



МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

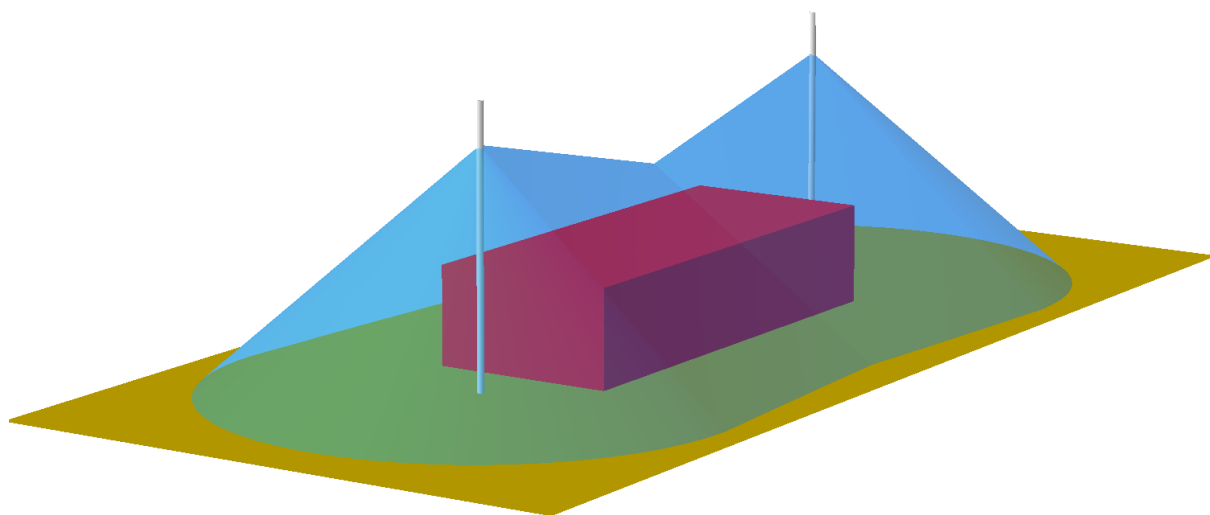
«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Методические указания для самостоятельной работы

специальность 40.05.03 Судебная экспертиза



Екатеринбург
2022

Пожарная безопасность электроустановок [Текст] : методические указания для самостоятельной работы по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза (уровень специалиста) / сост. И.Г. Сафронова, Н.В. Шнайдер. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 82 с.

Составители:

Сафронова И.Г., начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент.

Шнайдер Н.В., доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат психологических наук, доцент.

В методических указаниях даны рекомендации по самостоятельному изучению отдельных вопросов рабочей программы по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок», указана учебная, нормативная и методическая литература, кратко представлен учебный материал. Даны контрольные вопросы для закрепления изученного материала и подготовки к итоговой аттестации по дисциплине. Предназначены для обучающихся по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза (уровень специалиста).

Рассмотрены, одобрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, протокол № 13 от 09.06.2022.

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2022

© Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Глава № 1. «Основы пожарной безопасности применения электроустановок»	4
Занятие 1/2. Характеристика типовых причин пожаров от электроустановок	4
Занятие № 1/9. «Электрооборудование и окружающая среда».....	10
Глава № 2. «Пожарная безопасность электрических сетей».....	13
Занятие № 2/9. «Электроснабжение потребителей электроэнергии».....	13
Занятие № 2/11. «Защитные характеристики аппаратов защиты».....	20
Глава № 3. «Пожарная безопасность силовых и осветительных электроустановок»	28
Занятие № 3/8. «Электрическая сварка металлов»	28
Занятие № 3/10. «Заземление (зануление) электроустановок».....	37
Глава № 4. «Молниезащита и защита от статического электричества».....	53
Занятие № 4/3. «Статическое электричество. Молниезащита зданий и сооружений».	53
Глава 5. Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок.....	71
Занятие 5/3. Надзорная деятельность за электроустановками. Техника безопасности при обследовании электроустановок на объект.....	71
Литература	81

Глава № 1. «Основы пожарной безопасности применения» электроустановок

Занятие 1/2. Характеристика типовых причин пожаров от электроустановок.

Учебные вопросы

1. Большие переходные сопротивления.
2. Электрические искры и дуги.
3. Вихревые токи.

Литература

1. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Основы пожарной безопасности применения электроустановок: учебное пособие, - с. 8-11.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках, учебник. - с. 171-174.

При изучении данных причин пожаров необходимо понять их физическую сущность и пожарную опасность, которая связана с прохождением электрического тока и объясняется известными из электротехники законом Ома и законом Джоуля-Ленца. О каждой из причин пожаров необходимо иметь чёткое представление и уметь изложить её по следующему плану: определение причины и места возникновения, пожарная опасность и меры профилактики.

Большое переходное сопротивление – сопротивление, возникающее в местах перехода тока с одного проводника на другой, с проводника на электрический аппарат, в размыкающихся контактах электрических аппаратов, при неудовлетворительном состоянии контактных соединений.

Причины возникновения больших переходных сопротивлений:

- уменьшение контактного сечения в местах неудовлетворительного соединения проводов, кабелей, контактов электрических аппаратов;
- ослабление контактных соединений из-за вибрации и тряски оборудования;
- влияние высокой температуры, влажности и химически активных веществ на площадь соприкосновения контактов (окисление контактных соединений и образование оксидных полупроводниковых пленок).

Величина переходного сопротивления контактов зависит:

- от силы нажатия контактов;
- от материала, из которого изготовлены контакты;
- от геометрической формы и размеров контактов;
- от степени обработки поверхностей контактов;
- от степени окисления контактов.

Пожарная опасность больших переходных сопротивлений:

- нагрев мест с большим переходным сопротивлением до высокой температуры; большая вероятность искрения;
- воспламенение изоляции токоведущих частей электрооборудования, окружающей пожаро- и взрывоопасной среды.

В этом и состоит пожарная опасность переходных сопротивлений, которая усугубляется тем, что места с наличием переходного сопротивления трудно обнаружить приборами, а аппараты защиты электрических сетей и установок, даже правильно выбранные, не могут предупредить возникновение пожаров, так как ток в цепи не возрастает, а нагрев участка с переходным сопротивлением происходит только вследствие увеличения сопротивления.

Профилактика больших переходных сопротивлений:

- соединение, ответвление и окончевание жил проводов и кабелей при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (болтовых, винтовых и т.п.);

- применение наконечников и специальных зажимов в местах окончевания проводов и кабелей, определенной массы и поверхности охлаждения (для отвода тепла и рассеивания его в окружающую среду);

- применение пружинящих шайб или контргаяк в местах, где электроустановки подвергаются вибрации или тряске;

- конструирование размыкающихся контактов таким образом, чтобы размыкание и замыкание их сопровождалось трением одного контакта по другому (для уменьшения влияния окисления на контактное сопротивление, в этом случае происходит их самоочистка от пленки окиси; контакты из меди, латуни, бронзы часто защищают от окисления покрытием тонким слоем олова, серебра);

- своевременная и качественная ревизия и ремонт контактных соединений в электроустановках и электрических сетях.

Электрическая дуга и искра – результат прохождения электрического тока через воздух.

Причины возникновения:

- при размыкании электрических цепей под нагрузкой (в местах разрыва цепи);

- при пробое изоляции (между проводниками);

- при работе электрических машин (между щетками и коллектором, между щетками и контактными кольцами);

- при наличии неудовлетворительных контактов в местах окончевания и соединения проводов и кабелей, присоединения их к электрическим аппаратам.

Под действием электрического поля воздух между контактами ионизируется, и при достаточной величине напряжения происходит разряд, со-

проходящий свечением воздуха и треском (тлеющий разряд). С увеличением напряжения тлеющий разряд переходит в искровой, а при достаточной мощности искровой разряд может быть в виде электрической дуги.

Искры и электрическая дуга, при наличии в помещениях легкогорючих веществ и взрывчатой системы, могут быть причиной пожара или взрыва.

Пожарная опасность:

- электрическая дуга – источник зажигания окружающей пожаро- и взрывоопасной среды (при энергии искры, превышающей минимальную энергию воспламенения газо-, паро- и пылевоздушной смеси);

- высокая температура электрической дуги (3000-4000 °С), брызги расплавленного металла токоведущих частей – источник зажигания практически любой горючей среды.

Профилактика искрения и электрической дуги:

- выносить (по возможности) электрооборудование с искрящими частями из помещений с пожаро- и взрывоопасной средой;

- применение специальных кожухов, крышек, колпаков, исключающих воздействие искрящих частей на окружающую горючую среду;

- применение взрывозащищенного электрооборудования во взрывоопасных зонах;

- надежное и качественное соединение, ответвление и оконцевание проводников;

- своевременная ревизия и ремонт электроустановок (разъемные контакты магнитных пускателей, контакторов, реле; соединения проводов и кабелей; состояние щеток, коллекторов и контактных колец электрических машин).

Вихревые токи – это токи, которые индуктируются в массивных металлических частях электрооборудования при пересечении их магнитным полем.

Причины возникновения:

- движение массивных проводников в магнитном поле (например, пересечение сердечником ротора магнитного поля статора в двигателях, генераторах);
- пересечение вращающимся магнитным полем сердечников статора и ротора (двигатели, генераторы);
- пересечение неподвижного сердечника трансформатора, электромагнита (магнитного пускателя, реле) переменным магнитным полем.

Пожарная опасность вихревых токов:

- разогрев до высокой температуры сердечников и обмоток трансформаторов, двигателей, генераторов, магнитных пускателей и т.п.;
- «пожар стали» магнитопровода электрической машины по причине нарушения изоляции между листами стали и чрезмерного нагрева этих частей магнитопровода вихревыми токами;
- разрушение и ускоренное «старение» от высокой температуры изоляции обмоток электрических машин и аппаратов, возможное ее воспламенение.

Профилактика вихревых токов:

- изготовление сердечников электрических генераторов, двигателей, трансформаторов и аппаратов не сплошными, а из отдельных штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,35-0,5мм, изолированных один от другого (уменьшение индуктированной ЭДС и величины вихревых токов);
- применение легированной стали с добавлением до 4% кремния (увеличение электрического сопротивления стали и уменьшение величины вихревых токов).

Контрольные вопросы

1. Большие переходные сопротивления (определение).
2. Причины и места возникновения больших переходных сопротивлений в электроустановках.
3. Пожарная опасность больших переходных сопротивлений.
4. Профилактика больших переходных сопротивлений.
5. Электрическая дуга, электрическая искра (определение).
6. Причины и места возникновения электрических искр и дуг в электроустановках.
7. Пожарная опасность образования электрических искр и дуг в электроустановках.
8. Предупреждение образования электрических искр и дуг в электроустановках.
9. Вихревые токи (определение).
10. Причины и места возникновения вихревых токов в электроустановках.
11. Пожарная опасность вихревых токов.
12. Профилактические мероприятия по предупреждению образования вихревых токов в электроустановках.

Занятие № 1/9. «Электрооборудование и окружающая среда»

Учебные вопросы

1. Опасность воздействия окружающей среды на электрооборудование.
2. Опасность воздействия пожароопасных явлений в электроустановках на окружающую пожароопасную и взрывоопасную среду.
3. Классификация помещений.

Литература

1. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Основы пожарной безопасности применения электроустановок: учебное пособие. - с. 12-14.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): 1.1.5-1.1.12.

Отдельные факторы окружающей среды (высокая температура воздуха, влага, химически активные вещества, технологическая пыль и т.п.), воздействуя на токоведущие части, изоляцию и другие конструктивные части электрооборудования, могут аварийно выводить его из строя.

