позволяющих отсоединять защитное заземление от электроустановки с целью периодической проверки его электрического сопротивления.

Каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должно иметь паспорт, содержащий схему заземления, его основные технические данные, данные о результатах проверки состояния заземляющего устройства, о характере производственных ремонтов и изменениях, внесенных в устройство заземления.

Измерение сопротивления заземляющих устройств цеховых электроустановок в сельском хозяйстве должно производиться не реже 1 раза в год в периоды наименьшей проводимости почвы: летом — при наибольшем просыхании земли или зимой — при наибольшем промерзании ее.

Измерение сопротивления производится также после капитального ремонта. Результаты измерений оформляются протоколом. Внешний осмотр состояния заземляющих проводников производится не реже 1 раза в 6 месяцев, а в сырых и особо сырых помещениях – не реже 1 раза в 3 месяца. При нарушении или неисправности заземления (обрыв цепей заземления, плохой контакт и т.п.) электроустановка подлежит немедленному отключению и до ликвидации неисправности включать ее в электросеть запрещается.

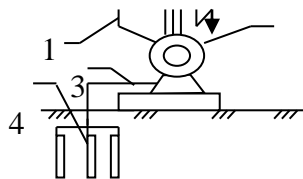


Рис.1 Заземление и зануление в сетях 380/220 В

- 1 – защитный нулевой провод;
- 2 – корпус электродвигателя;
- 3 – заземляющий провод;
- 4 – заземлители.

Согласно правилам устройства электроустановок [6] заземление металлических корпусов электрооборудования, нормально не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате пробоя изоляции токоведущих частей, необходимо выполнять:

1. При напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках.

2. При номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление или зануление электроустановок не требуется при номинальных напряжениях до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока во всех случаях, кроме электроустановок, расположенных во взрывоопасных помещениях.

В электроустановках напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства R_3 , при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей¹ должно быть не более (при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В):

$$R_3 = \frac{125}{I}, \quad (1)$$

где: I – расчетный ток замыкания на землю, а при этом должны выполняться требования, предъявляемые к занулению (заземлению) электроустановок напряжением до 1000 В.

Сопротивление заземляющего устройства источника электроэнергии должно быть не более 4 Ом, для электроустановок напряжением 380/220 В и 8 Ом для электроустановок напряжением 220/127 В² [2, 3].

Сопротивление искусственного заземлителя должно быть не более 30 Ом для электроустановок напряжением 380/220 вольт и 60 Ом для электроустановок напряжением 220/127 В. На концах воздушных линий (или ответвлений) длиной более 200 м, а также на вводах в здания, электроустановки которых подлежат заземлению, должны выполняться повторные заземления нулевого провода.

Для повторных заземлений в первую очередь используются естественные заземлители (арматура железобетонных опор и др.). Общее сопротивление заземляющих устройств всех

¹ Естественные заземлители – находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

² Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей нулевого провода ВЛ при числе отходящих воздушных линий не менее двух.

повторных заземлений каждой воздушной линии должно составлять не более 5 Ом для электроустановок напряжением 660/380 В, 10 Ом – для электроустановок напряжением 380/220 В и 20 Ом – для электроустановок напряжением 220/127 В. При этом сопротивление заземляющего устройства каждого из повторных заземлений должно быть не более 15 Ом – для электроустановок 660/380 В; 30 Ом – для электроустановок 380/220 В, 60 Ом – для электроустановок 220/127 В.

В районах со скалистым грунтом и в районах вечной мерзлоты сопротивление заземления допускается увеличивать в $\frac{S}{100}$ раз по сравнению с указанными выше величинами, но не более чем в десять раз.

Сопротивление заземляющего устройства R_3 зависит от типа применяемых электродов (труба, уголовая сталь, полоса, круглая стальная проволока), глубины заложения электродов в землю, количества и взаимного расположения электродов и, наконец, от удельного электрического сопротивления грунта S , измеряемого в омах на метр (Ом*м).

Значения удельных электрических сопротивлений грунта (Ом*м) при влажности 10-20 % к весу грунта приведены в таблице 1. Измерение сопротивления заземляющих устройств на подстанциях и выборочная проверка их состояния производятся после монтажа, в первый год эксплуатации и в последующем – не реже 1 раза в 3 года, а для опор линий электропередачи напряжением выше 1000 В – после первых 9 лет эксплуатации и в дальнейшем – 1 раз в 6 лет.

Таблица 1

Значения удельного сопротивления грунта
при влажности 10-20 % к массе грунта

Наименование грунта	Пределы колебаний величины $S=10^2$ Ом*м	Рекомендуемые для расчетов $S=10^2$ Ом*м
Песок	4,0-7,0 и более	7,0
Супесь	1,5-4,0 и более	3,0
Суглинок	0,4-1,5 и более	1,0
Глина	0,08-0,7 и более	0,4
Земля в саду	0,4	0,4
Чернозем	0,096-5,3 и более	2,0

Расчет простого вертикального заземлителя в двухслойном грунте выполняется в следующей последовательности. Измеряется удельное электрическое сопротивление земли и определяется S_1 и S_2 ,

где S_1 – удельное сопротивление верхнего слоя земли, Ом*м;

S_2 – удельное сопротивление нижнего слоя земли, Ом*м.

Определяется расстояние h от поверхности земли до нижнего слоя земли, обладающего удельным сопротивлением S_2 . Сопротивление R_3 простого вертикального заземлителя I_v рассчитывается по формуле:

$$R_3 = \frac{S_{эв}}{2\pi l_v} \left(l_n \frac{2l_v}{d} + 0,5l_n \frac{4l_v + 7t}{l_v + 7t} \right) \quad (2)$$

где d – диаметр стержня с круглым поперечным сечением, м;

l_v – длина вертикального заземлителя, м;

$S_{эв}$ – удельное эквивалентное сопротивление земли с учетом климатического коэффициента, Ом*м;

t – расстояние от поверхности земли до вертикального заземлителя, м.

Когда вертикальный заземлитель пересекает границу раздела между слоями с S_1 и S_2 , то $S_{эв}$ рассчитывается по приближенной формуле:

$$S_{эв} = \frac{S_1 * S_2 * l_v}{(l_v - h + t)S_1 + (h - t)S_2} \quad (3)$$

Расстояние h принимается по указанию преподавателя.

Методика проведения работы.

Существует несколько методов измерения сопротивления заземляющих устройств. Наиболее часто применяемыми являются: методы амперметра-вольтметра и измерение сопротивления при помощи измерителя заземления МС-08 или М416.

Методы амперметра-вольтметра позволяют измерять любые величины сопротивлений заземляющих устройств с достаточной степенью точности. Они являются единственными методами для точного измерения сопротивлений заземляющих устройств наиболее ответственных объектов – мощных электростанций и районных подстанций. Применяемые для этого вольтметры и амперметры должны иметь класс точности не ниже 2,5. Вольтметры должны обладать большим входным сопротивлением.

Сопротивление заземлителя определяется по формуле:

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} \quad (4)$$

где R_x – сопротивление заземляющего устройства, Ом;

U_x – напряжение на заземляющем устройстве, В;

I_x – ток, проходящий по заземляющему устройству, А.

На точность измерения существенное влияние оказывает сопротивление вольтметра, которое должно выбираться в 50-100 раз больше, чем сопротивление потенциального электрода. Действительно, показание вольтметра будет определяться токами через заземляющее устройство и вольтметр:

$$U_a = I_3 R_3 - I_6 R_n = I_3 R_3 - \frac{I_3 * R_3}{R_6 + R_n} = I_3 R_3 \left(1 - \frac{R_n}{R_6 + R_n}\right) \quad (5)$$

где $R_в$ – внутреннее сопротивление вольтметра;

R_n – сопротивление заземлителя и потенциального электрода.