Пожароопасные явления в электроустановках (высокая температура отдельных частей, искрение и другие), вызванные ранее изученными причинами (короткие замыкания, перегрузки, большие переходные сопротивления и др.), могут привести к воспламенению окружающей пожароопасной или взрывоопасной среды (к пожарам и взрывам).

Чтобы исключить или свести до минимума пагубное взаимодействие окружающей среды и электроустановок, необходимо выбирать электрооборудование в соответствии с условиями окружающей среды. Для этого необходимо классифицировать среду, которая окружает электроустановки, классифицировать электроустановки по исполнению и с учётом требова-

ний нормативных документов выбирать электрооборудование для той или иной среды.

Помещения, в которых устанавливается электрооборудование, подразделяются на 8 классов в зависимости от физико-химических свойств имеющейся в них среды, отрицательно воздействующей на электроустановки. Помещением называется пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями.

Классификация помещений и их краткая характеристика приведены в ПУЭ 1.1.5. – 1.1.12.

Электропомещения – помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала, в которых расположены электроустановки.

Сухие помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %.

Влажные помещения – помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность воздуха более 60 %, но превышает 75 %.

Сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %.

Особо сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Жаркие помещения – помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут.) +35 °С.

Пыльные помещения – помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может

оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.

Помещения с химически активной или органической средой – помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Условия среды должны быть учтены при выборе электрооборудования для различных классов помещений (например, по паспортным данным электрооборудования).

Контрольные вопросы

1. Необходимость классификации среды, окружающей электроустановки, по физико-химическим свойствам, по пожарной и взрывной опасности.

2. Характеристика и примеры отдельных классов помещений:

2.1. Электропомещения.

2.2. Сухие помещения.

2.3. Влажные помещения.

2.4. Сырые помещения.

2.5. Особо сырые помещения.

2.6. Жаркие помещения.

2.7. Пыльные помещения.

2.8. Помещения с химически активной или органической средой.

3. Порядок выбора электрооборудования для того или иного класса помещений.

Глава № 2. «Пожарная безопасность электрических сетей»

Занятие № 2/9. «Электроснабжение потребителей электроэнергии»

Учебные вопросы

1. Категории электроприёмников и обеспечение надёжности электроснабжения.
2. Классификация помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 13-19.
2. Правила устройства электроустановок. 1.1.13, 1.2.17-1.2.21.
3. СП 6.13130-2013 Свод правил. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности.

Промышленные предприятия работают на переменном трехфазном токе. Группы электроприемников постоянного тока питаются от преобразовательных подстанций с полупроводниковыми выпрямителями, чаще всего с использованием мощных тиристоров. Так как выпрямительные агрегаты питаются от сети трехфазного тока, то они, в свою очередь, являются электроприемниками трехфазного тока.

Электроустановки напряжением до 1 кВ выполняются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью, а установки постоянного тока – с глухозаземленной и изолированной нулевой точками.

По требованиям обеспечения надежности электроснабжения электроприемники делятся на три категории. Нарушение электроснабжения электроприемников *I категории* может вызвать опасность для жизни людей,

нанести большой ущерб народному хозяйству, повредить оборудование, привести к массовому браку продукции, а также к трудновосстанавливаемым нарушениям технологического процесса.

Примеры:

- светильники аварийного и эвакуационного освещения зрелищных предприятий (театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, филармоний) при вместимости зрительного зала 800 и более человек;

- электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная сигнализация и система незадымления зрелищных предприятий (театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, филармоний) при вместимости зрительного зала 800 и более человек;

- электроприёмники лечебно-профилактических учреждений, от бесперебойности работы которых непосредственно зависит жизнь людей (например, пункты неотложной медицинской помощи, операционные и родильные отделения);

- водопроводные насосные станции в городах с числом жителей более 50 тысяч человек;

- электродвигатели и другие электроприёмники противопожарных устройств, лифты, эвакуационное и аварийное освещение, огни сетевого ограждения в жилых и общественных зданиях, гостиницах высотой 17 этажей и более; гостиниц более чем на 1000 мест и учреждений с количеством работающих более 2000 человек независимо от этажности;

- ЭВМ вычислительных центров, решающих комплекс задач и проблем управления отдельными отраслями.

В *I категории* включена также особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства в целях предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, по-

жаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники этой категории должны питаться по меньшей мере от двух независимых источников, и обрыв питания допускается только на время автоматического переключения с основного вида на резервный.

Независимым источником питания электроприёмника или группы электроприёмников называется источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных настоящими правилами (ПУЭ) для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих электроприёмников.

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

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

Для электроснабжения особой группы электроприёмников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприёмников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприёмников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

К электроприемникам *II категории* относятся такие, перерыв питания которых приводит к резкому снижению выпуска продукции, длительным простоям механизмов, транспорта. Эти электроприемники можно питать от одной воздушной линии электропередач напряжением 6 кВ и выше, осуществляя резервирование на пониженном напряжении, а также от одного трансформатора, если есть централизованное резервирование трансформаторов на складе внутри объекта или на небольшом расстоянии от него. Для этой категории можно применять автоматическое резервирование, если это не требует больших затрат. Электроприёмники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприёмников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Примеры:

- светильники аварийного и эвакуационного освещения зрелищных предприятий (театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, филармоний) при вместимости зрительного зала менее 800 человек;
- электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная сигнализация и система незадымления зрелищных предприятий (театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, филармоний) при вместимости зрительного зала менее 800 человек;
- жилые дома с электроплитами;
- жилые дома высотой 6 этажей и выше с газовыми плитами или плитами на твёрдом топливе;
- общежития вместимостью от 50 человек и более;

- здания учреждений с количеством работающих от 50 до 2000 человек;
- детские и медицинские учреждения, аптеки;
- крытые спортивные предприятия с количеством мест в зале от 300 до 800;

К электроприемникам *III категории* относятся все остальные потребители, не подходящие под определения I и II категорий.

Для электроприёмников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

Необходимая надежность системы электроснабжения обеспечивается выбором способа резервирования питания приемников электроэнергии. Резервирование должно выполняться с минимальными затратами средств и электрооборудования, в зависимости от характера и масштаба производства.

Выбор способа резервирования производится с учетом:

- категории приёмников электроэнергии в отношении требований бесперебойности работы. Определение категории производится по приёмнику, а не по цеху в целом. Группы приёмников электроэнергии, требующие разную надежность питания, рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования;
- полного использования перегрузочной способности электрооборудования в аварийных режимах;
- наличия резервирования в технологической части;
- возможности автоматического (или ручного) отключения менее ответственных приёмников электроэнергии, например, III категории.

Электроприемники на взрывоопасных и пожароопасных объектах относятся к I или ко II категории. Это нормативное решение обеспечивает более эффективную эвакуацию людей и имущества при пожаре, большую надежность системы водоснабжения, внутрицехового транспорта и другого оборудования промышленного предприятия.

ПУЭ. 1.1.13. В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

-помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

-помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы; высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой;

-особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особая сырость; химически активная или органическая среда; одновременно два или более условий повышенной опасности;

-территория открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Контрольные вопросы

1. Категории электроприёмников по надёжности электроснабжения.
 - 1.1. Первая категория.
 - 1.2. Вторая категория.
 - 1.3. Третья категория.
2. Классификация помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током.

Занятие № 2/11. «Защитные характеристики аппаратов защиты»

Учебные вопросы

1. Защитная характеристика плавких вставок предохранителей.
2. Защитная характеристика автоматических воздушных выключателей (автоматов)

Литература

1. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Пожарная безопасность электроустановок. Лабораторный практикум (учебное пособие). - с. 23-25, 32-35.
2. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 71-82, 82-99, 106-110..

Аппараты защиты электроустановок служат для ограничения времени действия токов короткого замыкания и перегрузки.

Наиболее распространенными из аппаратов защиты являются: плавкие предохранители, автоматические воздушные выключатели (автоматы) и тепловые реле магнитных пускателей.

Плавкий предохранитель состоит из корпуса (патрона), контактного устройства и плавкой вставки. Предохранители бывают разборными и неразборными, с наполнителем и без наполнителя.

Принцип действия плавких предохранителей основан на расплавлении плавкой вставки при прохождении по ней тока больше номинального (номинального тока плавкой вставки).

К основным параметрам предохранителей относятся:

$U_{н.пр.}$ – номинальное напряжение предохранителя, В. Наибольшее напряжение в электрической сети, при котором предохранитель может применяться;

$I_{н.пр.}$ — номинальный ток предохранителя, А. Ток, указанный на предохранителе и равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя. На этот ток рассчитаны все токоведущие и контактные части предохранителя;

$I_{н.вст.}$ — номинальный ток плавкой вставки, А. Наибольший ток плавкой вставки, на который она рассчитана для длительной работы, при котором плавкая вставка не перегревается и не расплавляется;

$I_{пр.пр.}$ — предельный ток отключения предохранителя, А. Наибольшее значение тока короткого замыкания в сети, при котором гарантируется надежная работа предохранителя, т.е. дуга гасится без каких-либо повреждений патрона.

Предохранители обладают защитной характеристикой, представляющей собой зависимость времени полного отключения электрической цепи от отношения протекающего по вставке тока к номинальному току плавкой вставки (рис. 1).

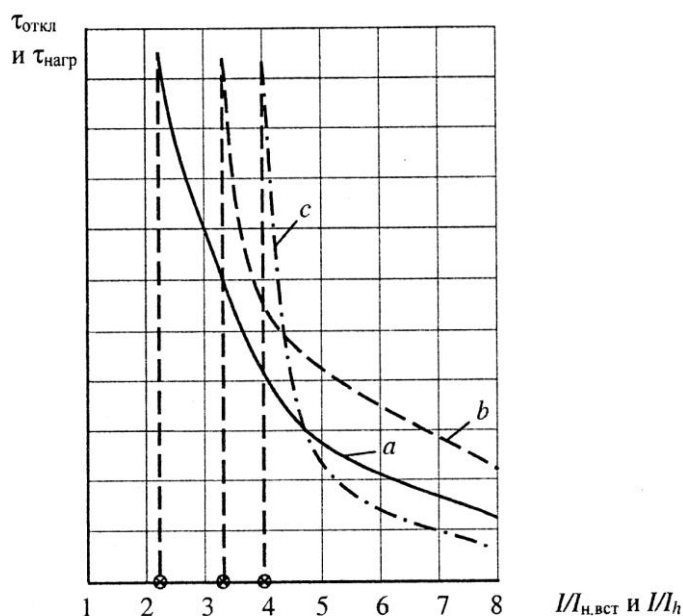


Рис. 1. Примеры защитных характеристик предохранителей (*a*, *c*) и тепловой характеристики элемента электроустановки (*b*)

Защитная характеристика позволяет определить надежность защиты элементов электроустановок плавкими предохранителями от токов корот-

ких замыканий или перегрузки. Для этого на совмещенном графике необходимо сопоставить защитную характеристику предохранителя и тепловую характеристику защищаемого элемента электроустановки (провода, кабеля, обмотки статора электродвигателя и т.п.).

Тепловая характеристика элемента электроустановки изображается кривой и выражает зависимость промежутка времени, в течение которого температура этого элемента станет предельно допустимой, от кратности тока перегрузки. Кратностью тока перегрузки называется отношение фактического тока, протекающего по элементу электроустановки, к номинальному току данного элемента электроустановки (к допустимому длительному току для электрических проводников).

Вставка с защитной характеристикой «а» обеспечивает защиту элемента электроустановки с тепловой характеристикой «b» при любой кратности тока. Вставка с защитной характеристикой «с» может обеспечивать защиту того же элемента только при значительных кратностях (более четырех). При меньших кратностях температура защищаемого элемента может превысить предельно допустимую раньше, чем перегорит вставка предохранителя, а элемент электроустановки повредится.