Как видно из выражения (5) показание вольтметра будет соответствовать падению напряжения на заземляющем устройстве только при $R_в \gg R_n$. Такому условию удовлетворяют электронные и электростатические вольтметры. При необходимости пользования обычными вольтметрами в результате измерения необходимо вносить поправку, получаемую из выражения:

$$U = U_a \left(1 + \frac{R_n}{R_в}\right) \quad (6)$$

Измерение сопротивления заземляющего устройства прибором М 416

Прибор переносного типа, выполнен в пластмассовом корпусе. Электрическая схема прибора состоит из 4-х основных узлов:

1) преобразователя постоянного тока в переменный; 2) измерительного устройства; 3) усилителя переменного тока; 4) источника постоянного тока (три последовательно соединенных элемента 373 «МАРС» или «САТУРН»). На лицевой стороне панели расположены ручка переключателя пределов измерения, ручка регулятора чувствительности и расходов, кнопка включения прибора, а также 4 зажима для подключения измеряемого объекта.

Измерение удельного электрического сопротивления грунта прибором М 416

Удельное электрическое сопротивление грунта измеряется прибором М416. Расстояние «а» между смежными электродами должно быть строго одинаково, а глубина заложения электродов должна быть не менее 1/20 от этой величины.

Порядок выполнения работы

Измерение сопротивления заземляющего устройства методами амперметра-вольтметра выполнить в такой последовательности: 1) соединить между собой перемычками точки 1 и 2; 2) включить щитовой вольтметр между точками 3 и 4; 3) включить щитовой амперметр между точками 7 и 8; 4) ввести реостат R_p ; 5) рукоятку автотрансформатора ЛАТР поставить в положение «0»; 6) при отключенном от сети автотрансформаторе (выключатель $S_в$ должен быть отключен) убедиться в отсутствии посторонних токов в земле (стрелка щитового вольтметра покажет нуль); 7) включить выключатель $S_в$; 8) вращая рукоятку автотрансформатора по направлению часовой стрелки и уменьшая сопротивление реостата P (выводя его), установить ток (по щитовому амперметру) в цепи испытуемого заземлителя R_x .

Измерения произвести при трех различных значениях токов (по указанию преподавателя). После окончания измерений отключить выключатель S_b , ввести реостат R_p и рукоятку автотрансформатора поставить в нулевое положение. Показания приборов записать в табл. 2. Начертить электрическую схему для данного измерения.

Измерение сопротивления заземления прибором М 416 выполняется в следующей последовательности [3]:

I) Подготовка прибора к работе: 1) установить прибор на ровной поверхности. Открыть крышку; 2) установить переключатель в положение «Контроль» 5 Ом, нажать кнопку и вращением ручки «Реохорд» добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показание $5 \pm 0,3$ Ом.

II) Порядок выполнения измерений:

1) Для проведения измерения сопротивления заземляющего устройства вспомогательный заземлитель (токовый) R_b , зонд R_z и измеряемое сопротивление R_x подключить к прибору, как показано на рис. 5 или 6. Следует иметь ввиду, что расстояние между измеряемым сопротивлением R_x и зондом R_z должно быть не менее 20 м, а между зондом и вспомогательным (токовым) R_b заземлителем – 10 м. Глубина погружения заземлителей в землю не должна быть менее 0,5 м. Прибор имеет 4 диапазона измерений: 0,1-10 Ом; 0,5-50 Ом; 2-200 Ом; 10-1000 м.

Основная погрешность прибора не превышает $\Delta R_x = \pm \left[5 + \frac{N}{R_x} - 1 \right] \%$ от измеряемой величины при сопротивлениях вспомогательного заземлителя R_b зонда R_z не более: 500 Ом в диапазоне 0,1-10 Ом; 1000 Ом в диапазоне 0,5-50 Ом; 2500 Ом в диапазоне 2-200 Ом; 5000 Ом в диапазоне 10-1000 Ом, где:

N – конечное значение диапазона, Ом;

R_x – измеряемое сопротивление, Ом.

2) Измерение производится по одной из схем, изображенных на обратной стороне крышки прибора.

3) Независимо от выбранной схемы измерение проводить в следующем порядке:

- переключатель установить в положение «XI»;
 - нажать кнопку и, вращая ручку «Реохорд», добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю;
 - результат измерения равен произведению показателя шкалы реохорда на множитель.
- Если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель установить в положение «х5», «х20» или «х100» и повторить операцию;
- результаты измерений записать в табл. 3.

Измерение удельного электрического сопротивления грунта прибором М 416 выполняется в следующей последовательности.

1. Порядок выполнения измерений.

Измерение производится аналогично измерению сопротивления заземления. При этом к зажимам 1 и 2 вместо измеряемого сопротивления присоединяются дополнительно два электрода. Все 4 электрода R_1 , R_2 , R_3 , R_4 располагаются по прямой линии на одинаковом расстоянии друг от друга. Глубина забивки стержней не должна превышать $1/20$ этого расстояния. Удельное сопротивление грунта определить по формуле:

$$S = 2\pi Ra \quad (7)$$

где R – показание прибора, Ом;

A – расстояние между смежными электродами, м (принимается по указанию преподавателя); $\pi = 3,14$.

Приблизительно можно считать, что при этом измеряется среднее удельное сопротивление грунта на глубине, равной расстоянию «а» между забитыми электродами.

Результаты измерения и подсчета удельного электрического сопротивления земли записать в табл. 3.

Образец таблицы:

Таблица 2 Результаты замера сопротивления заземляющего устройства

№ измерений	Показания приборов		Подсчеты	Допустимое значение сопротивления, Ом
	$U_x, В$	$I_x, А$	$R_x = \frac{U_x}{I_x}$	

где U_x, I_x – показания приборов при измерении сопротивления испытуемого заземлителя.
В конце таблицы привести средние значения величин.

Таблица 3

Данные измерений сопротивления заземляющего устройства и удельного электрического сопротивления земли прибором М 416

№ п/п	Результаты измерений и подсчетов		Примечание
	$R_x, Ом$	$\rho_{изм}, Ом*м$	

2.12 Лабораторная работа № 12 (2 часа).

Тема: «Молниезащита и защита от статического электричества»

2.12.1 Цель работы:

Ознакомиться с требованиями, предъявляемыми к молниезащите зданий и сооружений, согласно РД 34.21.122-87

2.12.2 Задачи работы:

Научиться производить расчет молниезащиты объектов

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.12.4 Описание (ход) работы:

Общие сведения

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом. Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю.

Молниеотводы разделяют на отдельно стоящие, обеспечивающие растекание тока молнии минуя объект, и установленные на самом объекте. При этом растекание тока происходит по контролируемым путям так, что обеспечивается низкая вероятность поражения людей (животных), взрыва или пожара. Установка отдельно стоящих молниеотводов исключает возможность термического воздействия на объект при поражении молниеотвода; для объектов с постоянной взрывоопасностью, отнесенных к 1 категории, принят этот способ защиты, обеспечивающий минимальное количество опасных воздействий при грозе. Для объектов 2 и 3 категории характеризующихся меньшим риском взрыва или пожара, в равной мере допустимо использование отдельно стоящих молниеотводов и установленных на защищаемом объекте. Молниеотвод состоит из следующих элементов: молниеприемника, опоры, токоотвода и заземлителя. Однако на практике они могут образовывать единую конструкцию, например металлическая мачта или ферма здания представляет собой молниеприемник, опору и токоотвод одновременно.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтальные протяженные) и сетки, состоящие из продольных и поперечных горизонтальных электродов, соединенных в местах пересечений. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и установленные на объекте; молниеприемные сетки укладываются на металлическую кровлю защищаемых зданий и сооружений. Однако укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальными крышами с уклоном не более 1:8, где равномерно поражение молнией любого их участка. Допускается укладывать сетку под утеплителем или гидроизоляцией, при условии что они выполнены из негорючих или трудногорючих материалов и их пробой при разряде молнии не приведет к загоранию кровли.