Защитная характеристика плавких вставок является неустойчивой. Время перегорания вставок зависит от состояния контактов предохранителя и самой плавкой вставки, температуры окружающего воздуха, старения металла вставки, условий охлаждения, материала, длины и формы вставки. Поэтому защита электрических сетей и электроприемников от перегрузок с помощью плавких предохранителей недостаточна надежна. С их помощью осуществляется надежная защита лишь от токов коротких замыканий и больших (60% и выше) перегрузок.

Улучшить защитные характеристики можно выбором материала для плавкой вставки с металлургическим эффектом, а также выбором рацио-

нальной конструкции (длины и формы) плавкой вставки и корпуса предохранителя.

Кроме предохранителей для защиты электрических сетей от перегрузок и токов коротких замыканий применяются также автоматические воздушные выключатели (автоматы), которые одновременно могут служить для нечастых коммутаций (включений-выключений) электрических сетей.

В общем виде автомат состоит из корпуса, крышки, подвижных и неподвижных контактов, дугогасительных камер, механизма управления, механизма свободного расцепления и расцепителя.

В зависимости от типа расцепителя автоматы изготавливают с электромагнитным расцепителем (М), тепловым расцепителем (Т) и комбинированным расцепителем (МТ).

Автоматы с электромагнитным расцепителем служат для защиты электроустановок от токов коротких замыканий. В электросиловых установках часто возникают кратковременные повышенные токи, не опасные для электроустановки, например, пусковые токи электродвигателей. Чтобы избежать отключения цепи при таких токах, расцепитель электромагнитный устанавливают на ток срабатывания, который превышает значение кратковременных больших токов. При этом автомат перестает защищать электрооборудование от всех перегрузок, не превышающих ток срабатывания. Большинство автоматов с электромагнитным расцепителем имеют расцепитель без выдержки времени и отключаются мгновенно.

Автоматы с тепловым расцепителем служат для защиты электроустановок от перегрузок. Для тепловых расцепителей характерно, что чем больше ток, тем быстрее нарастает температура биметаллического элемента, тем быстрее он изгибается и производит отключение. Поэтому автоматы с тепловым расцепителем защищают электроустановку от перегрузки с обратно-зависимой от тока выдержкой времени.

В автоматах с комбинированным расцепителем (имеется электромагнитный и тепловой расцепители) при относительно небольших токах перегрузки действует тепловой расцепитель с выдержкой времени. При токах коротких замыканий выше определенной величины срабатывает электромагнитный расцепитель мгновенного действия (отсечка) до того, как биметаллическая пластина успеет нагреться и изогнуться.

Основные параметры автоматов:

$U_{н.а.}$ — номинальное напряжение автомата, В. Напряжение, соответствующее наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается применять данный автомат;

$I_{н.а.}$ — номинальный ток автомата, А. Наибольший ток, на который рассчитаны токоведущие и контактные части автомата;

$I_{н.эл.м.}$, $I_{н.тепл.}$, $I_{н.комб.}$ — номинальный ток расцепителя (электромагнитного, теплового, комбинированного), А. Наибольший ток, на который рассчитан расцепитель автомата для длительной работы. При этом расцепитель не срабатывает;

$I_{ср.эл.м.}$, $I_{ср.тепл.}$ — ток срабатывания расцепителя, А. Наименьший ток, при котором срабатывает расцепитель автомата.

Для автоматов с электромагнитным расцепителем:
 $I_{ср.эл.м.} = (3 - 15) I_{н.эл.м.}$

Для автоматов с тепловым расцепителем: $I_{ср.тепл.} = (1,25 - 1,45) I_{н.тепл.}$

Защитная характеристика автомата определяет зависимость полного времени отключения цепи от отношения тока в расцепителе к номинальному току расцепителя.

Пример защитной характеристики автомата с комбинированным расцепителем представлен на рис. 2.

Линия «а» показывает зависимость времени отключения автомата от кратности тока перегрузки, отключаемого под воздействием теплового расцепителя. Линия «б» определяет номинальную кратность тока, при ко-

торой уже начинает действовать электромагнитный расцепитель практически без выдержки времени. Фактически эта кратность может оказаться любой в пределах зоны, заштрихованной по обе стороны линии «б». Линия «в» – время от начала короткого замыкания до момента удара якоря электромагнитного расцепителя по отключающей рейке, после чего автомат отключается независимо от того, продолжается короткое замыкание или нет. Линия «г» – время полного отключения автоматом тока короткого замыкания под действием электромагнитного расцепителя.

Поскольку в действительности наблюдаются существенные отклонения от средних значений характеристик, вызванные производственными и эксплуатационными факторами, защитную характеристику автомата изображают не одной линией, а полосой между двумя, в пределах которой лежит возможное время отключения.

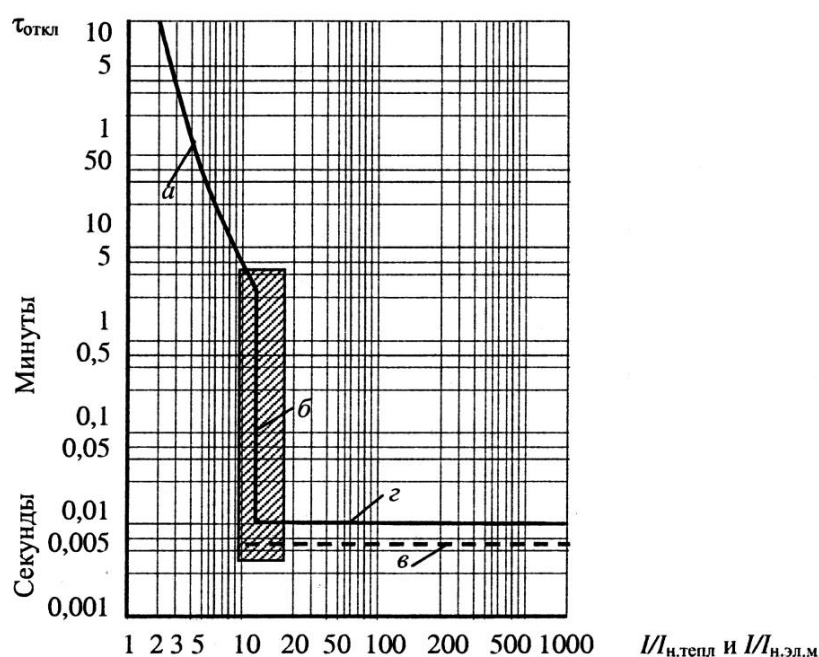


Рис. 2. Пример защитной характеристики автомата с комбинированным расцепителем

Защитная характеристика автомата позволяет определить надежность защиты элементов электроустановок от токов перегрузок и токов коротких замыканий. Для этого, так же, как и при защите предохранителями, необ-

ходимо сопоставить защитную характеристику автомата с характеристикой допустимой перегрузки защищаемого элемента, т.е. с его тепловой характеристикой.

Между этими характеристиками должно быть соответствие, чтобы при отключении тока, например, из-за перегрузки, температура защищаемого элемента была ниже предельно допустимой.

Контрольные вопросы

1. Назначение аппаратов защиты электрических сетей.
2. Перечислить наиболее распространенные аппараты защиты электроустановок от токов коротких замыканий и перегрузок.
3. Устройство и принцип действия плавких предохранителей.
4. Основные параметры плавких предохранителей. Перечислить, дать определение и пояснение.
5. От чего зависит полное время отключения электрической цепи при срабатывании плавкого предохранителя.
6. Что такое защитная характеристика плавкой вставки предохранителя, пояснить графически.
7. Чем достигается улучшение защитных характеристик плавких вставок предохранителей.
8. Из каких материалов выполняются плавкие вставки предохранителей. Конструкция плавких вставок.
9. Основные типы выпускаемых предохранителей. Привести примеры и кратко охарактеризовать.
10. Общее устройство автоматического воздушного выключателя (автомата).
11. Назначение, устройство и принцип действия автоматического выключателя с электромагнитным расцепителем.

12. Назначение, устройство и принцип действия автоматического выключателя с тепловым расцепителем.

13. Назначение, устройство и принцип действия автоматического выключателя с комбинированным расцепителем.

14. Основные типы выпускаемых автоматических выключателей. Привести примеры и кратко охарактеризовать.

15. Основные достоинства и недостатки плавких предохранителей и автоматических воздушных выключателей (автоматов).

16. Основные требования ПУЭ к аппаратам защиты. Выбор и места установки аппаратов защиты.

17. Что такое тепловая характеристика элемента электроустановки (провода, кабеля, электродвигателя и т.п.).

18. Как по соотношению защитной характеристики плавкого предохранителя (автомата) и тепловой характеристики проводника определить, обеспечивается ли надежная защита элемента электроустановки от токов коротких замыканий и перегрузок.

19. В чем заключается пожарная опасность самих аппаратов защиты, а также применение некалиброванных плавких вставок и автоматических воздушных выключателей?

Глава № 3. «Пожарная безопасность силовых и осветительных электроустановок»

Занятие № 3/8. «Электрическая сварка металлов»

Учебные вопросы

1. Процесс электросварки металлов.
2. Организационные и технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при проведении электросварочных работ.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 148-165.
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г №390). - п. 414-427, 430,437. Приложения № 3,4.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - Главы 1.7, 7.3, 7.6.

Электродуговая сварка металлов. В 1882 г. впервые в мире русский изобретатель Н.Н. Бенардос применил электрическую дугу для сварки металлов. Через шесть лет Н.Г. Славянов усовершенствовал производство сварки. Если Н.Н. Бенардос применял для сварки угольный электрод, то Н. Г. Славянов использовал металлический электрод. Электрическая дуга при сварке по методу Славянова горит между металлическим электродом и свариваемыми деталями. Расплавленный металл электрода и деталей, застывая, образует шов. Сварка металлическим электродом является сейчас основным способом сварки металлов. Советскими учеными изобретена аргоно-дуговая сварка, при которой электрическая дуга горит в среде инерт-

ного газа - аргона. Такая дуга требует лишь половинного напряжения. Поскольку аргон не вступает ни в какие химические реакции, при сварке некоторых металлов отсутствует необходимость в применении флюсов.

Сварочные аппараты переменного тока состоят из сварочного трансформатора и регулятора сварочного тока. Они удовлетворяют следующим условиям: напряжение вторичной обмотки $U_2 = 60-75\text{В}$ легко возбуждает дугу и безопасно для человека, при нагрузке напряжение изменяется так, что сварочный ток остается почти постоянным, ток короткого замыкания не превышает рабочий более, чем на 20 - 40 %, сварочный ток легко регулируется.

Регулятор сварочного тока может быть выполнен отдельно от трансформатора или в одном корпусе с ним.

Пожарная опасность при электродуговой сварке. Электродуговая сварка относится к огнеопасным работам. Возможность возникновения пожара при сварке определяется наличием горючего материала, кислорода воздуха и источников зажигания. Горючие материалы и кислород воздуха находятся в совокупности. К горючим материалам относятся: изоляция сварочных проводов, обмоток сварочных машин и аппаратов, деревянные конструкции зданий, строительные отходы и др. Нередко горючие материалы (жидкие и газообразные) находятся в самих производственных аппаратах и установках, где производится сварка. В этом случае, при наличии взрывчатой системы, возможны взрывы.