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам: для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни) $N = 9\pi h^2 n 10^{-6}$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7,7 h^2] n \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м;

S, L – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Для произвольного пункта на территории страны удельная плотность ударов молнии в землю n определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах (берется по карте продолжительности гроз) следующим образом:

Таблица 4 Удельная плотность ударов молнии в землю

Среднегодовая деятельность гроз, ч	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100 и более
Удельная плотность ударов молний в землю, $n \text{ 1/(км}^2 \text{ год)}$	1	2	4	5,5	7	8,5

Зона защиты молниевотвода [1, 3, 4, 5, 6] – пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения. Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности. Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5 % и выше, а типа Б – 95 % и выше.

Одиночный стержневой молниевотвод

Зона защиты одиночного стержневого молниевотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 1), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x .

Зоны защиты одиночных стержневых молниевотводов высотой $h \leq 150$ м имеет следующие габаритные размеры:

Зона А $h_0 = 0,85 h$; $r_0 = (1,1 - 0,002 h) h$; (2)

$r_x = (1,1 - 0,002 h) (h - h_x/0,85)$ (3)

Зона Б $h_0 = 0,95 h$; $r_0 = 1,5 h$; (4)

$r_x = 1,5 (h - h_x/0,55)$ (5)

Для зоны Б при известных значениях h_x и r_x :

$h = (r_x + 1,63 h_x)/1,5$ (6)



Рис. 1 Зона защиты одиночного стержневого молниевотвода

Двойной стержневой молниевотвод

Зона защиты двойного стержневого молниевотвода высотой $h \leq 150$ м представлена на рис. 2. Торцевые области зоны защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниевотводов, габаритные размеры которых h_0, r_0, r_{x1}, r_{x2} определяются по формулам предыдущего раздела. Внутренние области зон защиты двойного стержневого молниевотвода имеют следующие размеры:

Зона А: при $L \leq h$; $h_c = h_0$; $r_{cx} = r_x$; $r_c = r_0$
 при $h < L \leq 2h$; $h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h) (L - h)$
 $r_c = r_0$; $r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) / h_c$;
 при $2h < L \leq 4h$; $h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h) (L - h)$

$$r_c = r_0 \left[1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right]; r_{cx} = r_c (h_c - h_x) / h_c \quad (7)$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Зона Б: при $L \leq h$ $h_c = h_0$; $r_{cx} = r_x$; $r_c = r_0$
 при $h < L \leq 6h$; $h_c = h_0 - 0,14 (L - h)$; $r_c = r_0$; $r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) / h_c$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводами следует рассматривать как одиночные. При известных значения h_c и L (при $r_{cx} = 0$) высота молниеотвода для зоны Б определяется по формуле:

$$h = (h_c + 0,14 L) / 1,06. \quad (8)$$

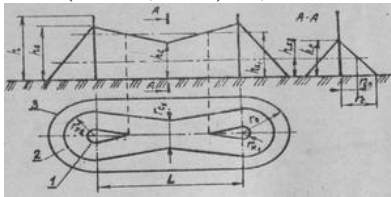


Рис.2 Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

- 1- граница защиты на уровне h_{x1} ;
- 2- граница защиты на уровне h_{x2} ;
- 3- граница защиты на уровне земли.

Одиночный тросовый молниеотвод

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м приведена на рис. 3, где h – высота троса в середине пролета.