Пожарная опасность на местах электродуговой сварки определяется наличием электрической дуги и большого количества искр от раскаленных свариваемых предметов, а также наличием остатков электродов (огарков). Электрическая дуга, обладая температурой до $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$, может воспламенить любую горючую среду. Появляющиеся в процессе сварки искры в виде частичек расплавленного металла несут с собой значительную тепловую энергию. Опасная зона распространения искр от места электрической

сварки составляет в среднем до 5 м (по радиусу). Пожарная опасность от раскаленных остатков электродов (огарков) возникает чаще всего при сварке на высоте. Выбиваемые из электрододержателя раскаленные огарки, попадая на нижележащие этажи и площадки, могут вызвать загорание строительных отходов и других горючих материалов.

Развитие пожара от искр и раскаленных остатков электродов протекает обычно скрыто и обнаруживается спустя длительное время после сварки. Неправильная эксплуатация и неисправность сварочного оборудования могут быть причиной пожаров и вне зоны сварочных работ. Причиной возникновения пожаров при неправильном выполнении обратного провода могут явиться блуждающие токи. В некоторых случаях сопротивление обратного провода бывает выше, чем других обходных путей, по которым может пройти ток. А поэтому часть сварочного тока протекает по этим новым путям, создавая искрение и нагрев мест с переходными сопротивлениями.

Противопожарные мероприятия при электросварочных работах.

Организация работ. Организация постоянных и временных электросварочных работ определяется двумя документами; приказом руководителя объекта по режиму производства этих работ и противопожарной инструкцией.

Правила противопожарного режима в РФ:

414. При проведении огневых работ необходимо:

а) перед проведением огневых работ провентилировать помещения, в которых возможно скопление паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также горючих газов;

б) обеспечить место проведения огневых работ первичными средствами пожаротушения (огнетушителем, ящиком с песком емкостью 0,5 куб. метра, 2 лопатами, ведром с водой);

в) плотно закрыть все двери, соединяющие помещения, в которых проводятся огневые работы, с другими помещениями, в том числе двери тамбур-шлюзов, открыть окна;

г) осуществлять контроль за состоянием парогазовоздушной среды в технологическом оборудовании, на котором проводятся огневые работы, и в опасной зоне;

д) прекратить огневые работы в случае повышения содержания горючих веществ или снижения концентрации флегматизатора в опасной зоне или технологическом оборудовании до значений предельно допустимых взрывобезопасных концентраций паров (газов).

415. Технологическое оборудование, на котором будут проводиться огневые работы, необходимо пропарить, промыть, очистить, освободить от пожаровзрывоопасных веществ и отключить от действующих коммуникаций (за исключением коммуникаций, используемых для подготовки к проведению огневых работ).

416. При пропарке внутреннего объема технологического оборудования температура подаваемого водяного пара не должна превышать значение, равное 80 процентам температуры самовоспламенения горючего пара (газа).

417. Промывать технологическое оборудование следует при концентрации в нем паров (газов), находящейся вне пределов их воспламенения, и в электростатически безопасном режиме.

418. Способы очистки помещений, а также оборудования и коммуникаций, в которых проводятся огневые работы, не должны приводить к образованию взрывоопасных паро- и пылевоздушных смесей и к появлению источников зажигания.

419. Для исключения попадания раскаленных частиц металла в смежные помещения, соседние этажи и другие помещения все смотровые, технологические и другие люки (лючки), вентиляционные, монтажные и другие проемы (отверстия) в перекрытиях, стенах и перегородках помещений, где проводятся огневые работы, закрываются негорючими материалами.

Место проведения огневых работ очищается от горючих веществ и материалов в радиусе очистки территории от горючих материалов согласно приложению № 3.

420. Находящиеся в радиусе зоны очистки территории строительные конструкции, настилы полов, отделка и облицовка, а также изоляция и части оборудования, выполненные из горючих материалов, должны быть защищены от попадания на них искр металлическим экраном, асбестовым полотном или другими негорючими материалами и при необходимости политы водой.

421. Место для проведения сварочных и резательных работ на объектах, в конструкциях которых использованы горючие материалы, ограждается сплошной перегородкой из негорючего материала. При этом высота перегородки должна быть не менее 1,8 метра, а зазор между перегородкой и полом не более 5 сантиметров. Для предотвращения разлета раскаленных частиц указанный зазор должен быть огражден сеткой из негорючего материала с размером ячеек не более 1 x 1 миллиметр.

422. Не разрешается вскрывать люки и крышки технологического оборудования, выгружать, перегружать и сливать продукты, загружать их через открытые люки, а также выполнять другие операции, которые могут привести к возникновению пожаров и взрывов из-за загазованности и запыленности мест, в которых проводятся огневые работы.

423. При перерывах в работе, а также в конце рабочей смены сварочную аппаратуру необходимо отключать (в том числе от электросети), шланги отсоединять и освобождать от горючих жидкостей и газов, а в паяльных лампах давление полностью стравливать.

По окончании работ всю аппаратуру и оборудование необходимо убирать в специально отведенные помещения (места).

424. Запрещается организация постоянных мест проведения огневых работ более чем на 10 постах (сварочные, резательные мастерские), если не предусмотрено централизованное электро- и газоснабжение.

425. В сварочной мастерской при наличии не более 10 сварочных постов допускается для каждого поста иметь по 1 запасному баллону с кислородом и горючим газом. Запасные баллоны ограждаются щитами из негорючих материалов или хранятся в специальных пристройках к мастерской.

426. При проведении огневых работ запрещается:

- а) приступать к работе при неисправной аппаратуре;
- б) производить огневые работы на свежеокрашенных горючими красками (лаками) конструкциях и изделиях;
- в) использовать одежду и рукавицы со следами масел, жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей;
- г) хранить в сварочных кабинах одежду, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, другие горючие материалы;
- д) допускать к самостоятельной работе учеников, а также работников, не имеющих квалификационного удостоверения;
- е) допускать соприкосновение электрических проводов с баллонами со сжатыми, сжиженными и растворенными газами;
- ж) производить работы на аппаратах и коммуникациях, заполненных горючими и токсичными веществами, а также находящихся под электрическим напряжением;

з) проводить огневые работы одновременно с устройством гидроизоляции и пароизоляции на кровле, монтажом панелей с горючими и трудногорючими утеплителями, наклейкой покрытий полов и отделкой помещений с применением горючих лаков, клеев, мастик и других горючих материалов.

427. Запрещается проведение огневых работ на элементах зданий, выполненных из легких металлических конструкций с горючими и трудногорючими утеплителями.

430. При проведении электросварочных работ:

а) запрещается использовать провода без изоляции или с поврежденной изоляцией, а также применять нестандартные автоматические выключатели;

б) следует соединять сварочные провода при помощи опрессовки, сварки, пайки или специальных зажимов. Подключение электропроводов к электрододержателю, свариваемому изделию и сварочному аппарату выполняется при помощи медных кабельных наконечников, скрепленных болтами с шайбами;

в) следует надежно изолировать и в необходимых местах защищать от действия высокой температуры, механических повреждений или химических воздействий провода, подключенные к сварочным аппаратам, распределительным щитам и другому оборудованию, а также к местам сварочных работ;

г) необходимо располагать кабели (провода) электросварочных машин от трубопроводов с кислородом на расстоянии не менее 0,5 метра, а от трубопроводов и баллонов с ацетиленом и других горючих газов - не менее 1 метра;

д) в качестве обратного проводника, соединяющего свариваемое изделие с источником тока, могут использоваться стальные или алюминиевые шины любого профиля, сварочные плиты, стеллажи и сама свариваемая

конструкция при условии, если их сечение обеспечивает безопасное по условиям нагрева протекание тока. Соединение между собой отдельных элементов, используемых в качестве обратного проводника, должно выполняться с помощью болтов, струбцин или зажимов;

е) запрещается использование в качестве обратного проводника внутренних железнодорожных путей, сети заземления или зануления, а также металлических конструкций зданий, коммуникаций и технологического оборудования. В этих случаях сварка производится с применением 2 проводов;

ж) в пожаровзрывоопасных и пожароопасных помещениях и сооружениях обратный проводник от свариваемого изделия до источника тока выполняется только изолированным проводом, причем по качеству изоляции он не должен уступать прямому проводнику, присоединяемому к электрододержателю;

з) конструкция электрододержателя для ручной сварки должна обеспечивать надежное зажатие и быструю смену электродов, а также исключать возможность короткого замыкания его корпуса на свариваемую деталь при временных перерывах в работе или при случайном его падении на металлические предметы. Рукоятка электрододержателя делается из негорючего диэлектрического и теплоизолирующего материала;

и) следует применять электроды, изготовленные в заводских условиях, соответствующие номинальной величине сварочного тока. При смене электродов их остатки (огарки) следует помещать в специальный металлический ящик, устанавливаемый у места сварочных работ;

к) необходимо электросварочную установку на время работы заземлять. Помимо заземления основного электросварочного оборудования в сварочных установках следует непосредственно заземлять тот зажим вторичной обмотки сварочного трансформатора, к которому присоединяется проводник, идущий к изделию (обратный проводник);

л) чистку агрегата и пусковой аппаратуры следует производить ежедневно после окончания работы. Техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт сварочного оборудования производится в соответствии с графиком;

м) питание дуги в установках для атомно-водородной сварки обеспечивается от отдельного трансформатора. Запрещается непосредственное питание дуги от распределительной сети через регулятор тока любого типа;

н) при атомно-водородной сварке в горелке должно предусматриваться автоматическое отключение напряжения и прекращение подачи водорода в случае разрыва цепи. Запрещается оставлять включенные горелки без присмотра.

437. На проведение огневых работ (огневой разогрев битума, газо- и электросварочные работы, газо- и электрорезательные работы, бензино- и керосинорезательные работы, паяльные работы, резка металла механизированным инструментом) на временных местах (кроме строительных площадок и частных домовладений) руководителем организации или лицом, ответственным за пожарную безопасность, оформляется наряд-допуск на выполнение огневых работ по форме, предусмотренной приложением № 4.

Контрольные вопросы

1. Пожарная опасность ручной электродуговой сварки металлов?
2. Организационные и технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при электросварке металлов?
3. Требования к электросварочным аппаратам?

Занятие № 3/10. «Заземление (зануление) электроустановок»

Учебные вопросы

1. Опасность поражения людей электрическим током.
2. Заземление и зануление электроустановок.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 148-165, 268-273.
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г № 390). - п. 414-427, 430,437. Приложения № 3,4.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - Главы 1.7, 7.3, 7.6.
4. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 235-236, 237-254, 255-260, 264-266, 266-267.

Причинами поражения людей электрическим током могут быть:

прикосновение (или недопустимое приближение) к частям электроустановок, находящимся под напряжением;

прикосновение к конструктивным металлическим частям, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции;

напряжение шага, возникающее вблизи мест повреждения электрической изоляции или мест замыкания токоведущих частей на землю.

Различают два основных вида поражения человека электрическим током – электрические травмы и электрические удары. Они часто сопутствуют друг другу.

Электрической травмой называется ярко выраженное местное нарушение тканей организма (кожи, мышц, костей, связок). Характерными ее прояв-

лениями являются ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и др. Электрический ожог - самая распространенная и опасная электротравма. В зависимости от условий возникновения различают два вида ожогов: токовый и контактный.

Электрическим ударом называется возбуждение тканей, вызванное электрическим током в организме и сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц (например, рук, ног и т.д.). В более тяжелых случаях наблюдается потеря сознания, нарушение работы сердечно – сосудистой системы или легких, что может привести даже к смертельному исходу. Во многих случаях возникает фибрилляция сердца, т.е. беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы, нарушающее ритмичное нагнетание крови в сосуды и приводящее к остановке кровообращения. При электрическом ударе могут быть и другие виды нарушения деятельности организма - спазмы мозговых и коронарных сосудов, паралич дыхания и т.д.

При поражениях электрическим током необходимо незамедлительное применение методов оживления: искусственное дыхание, наружный массаж сердца, способствующий поступлению крови в сосуды, и др.