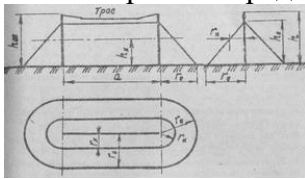


Рис.3 Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм² при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a – высота троса (в метрах) определяется: $h = h_{оп}^{-2}$ при $a < 120$ м; $h = h_{оп}^{-3}$ при $120 < a < 150$

Зоны защиты имеют следующие габаритные размеры:

Зона А $h_0 = 0,85 h$; $r_0 = (1,35 - 0,0025 h) h$;
 $r_x = (1,35 - 0,0025 h) (h - h_x / 0,85)$

Зона Б $h_0 = 0,92 h$; $r_0 = 1,7 (h - h_x / 0,92)$

Для зоны Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле:

$$h = (r_x + 1,85 h_x) / 1,7 \quad (9)$$

Методика выполнения работы

1. Получив у преподавателя дополнительные данные (характеристику объекта и его месторасположение) провести расчет ожидаемого количества поражений (необходимые размеры снять на макете, рабочем чертеже объекта).

2. Определить тип зоны и категорию молниезащиты объекта согласно табл.5 .

3. Выбрать и обосновать вариант молниезащиты (тип молниеотвода, количество и месторасположение).

4. Рассчитать высоту молниеотвода, выбрав нужную формулу (из общих сведений) исходя из принятой системы молниезащиты и типа зоны, для чего необходимо задаться координатами расчетной точки: r_x – радиус защиты – расстояние от молниеотвода до этой точки и h_x – высота

этой точки о поверхности земли. За расчетную точку следует принимать или наиболее высокую точку здания или наиболее удаленную от молниеотвода – если здание невысокое и длинное.

5. Провести графическое построение зоны защиты молниеотвода рассчитанной высоты. Зона защиты строится на плане защищаемого объекта. План объекта и зона защиты строятся в одинаковом масштабе.

Пожароопасные зоны классов П-П, П-Па, П-Ш – помещения в которых выделяется горючая пыль или волокна, применяются или хранятся горючие жидкости или твердые ли волокнистые горючие вещества (склады минеральных масел, ядохимикатов, деревообделочные мастерские, лесопилки, зернохранилища, гаражи, элеваторы, льнозаводы, коровники, свинарники, телятники и другие животноводческие помещения при хранении на чердаках сена и соломы).

2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).

Тема: «Средства защиты от статического электричества»

2.13.1 Цель работы:

Получение навыков оценки средств защиты от статического электричества

2.13.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по защите от статического электричества

2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.13.4 Описание (ход) работы:

Величина потенциалов зарядов искусственного статического электричества на ременных передачах и лентах конвейеров может достигать 40 кВ, при механической обработке пластмасс и дерева до 30 кВ, при распылении красок до 12 кВ. При соответствующих условиях происходит пробой воздушной прослойки, сопровождающийся искровым разрядом (пробивное сопротивление абсолютно сухого воздуха составляет 3000 кВ/м), что может инициировать взрыв или пожар.

Основные мероприятия, применяемые для защиты от статического электричества производственного происхождения, включают методы, исключающие или уменьшающие интенсивность генерации зарядов, и методы, устраняющие образующиеся заряды. Интенсивность генерации зарядов можно уменьшить соответствующим подбором пар трения или смешиванием материалов таким образом, что в результате трения один из смешанных материалов наводит заряд одного знака, а другой –другого. В настоящее время создан комбинированный материал из нейлона и дакрона, обеспечивающий защиту от статического электричества по этому принципу.

Изменением технологического режима обработки материалов также можно добиться снижения количества генерируемых зарядов (уменьшение скоростей обработки, скоростей транспортирования и слива диэлектрических жидкостей, уменьшение сил трения).

При заполнении сыпучими веществами или жидкостями диэлектриками резервуаров на входе в них применяют релаксационные емкости, чаще всего в виде заземленного участка трубопровода увеличенного диаметра, обеспечивающего стекание всего заряда статического электричества на землю.