На степень и исход поражения электрическим током влияет ряд факторов: величина и вид тока, длительность его действия на организм, величина напряжения, воздействию которого подвергается человек, путь тока в теле человека, окружающая среда и др. Тело человека, находящееся в электрической цепи, следует рассматривать как проводник со сложнейшими, только ему присущими свойствами. С учетом вида допущений тело человека можно приближенно представить, как сочетание активного и емкостного сопротивлений, величины которых зависят от множества условий, в частности от состояния кожи в месте прикосновения (сухая, влажная, поврежденная). Сопротивление верхнего слоя кожи (эпидермы) является одной из основных составляющих полного сопротивления тела человека.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих

защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделяющий трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов. Основными из них являются заземление, зануление и выравнивание потенциалов.

Заземлением всей установки или ее части называется преднамеренное гальваническое соединение с заземляющим устройством. Совокупность заземлителя и заземляющих проводников называется заземляющим устройством.

Занулением в электроустановках напряжением до 1000 В называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

Выравнивание потенциала – метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек. Выравнивание потенциала осуществляется электрическим соединением металлических конструкций, находящихся вблизи электроустановки с ее корпусом, а также формированием зоны растекания путем использования специальных заземляющих устройств.

Все случаи поражения током являются результатом замыкания электрической цепи через тело, т.е. результатом прикосновения человека к точкам цепи, имеющим разные потенциалы. Опасность этого зависит от напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, состояния изоляции токоведущих частей от земли и т.п.

Различают сети с изолированной нейтралью, когда нейтраль трансформатора к заземляющему устройству непосредственно не присоединена или присоединена через аппараты с большим сопротивлением (например, через трансформаторы напряжения), и сети с глухим заземлением нейтрали, когда нейтраль трансформатора или генератора присоединена к заземляющему

устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформатор тока). Повреждение изоляции токоведущих частей и соединение их с заземленными конструктивными частями или непосредственно с землей связано чаще всего либо с токами однофазного замыкания на землю (в системе с изолированной нейтралью), либо с токами однофазного КЗ (в системе с глухозаземленной нейтралью).

Токи замыканий на землю при неблагоприятных условиях (горючая среда, обрыв заземляющих проводников или их отсутствие, плохие контакты, искровые промежутки и т.п.) могут вызвать пожар или взрыв. Поэтому заземление и зануление следует рассматривать как средство электробезопасности и пожарной безопасности.

В *сетях с изолированной нейтралью* элементы электрооборудования производственных помещений (корпусы машин, аппаратов) соединяют с землёй с помощью самостоятельных заземляющих устройств. Части электроустановок, подлежащие заземлению, присоединяют к проложенной в помещении стальной шине, которая в свою очередь соединяется с заземлителем.

В промышленности, в жилых и общественных зданиях широкое распространение и применение получила четырёхпроводная трёхфазная система с заземлённой нейтралью. В производственных помещениях применяется электрическая система с напряжением 380/220В (три фазных провода или жилы и один заземлённый), питающая совместно силовые и осветительные сети. При заземлённой нулевой точке трансформатора безопасность установки достигается путём металлического соединения корпусов электрооборудования (двигателей, светильников и пр.) с нулевым проводом питающей системы. Нулевой провод в этом случае служит и заземляющей магистралью. Для соединения цеховых зануляющих магистралей с нулевой точкой трансформатора используются нулевые жилы кабелей, а также свинцовые оболочки и броня кабелей. Таким образом, в *сетях с заземлённой нейтралью* вместо защитного заземления устраивают зануление. При отсутствии защитного за-

земления эти сети также обладают электроопасностью и пожаровзрывоопасностью. Прикосновение человека к находящемуся под напряжением корпусу электроприемника образует цепь поражения, замыкающую через его тело, обувь, пол, землю и заземление нейтрали.

Напряжение, воздействию которого в этом случае подвергается человек, представляет собой часть фазного напряжения, действующего в цепи замыкания. В теле человека возникает ток, обусловленный фазным напряжением и последовательно включенными сопротивлениями тела человека и заземления нейтрали (если сопротивлениями обуви, пола и земли пренебречь).

Однополюсное прикосновение в сетях с заземленной нейтралью весьма опасно. Например, в сети напряжением 380/220 В через тело человека (при сопротивлении тела 1000 Ом) может проходить смертельно опасный ток $220/1000=0,22$ А. Большое значение для электробезопасности приобретает в этом случае высокое сопротивление пола и обуви.

Отсутствие защитного заземления электроустановки (например, корпуса электродвигателя) и прохождение тока замыкания при замыкании на корпус по случайному пути в местах плохих контактов также может вызвать искрение.

Таким образом, если в электроустановках напряжением до 1кВ с глухо-заземленной нейтралью не применять защиту, прикосновение к металлическому корпусу, соединившемуся с любой из фаз, опасно. Однако обеспечить безопасность персонала в электроустановках с заземленной нейтралью также, как в электроустановках с изолированной нейтралью, простым заземлением электроприемников нельзя. При замыкании на корпус это заземление не обеспечивает безопасной величины напряжения прикосновения и ток замыкания не в состоянии быстро отключить поврежденный элемент электроустановки. Если пренебречь относительно малыми сопротивлениями трансформатора, активным сопротивлением фазного провода, активным сопротивлением «фаза – земля» и активным сопротивлением земли и места пробоя на корпус, ток замыкания, ограниченный сопротивлениями заземле-

ний электроприемника и нейтрали, сможет оказаться недостаточным для сгорания плавкой вставки предохранителя или отключения автомата. При больших номинальных токах этих аппаратов отключения не последует, а при длительном прохождении аварийного тока на заземленных корпусах будут создаваться и опасные напряжения по отношению к земле, что не обеспечивает условия электробезопасности.

В сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью металлические нетоковедущие части электроустановки надо соединять не с заземлителями, а с нулевым защитным проводом, который подключен к нейтрали трансформатора. Это защитное мероприятие называется *занулением*. В таком случае замыкание на корпус приводит к однофазному КЗ сети через фазный и нулевой провода. Так как сопротивления проводов незначительны, токи КЗ достигают больших значений. Предохранитель или автомат быстро отключает аварийный участок. Автоматическое отключение поврежденных участков является основным мероприятием по обеспечению электро- и пожаробезопасности в электроустановках с глухозаземленной нейтралью.

Зануление обеспечивает электробезопасность только при соблюдении ряда условий, усложняющих его устройство и требующих постоянного внимания при эксплуатации. Так, для надежного и очень быстрого отключения аварийного участка необходим достаточный ток КЗ. Следует обеспечивать безопасность в течение времени от момента замыкания до срабатывания защитного аппарата, а также при обрыве нулевого провода. При отказе аппаратов защиты или задержке отключения на всех металлических частях, присоединенных к нулевому проводу, остается потенциал, который может превосходить допустимый. В связи с этим будет существовать реальная угроза поражения людей, прикасающихся к этим частям.

Длительный ток однофазного КЗ может вызвать серьезные повреждения токоведущих частей электрооборудования, их защитных оболочек или корпусов. Особенно опасна задержка отключения токов однофазного КЗ во взрывоопасных зонах, приводящая к возникновению длительной дуги и

повреждению (прожигу) оболочки, панели с зажимами или труб электропроводки с последующим выбросом пламени в окружающее пространство. Так, двухдюймовая труба может прогореть через 3 с при токе 500 А, а при токе 350 А – через 5 с. Поэтому лучшим решением следует считать применение во взрывоопасных зонах не предохранителей (за исключением специальных быстродействующих, например ПНБ5), а автоматов с электромагнитными или полупроводниковыми расцепителями, срабатывающими мгновенно и отключающими все три фазы, что предотвращает пожароопасный режим работы электродвигателей на двух фазах.

Во время срабатывания защиты на зануленных металлических частях могут кратковременно создаваться значительные и даже опасные потенциалы. Однако в цепях со встроенными или близко расположенными подстанциями и насыщенным технологическим оборудованием напряжение прикосновения при замыканиях на корпус не превосходит безопасного значения и нередко равно 10-12 В. Это объясняется включением параллельно с нулевым проводом проводников большой проводимости; заземленных металлических частей электроустановок, металлических оболочек кабелей, трубопроводов, технологического оборудования, металлических конструкций зданий и т.п., а также выполненного по ПУЭ повторного заземления нулевого провода.

Устройство дополнительных местных очагов повторного заземления нулевого провода, выполняемых по контуру здания или установки, является наиболее эффективным способом снижения опасности, особенно для удаленных от подстанций установок. При таком способе удастся во время аварийных режимов уравнивать потенциалы пола (земли) и оборудования. Повторные заземления нулевого провода снижают опасность возникновения пожаров от токов замыкания и потенциалов на заземленных корпусах в случае обрыва нулевого провода.

Как уже указывалось, при обрыве нулевого провода и замыкании на корпус прикосновение к любой присоединенной к нулевому проводу метал-

лической части равносильно присоединению к токоведущему проводу, а прохождение токов замыкания по случайным путям может быть причиной пожара. Однако полное совпадение обрыва нулевого провода с замыканием на корпус маловероятно, тем более что речь идет о магистральных проводах. Если раньше произойдет обрыв, он быстро обнаружится, так как обрыв нулевого провода вызывает отключение или ненормальный режим работы электроламп и других однофазных электроприемников. Если же раньше произойдет замыкание на корпус, оно должно отключиться защитой. Кроме того, если в осветительной сети нулевой провод используется в качестве рабочего, потенциал на оборудование может быть вынесен через нить электрической лампочки светильника или сопротивление нагревательного прибора даже при отсутствии замыкания на корпус. Поэтому целостности нулевого провода придается большое значение. Если нулевой провод используется в качестве защитного, в его цепи запрещается применять разъединяющие аппараты (рубильники, выключатели и т.п.), предохранители или автоматы.

Чем больше повторных заземлений защитного нулевого провода и чем ниже их сопротивление, тем ниже напряжение прикосновения и напряжение по отношению к земле как при замыканиях на корпус, так и при обрыве нулевого провода.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/220В запрещается применение защитного заземления без одновременного зануления, а также применение земли в качестве нулевого проводника, так как при этом в случае повреждения изоляции заземленного оборудования возникли бы те же опасные условия, что и при обрыве нулевого провода.

Зануление – одна из первых защитных мер в электроустановках. Зануление имеет как экономические (проще и дешевле заземлители, используемые в системе зануления), так и качественные преимущества перед защитным заземлением – оно снимает напряжение с поврежденных частей электроустановки. Выполнение зануления в соответствии с ПУЭ обеспечивает его

высокую надежность. Однако зануление имеет ряд принципиальных недостатков, например:

- не обеспечивает безопасности при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки;

- нулевой защитный проводник обеспечивает вынос потенциала (даже при отсутствии замыкания на корпус) на все зануленные электропотребители, что представляет опасность поражения и создает помехи радиоэлектронному оборудованию;

- в сети с занулением нельзя использовать заземление отдельных электропотребителей (без соединения их с нулевым защитным проводником), так как при замыкании на заземленный корпус зануленные электропотребители оказываются под опасным напряжением в течение длительного времени;

- одновременное прикосновение к токоведущим частям электроустановки и ее зануленному корпусу, а также к незануленному и зануленному электрооборудованию представляет большую опасность;

- ошибки при монтаже и подключении электропотребителя могут привести к тому, что его корпус окажется непосредственно подключенным к фазе через нулевой защитный проводник;

- перегорание плавкой вставки одного предохранителя при замыкании на корпус не обеспечивает полного отключения от сети трехфазного потребителя, и он (например, трехфазный электродвигатель) окажется в пожароопасном неполнофазном режиме работы;

- токи КЗ, токи утечки, искры при замыкании на корпус, перегрев трехфазных потребителей при работе на двух фазах, обусловленные наличием зануления, могут создать пожароопасную ситуацию;

- трудности контроля (целостности цепи зануления).

Перечисленные недостатки показывают, что зануление уже не соответствует современному уровню электрификации страны и нуждается в принципиальной переработке или замене более совершенными мерами защиты, например, устройством защитного отключения (УЗО).

Заземление или зануление применяют во всех случаях при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных, в наружных установках эти защитные меры применяют при напряжениях выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока.

Заземлять или занулять необходимо следующие части электроустановок: корпуса трансформаторов; рамы и приводы выключателей и других коммутационных аппаратов; вторичные обмотки измерительных трансформаторов; каркасы распределительных щитов и щитков, пультов и щитов управления, шкафов с электрооборудованием. Съемные или открывающиеся части щитов и шкафов должны быть занулены отдельным гибким проводником, если на этих частях установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока. Зануляют также металлические оболочки и броню кабелей, проводов, металлические кабельные конструкции и муфты, стальные трубы электропроводки, тросы, на которых подвешены провода, кожухи шинопроводов, короба и лотки, арматуру железобетонных опор и проволочные оттяжки любых опор, а также все другие металлоконструкции, связанные с установкой электрооборудования.

ПУЭ не требуют заземлять или занулять что-либо в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током, в частности в жилых и общественных помещениях с деревянными или пластиковыми полами, если номинальное напряжение электрооборудования 220 В и ниже. Зануление здесь только повысило бы опасность при случайном прикосновении одновременно к токоведущим частям и к зануленным, т. е. к связанному с землей корпусу электрооборудования. Не требуется также занулять в кухнях, ванных комнатах и туалетах квартир металлические корпуса стационарно установленного осветительного электрооборудования и переносных электроприборов и машин мощностью до 1,3 кВт (стиральные и швейные машины, холодильники, утюги и т. п.).

Заземляющие и нулевые защитные проводники подразделяются на магистральные и ответвления от них к отдельным электроприемникам. Там, где это допустимо, в качестве нулевых защитных проводников в первую очередь используют нулевые рабочие проводники. Для заземлений и занулений электроприемников рекомендуется применять отдельные жилы кабелей и провода электропроводок (четвертая жила, четвертый и третий провод), открыто положенные проводники, преимущественно стальные; металлические конструкции различного назначения; алюминиевые оболочки кабелей (но не броню). Защитными проводниками, в частности, могут служить: металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.); металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, шахты лифтов и подъемников и т. п.); стальные трубы, металлические короба и лотки электропроводов; металлические стационарные открыто положенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов для горючих газов и жидкостей, канализации, центрального отопления и бытового водоснабжения. Они могут служить единственными защитными проводниками только в том случае, если удовлетворяют требованиям ПУЭ в отношении сечения или проводимости, а также если обеспечена их непрерывность.

Защитные проводники по условиям механической прочности и стойкости к коррозии должны иметь минимальные размеры в соответствии с требованиями норм.

В сетях с глухим заземлением нейтрали для надежного автоматического отключения аварийного участка нулевые защитные проводники должны быть выбраны таким образом, чтобы при замыкании на корпус возникал ток КЗ, который бы вызывал мгновенное срабатывание защиты. Это требование обычно удовлетворяется, если проводимость нулевых защитных проводников составляет не менее 50 % проводимости фазного провода.

При медных и алюминиевых проводах сечение нулевого защитного провода принимают не менее 50 % фазного. Если же фазный провод медный или

алюминиевый, а защитный – стальной, как это часто бывает в промышленных установках (за исключением взрывоопасных), защитный провод нельзя выбирать, исходя из сечения фазного, так как сопротивление стальных проводников относительно велико, а при переменном токе сопротивление зависит также от тока и конструкции проводника (одно- или многожильная). Кроме того, следует считаться с внешним индуктивным сопротивлением, так как стальные защитные проводники (за исключением прокладки в стальных трубах) монтируются на некотором, иногда значительном, расстоянии от фазных.

Использование естественных проводников в качестве нулевых рабочих проводников допускается в нормальных помещениях только для групповой сети освещения и при условии, что они не находятся в непосредственной близости от сгораемых частей зданий или конструкций.

Нулевыми и защитными проводниками могут служить алюминиевые оболочки кабелей, так как они всегда имеют необходимую проводимость.

Применение свинцовых оболочек кабелей в качестве нулевых и защитных проводников запрещается.

Соединения нулевых защитных проводников между собой должны обеспечивать надежный контакт и выполняются сваркой. Эти проводники присоединяются к частям оборудования, подлежащим занулению, сваркой или болтовым соединением. Присоединение должно быть доступно для осмотра. Открыто проложенные нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску – по зеленому фону желтые полосы.

Заземлители. Для заземляющих устройств любого назначения используются естественные и искусственные заземлители или их сочетание. В качестве естественных заземлителей можно использовать проложенные в земле водопроводные трубы и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов; обсадные трубы различного назначения: металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в

земле. Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, учитывать их в расчете заземляющих устройств можно только при числе кабелей не менее двух.

Преимуществом протяженных естественных заземлителей является их малое сопротивление растеканию тока, а также отсутствие специальных затрат на их устройство. Недостаток естественных заземлителей – доступность неэлектротехническому персоналу. При ремонтных работах могут быть нарушены соединения между отдельными элементами протяженных заземлителей, а главное – между заземляющими проводниками и заземлителями.

Если естественных заземлителей нет или их использование не дает нужных результатов, применяют искусственные заземлители – вертикально забитые стержни (электроды) из круглой или угловой стали из газопроводных (некондиционных) труб, а также горизонтально проложенные стальные полосы или круглую сталь.

Сопротивление заземлителей зависит от ряда факторов: свойств и состояния грунта; конструктивных особенностей элементов (угловая, полосовая сталь, труба), глубины их заложения; количества и взаимного расположения элементов.

Электрические свойства грунта характеризуются удельным сопротивлением ρ , измеряемым в Ом·м или Ом·см. Оно зависит от состава грунта (песок, суглинок, глина, чернозем и т. д.), содержания влаги и растворенных веществ, а также от температуры.

Защитное заземление (зануление) во взрывоопасных зонах. Возникновение потенциалов по отношению к земле на корпусах электроприемников и оборудования во взрывоопасных зонах может вызвать искрение и воспламенение взрывоопасных смесей. Поэтому к устройству защитных заземлений во взрывоопасных зонах предъявляют более жесткие требования. Так, во взрывоопасных зонах заземление или зануление следует выполнять при любых напряжениях. В качестве заземляющих или защитных нулевых проводников должны применяться специальные голые и изолированные проводники. Есте-

ственные проводники используются дополнительно для улучшения условий безопасности.

Заземляющие проводники присоединяют к металлическим конструкциям сваркой, а к корпусам машин и аппаратов сваркой или надежными болтовыми соединениями. Во избежание ослабления контакта при сотрясениях или вибрации машин устанавливают контргайки и пружинящие шайбы. Электрооборудование, подвергающееся частому демонтажу или установленное на движущихся частях, соединяют с заземлением гибкими проводниками.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью зануление должно осуществляться в одно-, двух- и трехфазных силовых цепях электроустановок всех классов с применением специальной третьей (или четвертой) жилы кабеля или провода, а также в однофазных осветительных цепях, кроме зон класса В - I, с использованием нулевого провода. Необходимость третьего провода для зануления корпусов светильников в зонах класса В-I объясняется тем, что в двухпроводных цепях с нулевым проводом должен быть защищен от токов КЗ как фазный, так и нулевой провод. При этом для одновременного отключения фазного и нулевого проводов должны применяться двухполюсные выключатели.

Для обеспечения необходимой кратности тока замыкания и быстрого действия защиты в электроустановках с заземленной нейтралью нулевые защитные проводники (третья или четвертая жилы проводов, кабеля) должны быть из цветных металлов, а их сечение должно быть равно сечению фазных проводников.

Защитные проводники, проходящие через стены, фундаменты и т.п. из взрывоопасных зон в зоны другого класса взрывоопасности, а также в зоны с нормальной средой или наружу, должны прокладываться в трубах, а концы труб следует заделывать цементным раствором. У ввода магистралей заземления в здание наносят опознавательные знаки и указывают расстояние до места присоединения к заземлителю. Все части заземляющего устройства, прокладываемые в земле, соединяют только сваркой, а места сварки покры-

вают гудроном или кабельной массой. В особо ответственных местах целесообразно присоединять магистрали заземления к электродам заземлителя в специальном смотровом колодце.

Эксплуатация устройств заземления (зануления). При приемке в эксплуатацию заземляющих устройств после окончания монтажных работ должна быть представлена следующая техническая документация: исполнительные чертежи и схемы заземляющего устройства; акт на подземные работы (укладка заземлителей и заземляющих проводников); протоколы испытаний заземляющих устройств.

При эксплуатации должны производиться периодические проверки и испытания заземляющих устройств (внешний осмотр заземляющих проводников и контактов, измерения сопротивления и т. п.).

Если соединение выполняется сваркой, сопротивление контакта всегда удовлетворительно. Наиболее вероятным местом, в котором возможен слабый контакт, а следовательно, и возникновение искрения или нагрева, является болтовое соединение сети заземления с электрооборудованием. В этих местах необходима периодическая проверка целостности контактов и их затяжки.

Осмотры заземляющего устройства и измерение его сопротивления следует производить в сроки, устанавливаемые системой ППР, не реже одного раза в три года. Постоянное заземляющее устройство должно иметь паспорт, схему, должны быть указаны основные технические и расчетные величины, результаты осмотров и испытаний, характер проведенных ремонтов и изменений, внесенных в устройство заземлений.

От контроля состояния нулевых защитных проводников в процессе эксплуатации во многом зависит безопасность лиц, работающих с зануленным электрооборудованием. Контроль предусматривает периодические измерения сопротивления цепи «фаза – нуль» (или сразу тока однофазного КЗ) и сопротивлений ответвлений от магистрального нулевого защитного проводника к

отдельным зануляемым электроприемникам, а также периодические осмотры этих ответвлений.

После монтажа электроустановки (перед приемкой ее в эксплуатацию), а также после капитальных ремонтов электропроводки или электроприемников, но не реже чем раз в 5 лет полагается измерять сопротивление цепи проводников «фазный - нулевой» для определения тока однофазного КЗ при замыкании на корпус.

Контрольные вопросы

1. Опасность поражения людей электрическим током?
2. Заземление (зануление) электроустановок?
3. Заземление электроустановок во взрывоопасных зонах?
4. Общие элементы систем заземления электроустановок?

Глава № 4. «Молниезащита и защита от статического Электричества»

Занятие № 4/3. «Статическое электричество. Молниезащита зда- ний и сооружений»

Учебные вопросы

1. Способы устранения опасности статического электричества.
2. Требования к молниезащитным устройствам зданий и сооружений различных категорий.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 319-329, 339-341, 349-372.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. – с. 276-280, 287-292.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: РД 34.21.122-87. Раздел 2. (2.1-2.33).

Статическое электричество может вызвать воспламенение взрыво-опасной смеси при совокупности следующих условий:

- наличии источника статических электрических разрядов;
- накоплении значительных зарядов на контактирующих поверхно-стях;
- достаточной разности потенциалов для электрического пробоя сре-ды;
- наличии достаточной запасенной электрической энергии;
- возможности возникновения электрических разрядов.

Отсутствие любого из условий исключает пожаровзрывоопасные последствия статического электричества.