Образующиеся заряды статического электричества устраняют чаще всего путем заземления электропроводных частей производственного оборудования. Сопротивление такого заземления должно быть не более 100 Ом. При невозможности устройства заземления практикуется повышение относительной влажности воздуха в помещении. Возможно увеличить объемную проводимость диэлектрика, для чего в него вносят графит, ацетиленовую сажу, алюминиевую пудру, а в жидкие диэлектрики – специальные добавки. Для ряда машин и агрегатов нашли применение нейтрализаторы статического электричества (коронного разряда, радиоизотопные, аэродинамические и комбинированные). Во всех типах этих устройств путем ионизации воздуха вблизи элемента конструкции, накапливающего заряд статического

электричества, образуются ионы, в том числе со знаком, противоположным знаку заряда, что и вызывает его нейтрализацию.

К средствам индивидуальной защиты от статического электричества относятся электростатические халаты и специальная обувь, подошва которой выполнена из кожи либо электропроводной резины, а также антистатические браслеты.

2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).

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

2.14.1 Цель работы:

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

2.14.2 Задачи работы:

исследовать электрическое сопротивление тела человека

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.14.4 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: ощутимый, 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 ощутимый 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 тяжёлыми 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 выше 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.

2.1 5.Лабораторная работа №15 (2 часа).

Тема: «Исследование зависимости величины тока протекающего через тело человека от изменения частоты напряжения генератора»

2.15.1 Цель работы:

Получение навыков оценки зависимости величины тока протекающего через тело человека от изменения частоты напряжения генератора

2.15.2 Задачи работы:

1. Отработка действий по оценки зависимости величины тока протекающего через тело человека от изменения частоты напряжения генератора

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

2.15.4 Описание (ход) работы:

Несчастные случаи, связанные с опасным воздействием электрического тока на организм человека, происходят при соприкосновении человека с токоведущими частями или же от действия разрядного тока при приближении к токоведущим частям на достаточное для образования разряда расстояние.

Механизм поражения электрическим током весьма сложен и еще недостаточно изучен.

Действие электрического тока на организм человека может быть тепловым (ожоги), механическим (разрыв тканей, растрескивание костей), химическим (электролиз), и биологическим (нарушение функций нервной системы и управляемых ею процессов в живом организме).

При электротравмах могут быть внутренние (электрический удар) или внешние (ожог, металлизация, электрический знак) поражения организма человека.

Наиболее тяжелым видом электротравм являются электрические удары.

Наблюдения и исследования данных об электротравматизме показывают, что решающее влияние на исход электрических травм оказывают следующие факторы:

- а) величина поражающего тока, протекающего через тело человека;
- б) напряжение в электроустановках;
- в) продолжительность воздействия тока на организм человека;
- г) путь прохождения тока;
- д) род и частота тока;
- е) состояние окружающей среды;
- ж) состояние организма человека в момент получения электротравмы.

Величина поражающего тока. До настоящего времени вопрос о том, какая величина тока является опасной и какая смертельно опасной для человека, окончательно не разрешен.

Под безопасным током обычно понимают ток такой величины, который дает возможность человеку самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Величина тока зависит от сопротивления тела человека и приложенного к нему напряжения.

Наибольшей величиной отпускающего переменного тока с частотой 50 периодов в секунду можно принять 15—20 ма и наибольшую величину отпускающего постоянного тока можно принять в среднем 60—70 ма.

Примерная зависимость характера воздействия тока на организм человека от его величины, составленная по данным изучения электротравматизма и экспериментов над животными, дана в табл. К

Продолжительность воздействия тока. Длительность воздействия тока на организм человека также имеет большое значение. Установлено, что с увеличением времени действия тока электрическое

Т а б л и ц а

Ток, ма	Характер воздействия	
	переменный ток 50—60 пер/сек	постоянный ток
0,6-1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев	Не ощущается
2-3	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5-7	Судороги в руках	Зуд, ощущение нагрева
8-10	Руки трудно, но еще можно оторвать от электродов. Сильные боли в пальцах, кистях рук и руках	Усиление нагрева
20-25	Руки парализуются немедленно, оторвать от электродов невозможно. Очень сильные боли. Затрудняется дыхание	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук.
50-80	Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги, затруднение дыхания
90-100	Паралич дыхания. При длительности 3 сек. и более паралич сердца — остановившееся трепетание желудочков	Паралич дыхания

сопротивление тела человека уменьшается. Следовательно, с увеличением длительности воздействия тока, величина тока, проходящего через тело человека, возрастает; поэтому чем дольше человек находится под током, тем более тяжелыми получаются последствия.