Основными способами устранения опасности от статического электричества (в соответствии со степенью эффективности и частотой применения) являются:

- заземление оборудования, коммуникаций, аппаратов и сосудов, а также обеспечение постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;
- уменьшение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления путем повышения влажности воздуха или применения антистатических примесей;
- ионизация воздуха или среды, в частности, внутри аппарата, сосуда и т.д.

Кроме этих способов прибегают к дополнительным, дающим в конкретных случаях нужный эффект при операциях с жидкими, газообразными и сыпучими материалами и веществами: предотвращение образования взрывоопасных концентраций, ограничение скорости движения жидкости, замена ЛВЖ на негорючие растворители и т.д.

Практический способ устранения опасности от статического электричества выбирается с учетом эффективности и экономической целесообразности.

Заземление – наиболее часто применяемая мера защиты от статического электричества, его целью является устранение формирования электрических разрядов с проводящих элементов оборудования. Поэтому все проводящие части оборудования и электропроводные неметаллические предметы подлежат обязательному заземлению, независимо от того, применяются ли другие способы защиты от статического электричества. Заземлять следует не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании, но и все другие, так как они могут зарядиться по законам

электростатической индукции. Во многих случаях индуцированные заряды более опасны, чем заряды, которые являются причиной их образования.

В случаях, когда оборудование выполнено из проводящих электрический ток материалов, заземление является основным и почти всегда достаточным способом защиты.

Если же на внешней поверхности или внутренних стенках металлических аппаратов, резервуаров и трубопроводов образуются отложения непроводящих веществ (смолы, пленки, осадки), заземление становится неэффективным и создается ложное впечатление о надежности и безопасности. Заземление не устраняет опасности и в случае применения аппаратов с эмалированными и другими неэлектропроводящими покрытиями.

Трубопроводы наружных установок (на эстакадах или в каналах), оборудование и трубопроводы, расположенные в цехах, должны представлять на всем протяжении непрерывную электрическую цепь и присоединяться к заземляющим устройствам. Считается, что электрическая проводимость фланцевых соединений трубопроводов и аппаратов, соединений крышек с корпусами аппаратов и т.п. достаточно высока (обычно не более 10 Ом) и не требуется установки специальных параллельных перемычек.

Каждая система аппаратов и трубопроводов в пределах цеха должна быть заземлена не менее чем в двух местах. На поверхности горючих жидкостей в резервуарах не должно быть плавающих предметов.

Наливные стояки эстакад для заполнения железнодорожных цистерн и рельсы железнодорожных путей в пределах сливноналивного фронта должны быть электрически соединены между собой и надежно заземлены. Автоцистерны, наливные суда, самолеты, находящиеся под наливом или сливом горючих жидкостей и сжиженных газов, должны также заземляться.

Заземление резервуара и выдержка необходимого времени после заполнения не дадут нужного эффекта безопасности в случаях, когда в ре-

резервуаре имеются плавающие на поверхности жидкости изолированные предметы, которые могут приобрести заряд статического электричества в ходе заполнения резервуара и сохранять его в течение значительного времени. В этом случае приближение к плавающему предмету заземленного проводящего тела может сопровождаться опасным искрообразованием.

Снижением объемного и поверхностного сопротивлений обеспечивается соответствующая электропроводность и способность диэлектрика отводить заряды статического электричества. Устранение опасности статической электризации диэлектриков этим способом является весьма эффективным и может быть достигнуто повышением влажности воздуха, химической обработкой поверхности, применением электропроводных покрытий и антистатических веществ (присадок).

Повышение относительной влажности воздуха. Большинство пожаров от искр статического электричества происходит обычно зимой, когда относительная влажность воздуха низка. При относительной влажности воздуха выше 65-70 %, как показывают исследования и практика, число вспышек и загораний становится незначительным.

поверхностей от нефтепродуктов, очистки резервуаров под смену грузов и производства в них ремонтных работ с применением открытого огня и т.п.

Ускорение стекания электростатических зарядов с диэлектриков при высокой влажности воздуха связывают с тем, что на поверхности гидрофильных диэлектриков адсорбируется тонкая пленка влаги, содержащая обычно большое количество ионов из загрязнений и растворенного вещества, за счет которых обеспечивается достаточная поверхностная электропроводность электролитического характера. Электропроводность адсорбированной пленки влаги при прочих равных условиях определяется ее толщиной и в связи с этим в значительной степени зависит от относительной влажности воздуха. Чем она выше, тем толще пленка.

Увеличение влажности воздуха достигается распылением водяного пара или воды, циркуляцией влажного воздуха, а иногда свободным испарением с поверхности воды.

Химическая обработка поверхности, электропроводные покрытия. Снижение удельного поверхностного сопротивления полимерных материалов может быть достигнуто химической обработкой поверхности кислотами (например, серной или хлорсульфоновой).

Положительный эффект достигается и при обработке изделий из полистирола и полиолефинов погружением образцов в петролейный эфир при одновременном воздействии ультразвуком. Методы химической обработки эффективны, но требуют точного соблюдения технологических условий.

Иногда необходимый эффект достигается нанесением на диэлектрик поверхностной, хорошо проводящей пленки. Например, металлические тонкие пленки получают распылением, разбрызгиванием или испарением в вакууме или наклеиванием металлической фольги.

Применение антистатических веществ. Большинство горючих и легковоспламеняющихся жидкостей характеризуется высоким удельным электрическим сопротивлением. Поэтому при некоторых операциях, например с нефтепродуктами, происходит накопление зарядов статического электричества, которое не только препятствует интенсификации технологических операций, но и служит источником многочисленных взрывов и пожаров на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях.

Движение жидких углеводородов относительно твердого, жидкого или газообразного тела может привести к разделению электрических зарядов на поверхности соприкосновения. При движении жидкости по трубе слой находящихся на поверхности жидкости зарядов уносится ее потоком, а заряды противоположного знака остаются в трубе и, если металлическая труба заземлена, стекают в землю. Если металлический трубопровод изо-

лирован или изготовлен из диэлектрических материалов, он приобретает положительный заряд, а жидкость - отрицательный.

Один из наиболее эффективных методов, позволяющих устранить электризацию нефтепродуктов - введение специальных антистатических веществ.

Положительные результаты достигаются при использовании антистатических веществ на предприятиях по переработке синтетических волокон. Наиболее важным свойством антистатических веществ является способность увеличивать ионную проводимость и тем самым снижать электрическое сопротивление волокнистых материалов. Обработку волокнистых материалов антистатическими веществами производят до процесса либо непосредственно в процессе их изготовления.

Ионизация воздуха. Сущность этого способа заключается в нейтрализации или компенсации поверхностных электрических зарядов ионами разного знака, которые создают специальные приборы, называемые нейтрализаторами. Ионизация воздуха осуществляется двумя способами: электрическим полем с высокой напряженностью E и радиоактивным излучением.

Принцип работы нейтрализаторов состоит в том, что они создают вблизи наэлектризованного диэлектрика положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие полярность, противоположную полярности зарядов наэлектризованного материала, под действием электрического поля оседают на поверхности диэлектрика, нейтрализуя его.

Ионизация воздуха электрическим полем с высокой напряженностью получается от нейтрализаторов двух типов: *индукционных и высоковольтных*.

Радиоизотопные нейтрализаторы очень просты по устройству, не требуют источника питания, достаточно эффективны и безопасны при использовании в пожаровзрывоопасных средах. Они широко применяются в химической, резинотехнической, текстильной, бумажной, полиграфиче-

ской и других отраслях промышленности. При использовании радиоизотопных нейтрализаторов необходимо предусматривать надежную защиту людей, оборудования и выпускаемой продукции от вредного воздействия радиоактивного излучения.

Для нейтрализации электрических зарядов могут использоваться комбинированные нейтрализаторы, например, сочетание высоковольтного и радиоизотопного или индукционного.

Рассмотренные способы уменьшения опасности статической электризации могут оказаться иногда малоэффективными или неприемлемыми во взрывоопасных производствах. Поэтому может возникнуть необходимость создания условий, исключающих образование взрывоопасных концентраций, например, применение в резервуарах плавающих крыш, заполнение свободного пространства в аппаратах азотом или углекислотой, применение постоянно действующей вентиляции с высокой кратностью обмена воздуха, а также автоматическое включение аварийной вентиляции и т.п.

Иногда удовлетворительные результаты дает подбор контактных пар, изменение отдельных операций или замена горючих жидкостей на негорючие. Опасность статической электризации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей может быть значительно снижена или даже устранена, например, уменьшением скорости потока.

Следует исключить возможность загрязнения диэлектрических жидкостей коллоидными частицами. При сливе жидкости нельзя перемешивать, распылять или разбрызгивать; при наливке жидкости в резервуары, цистерны и тару сливная труба должна опускаться почти до дна приемного сосуда; свободно падающая струя вообще не допускается. Жидкости должны поступать в резервуар ниже уровня, имеющегося в нем остатка жидкости.

При операциях с сыпучими и мелкодисперсными материалами снижения опасности от статической электризации можно достичь следующими мерами: при их пневмотранспортировке рекомендуются трубы из

полиэтилена или трубы из того же материала (или близкого по составу транспортируемому веществу); относительная влажность воздуха на выходе из пневмотранспорта должна быть не менее 65 % (если это неприемлемо, рекомендуется ионизировать воздух или применять инертный газ). Следует избегать возникновения пылевоздушных горючих смесей, не допускать падения или сброса пыли, ее вслуживания или завихрения. Необходимо очищать оборудование и конструкции здания от осевшей пыли.

Замена горючих средств на негорючие. Хороший эффект по условиям пожаро- и взрывобезопасности не только от искр статического электричества, но и от всех других источников зажигания достигается путем замены органических растворителей и ЛВЖ на негорючие. Тем более, если замена горючих сред на негорючие не нарушает нормального хода технологического процесса и экономически целесообразна.

Из органических растворителей для промывки и обезжиривания деталей чаще всего применяют бензин и керосин, которые наряду с хорошей растворяющей способностью обладают большой пожароопасностью, низкими температурами вспышки и воспламенения, широким диапазоном пределов воспламенения, склонностью к электризации. Опасность усугубляется еще и тем, что при процессах обезжиривания и промывки в открытых аппаратах над поверхностью этих жидкостей образуется взрывоопасная смесь даже при нормальной температуре.

Разработан ряд составов, предназначенных для замены ЛВЖ и ГЖ на операциях: очистки деталей от паст, суспензий, веретенного масла, нагара, коррозии; расконсервации, мойки деталей и агрегатов машин; отмывания поверхностей от нефтепродуктов, очистки резервуаров под смену грузов и производства в них ремонтных работ с применением открытого огня и т.п.

Категории зданий по молниезащите. Тяжесть опасных последствий прямого удара молнии при ее термических, механических и электрических воздействиях, а также искрениях и перекрытиях, вызванных другими видами воздействий, зависит от конструктивно-планировочных особенностей зданий и сооружений и пожаро-взрывоопасности технологического процесса. Например, в производствах, постоянно связанных с наличием открытого пламени, при применении несгораемых материалов и конструкций протекание тока молнии не представляет большой опасности. Однако наличие внутри объекта взрывоопасной или пожароопасной среды создает угрозу пожара, разрушений, человеческих жертв, больших материальных убытков.

При таком разнообразии конструктивных и технологических условий предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или предусматривать чрезмерные излишества, или мириться с неизбежностью значительных убытков, вызванных последствиями поражения молнией. Поэтому принят дифференцированный подход к устройству молниезащиты различных объектов, в связи с чем - по устройству молниезащиты здания и сооружения разделены на три категории, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией (РД 34.21.122-87).

I категория – здания и сооружения или их части с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II по Правилам устройства электроустановок. В них хранятся или содержатся постоянно, либо появляются во время производственного процесса смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или иными окислителями, способные взорваться от электрической искры.