Путь прохождения тока. Путь прохождения тока в организме, повидимому, также оказывает влияние на исход электротравм. В настоящее время считается установленным, что с увеличением пути прохождения электрического тока через организм тяжесть исхода несчастного случая возрастает.

В связи с тем, что прохождение электрического тока через тело человека вызывает различные сложные патологические процессы в организме человека, вопрос о влиянии пути прохождения тока на исход электротравм не является окончательно решенным.

Род и частота тока. Изучение воздействия переменного и постоянного тока на организм человека показывает, что опасность переменного тока для возникновения электротравмы выше опасности постоянного тока при низких напряжениях.

Изучение влияния тока различной частоты на организм человека показывает, что опасность поражения током с увеличением частоты уменьшается.

Установлено, что наиболее опасными для человека частотами являются частоты 50—60 гц, и что значительное увеличение частоты тока снижает опасность поражения.

Опыт эксплуатации высокочастотных генераторов показывает, что с точки зрения поражения организма электрическим ударом токи высокой частоты не представляют опасности поражения организма, но они при прикосновении к токоведущим частям вызывают ожоги.

Состояние человека в момент электротравмы. Различный состав тканей человеческого тела является причиной различного сопротивления электрическому току. Удельное сопротивление тела человека, когда кожный покров находится в сухом состоянии, составляет от 40 000 до 100 000 ом, причем свыше 90% этого сопротивления приходится на кожный покров. Однако сопротивление наружного слоя кожного покрова не остается величиной постоянной, а меняется в весьма широких пределах и зависит: а) от влажности и чистоты кожи, б) от величины

поверхности и плотности контакта, в) от величины тока и продолжительности прохождения его через тело человека; г) от величины приложенного напряжения.

В случае увлажнения наружного кожного покрова и загрязнения выделениями потовых желез или токопроводящей пылью, эмульсией и т. п. его удельное сопротивление может снизиться до 1000 ом.

Удельное сопротивление кожного покрова тем меньше, чем больше площадь соприкосновения с контактами. Здесь мы наблюдаем те же условия, что и в любом проводнике электрического тока (изменение плотности тока).

Электрический ток, протекающий через тело человека, вызывает нагрев кожного покрова, увеличивает потовыделение. Выделение тепла при прохождении тока через проводник тем больше, чем больше величина тока и чем больше времени он протекает по проводнику. Нагрев и потовыделение ведут к резкому снижению электрического сопротивления кожного покрова. Так, например, по данным наблюдений, если сопротивление тела человека при токе в 0,1 ма 500 000 ом, то при токе 10 ма оно снижается до 8000 ом.

Большое влияние на сопротивление кожного покрова при прочих равных условиях оказывает величина приложенного напряжения. Чем выше приложенное напряжение, тем больше опасность поражения; это можно объяснить тем, что наряду с другими явлениями может наступить явление пробоя диэлектрика.

Безопасное напряжение. Опасность действия электрического тока зависит от ряда условий: состояния человека, продолжительности действия, рода и частоты тока, величины приложенного напряжения. Следовательно, определить заранее величину тока, который может пройти через человека при определенных условиях, практически нет возможности. Поэтому, для определения безопасных условий, обычно на практике ориентируются не на величину поражающего тока, а на величину допустимого напряжения, тем более, что напряжение в той или иной, сети практически можно считать постоянным.

В зависимости от окружающих условий регламентируются величины безопасных напряжений 36 и 12 в, за исключением электросварочных установок дуговой сварки, где допускают напряжение до 65 в.