II категория – здания и сооружения или их части, в которых имеются взрывоопасные зоны классов В-Iа, В-Iб, В-IIа согласно ПУЭ. В них взрывоопасные смеси могут появляться лишь при аварии или неисправностях в технологическом процессе. К этой категории принадлежат также

наружные технологические установки и склады, содержащие взрывоопасные газы и пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, цистерны и резервуары, сливно-наливные эстакады), отнесенные по ПУЭ к взрывоопасным зонам класса В-Іг.

ІІІ категория – несколько вариантов зданий, в том числе: здания и сооружения с пожароопасными зонами классов П-І, П-ІІ и П-Іа согласно ПУЭ; наружные технологические установки, открытые склады горючих веществ, где применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С или твердые горючие вещества, отнесенные по ПУЭ к зоне класса П-ІІІ; и другие.

На всей территории России здания и сооружения І категории должны быть обязательно защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса в них высокого потенциала через наземные и подземные коммуникации, а молниеотводы должны предусматриваться с зонами защиты А.

Здания и сооружения ІІ категории должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее воздействий и заноса в них высоких потенциалов через наземные и подземные коммуникации только в местностях со средней продолжительностью гроз 10 часов и более. N - ожидаемое количество поражений молнией здания в год. Зона типа А принимается при $N > 1$, а зона типа Б – при $N \leq 1$. Наружные технологические установки класса В-Іг, относимые также ко ІІ категории, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории России, а молниеотводы предусматриваются с зонами типа Б.

Здания и сооружения ІІІ категории (с зонами классов П-І, П-ІІ, П-Іа) подлежат молниезащите в местностях со средней продолжительностью гроз 20 и более часов в год, а тип зоны защиты молниеотводов зависит от степени огнестойкости здания. Например, зона типа Б требуется для зданий и сооружений І и ІІ степени огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$, а для ІІІ,

IV и V степени огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$; при $N > 2$ необходима зона типа А. Для наружных установок класса П-III молниезащита предусматривается при средней продолжительности гроз 20 и более часов в год при зоне защиты типа Б, если $0,1 < N \leq 2$; при $N > 2$ – зона типа А.

Все здания и сооружения III категории должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации, а наружные установки должны быть защищены только от прямых ударов молнии. Таким образом, обязательность устройства молниезащиты зданий или сооружений I, II и III категории определяется средней продолжительностью гроз и ожидаемым количеством поражений молнией в год. При несовпадении одного из этих показателей с величинами по нормам (РД 34.21.122-87) устройство молниезащиты становится необязательным.

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала. К основным требованиям могут быть отнесены: соответствие молниезащиты категории здания, характеру производственного процесса в здании, сооружении, на всем объекте; возможность типизации конструктивных элементов молниезащиты; надежность действия всех ее элементов и «равнопрочность» их в этом отношении; большой срок службы, достигающий десятка и более лет; возможность применения недорогостоящих материалов и использования конструктивных элементов здания и сооружения; наглядность монтажа, предупредительные и воспрещающие знаки или ограждения, т.е. создание условий безопасности для персонала объекта или посторонних людей; сравнительно несложная эксплуатация и доступность ко всем элементам при контроле, восстановлении или ремонте.

Кроме того, при выполнении молниезащиты зданий и сооружений всех категорий для повышения безопасности людей следует размещать заземлители (кроме углубленных) в редко посещаемых местах (на газонах, кустарниках), в удалении на 5 и более метров от основных грунтовых, проезжих и пешеходных дорог, располагать под асфальтовыми покрытиями, устанавливать предупреждающие плакаты. Токоотводы следует прокладывать в малодоступных местах, чтобы люди не могли к ним прикоснуться.

Для снижения опасности шаговых напряжений рекомендуется применять углубленные и рассредоточенные заземлители в виде лучей. При ширине зданий и сооружений более 100 м необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциала внутри здания. При устройстве молниезащиты зданий и сооружений любой категории следует учитывать возможность экранирования их зонами защиты молниеотводов других близкорасположенных зданий и сооружений. При этом следует максимально использовать естественные молниеотводы (вытяжные трубы, водонапорные башни, дымовые трубы, линии электропередач и другие возвышающиеся сооружения).

Защита зданий и сооружений I категории по молниезащите. Защиту от прямых ударов молнии выполняют отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами. Тем самым резко снижаются перенапряжения между элементами здания и вероятность искрения. Молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А. При ударе молнии в молниеотвод высокий потенциал приобретает все его части. Возникающие при этом разности потенциалов могут оказаться достаточными для пробоя изоляции между токоотводом и частями здания или пробоя в земле между заземлителем молниеотвода и подземными металлическими коммуникациями, связанными со зданием.

В связи с этим одним из основных элементов расчёта молниезащиты здания I категории является определение минимально допустимых расстояний от молниеотвода до защищаемого здания.

Наименьшее допустимое расстояние по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного сопротивления грунта (РД 34.21.122-87. 2.3).

Наименьшее допустимое расстояние от защищаемого объекта до троса в середине пролета определяется в зависимости от конструкции заземлителя, эквивалентного удельного сопротивления грунта и суммарной длины молниеприемников и токоотводов (РД 34.21.122-87. 2.4).

Для исключения заноса высокого потенциала в защищаемое здание или сооружение по подземным металлическим коммуникациям любого назначения заземлители защиты от прямых ударов молнии должны быть удалены от этих коммуникаций на максимальные расстояния, допустимые по технологическим требованиям. Наименьшие допустимые расстояния в земле должны составлять: наименьшее допустимое расстояние по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) плюс 2 м.

Защита зданий I категории от электростатической индукции выполняется присоединением металлических корпусов всего оборудования и металлических конструкций здания к защитному заземлителю электроустановок, железобетонному фундаменту или специальному заземлителю.

Для защиты от *искрения, обусловленного электромагнитной индукцией*, все трубопроводы и другие протяженные металлические предметы здания и оборудования на участке их взаимного сближения на 10 см и меньше необходимо электрически соединять перемычками через каждые 20 м. Для кабелей с металлическими оболочками или броней перемычки должны выполняться из гибкого медного проводника. Необходимо также обеспе-

чить переходное сопротивление каждого электрического контакта не более 0,03 Ом во всех местах соединений трубопроводов (например, на фланцах) и других протяженных предметов. Если переходное сопротивление более 0,03 Ом, то на соединении устраивается перемычка.

Защита от опасности заноса высокого потенциала по линиям электропередачи напряжением до 1000 В сетей телефона, радио, сигнализации и др. обеспечивается тем, что ввод воздушных линий в здания должен осуществляться только кабелями длиной не менее 50 м с металлической броней или оболочкой или кабелями, проложенными в металлических трубах. На вводе в здание металлические трубы, броня и оболочки кабелей, в том числе с изоляционным покрытием металлической оболочки (например, ААШв, ААШп), должны быть присоединены к железобетонному фундаменту здания или к искусственному заземлителю.

В месте перехода воздушной линии в кабельную вставку металлические оболочки и броня кабеля, а также штыри или крючья изоляторов должны присоединяться к заземлителю. В этом же месте между каждой жилой кабеля и заземленными элементами должны быть устроены закрытые воздушные искровые промежутки с межэлектродным расстоянием 2-3 мм или установлен низковольтный разрядник, например РВН-0,5. У следующей ближайшей опоры воздушной линии - также заземлитель, и к нему должны быть присоединены штыри и крючья изоляторов.

Для защиты от заносов высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводы, кабели в наружных металлических оболочках и трубах) при вводе в здание или сооружение эти коммуникации присоединяют к арматуре их железобетонных фундаментов, к заземлителю электроустановок или специальному заземлителю.

Защита зданий и сооружений II категории по молниезащите. Защиту от прямых ударов молнии зданий и сооружений с металлической кровлей выполняют отдельно стоящими или установленными на зданиях неизоли-

рованными стержневыми либо тросовыми молниеотводами, обеспечивающими тип зоны в соответствии с нормами. От каждого стержневого молниеприемника или от каждой стойки тросового молниеотвода на здании прокладывают два токоотвода. При использовании сосредоточенных заземлителей они должны быть проложены по противоположным сторонам зданий.

При уклоне кровли не более $1/8$ может быть использована также молниеприемная сетка.

Молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм и уложена на кровлю сверху или под несгораемые или трудносгораемые утеплитель или гидроизоляцию. Шаг ячеек сетки должен быть не более 6×6 м. Узлы сетки соединяются сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) необходимо присоединять к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы – оборудовать дополнительными молниеприемниками, присоединяемыми к молниеприемной сетке.

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника необходимо использовать металлическую кровлю. При этом все выступающие неметаллические элементы необходимо оборудовать молниеприемниками, присоединяемые к металлу кровли.

Установка молниеприемников или наложение молниеприемной сетки не требуется для зданий и сооружений, имеющих металлические фермы, при условии, что в их кровлях используются несгораемые или трудносгораемые утеплители и гидроизоляция. Металлические фермы необходимо соединить токоотводами с заземлителями.

Токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку или металлическую кровлю с заземлителями, прокладываются не реже чем через 25 м по периметру здания. Токоотводы, прокладываемые по наружным стенам

зданий, следует располагать не ближе чем на 3 м от входа или в местах, недоступных для прикосновения к ним людей.

При использовании молниеприемной сетки и установке молниеприемников на защищаемом объекте всюду, где возможно, в качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений (колонны, фермы, рамы, металлические направляющие лифтов и т.п., а также арматуру железобетонных конструкций) при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкций и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых, как правило, сваркой.

В качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений. При невозможности такого варианта предусматриваются искусственные заземлители.

В зданиях большой площади (шириной более 100 м) наружный контур заземления может использоваться и для выравнивания потенциала внутри здания.

Во всех возможных случаях заземлитель защиты от прямых ударов молнии необходимо объединять с заземлителями электроустановок.

При установке отдельно стоящих молниеотводов расстояние от них по воздуху и в земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций не нормируется.

Защита зданий II категории от электростатической индукции обеспечивается присоединением металлических корпусов всего оборудования к защитному заземлению электроустановок или железобетонному фундаменту здания. *Защита от электромагнитной индукции* выполняется как и в зданиях I категории, но перемычки устанавливаются через 30 м в местах опасного сближения. Перемычки в местах соединений (на фланцах) трубопроводов и других протяжных конструкций не требуются.

Ввод воздушных линий любого назначения непосредственно в здание не допускается. Необходимо прокладывать кабельную вставку от воздушных линий, как и для I категории. Для защиты от заноса высоких потенциалов по подземным коммуникациям при вводе в здание или сооружение их необходимо присоединить к любому из заземлителей.

Защита зданий и сооружений III категории по молниезащите. Защита от прямых ударов молнии обычно выполняется одним из способов, рекомендуемых для II категории. Отличием является лишь то, что площадь ячейки молниеприемной сетки допускается с шагом не более 12×12 м.

В качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений. При невозможности их использования выполняют искусственные заземлители.

В зданиях большей площади (шириной более 100 м) наружный контур заземления может также использоваться для выравнивания потенциалов внутри здания.

Молниезащиту пожароопасных наружных установок класса II-III, содержащих горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С, рекомендуется выполнять следующим образом:

корпуса установок из железобетона, а также корпуса установок и резервуаров при толщине крыши менее 4 мм оборудуются отдельно стоящими или установленными на защищаемом сооружении молниеотводами;

металлические корпуса установок и резервуаров при толщине крыши 4 мм и более достаточно присоединить к заземлителю.

Ввод воздушных линий напряжением до 1 кВ в здания должен выполняться в соответствии с ПУЭ, а линии связи, сигнализации, радио - по указаниям соответствующих ведомств.

Расположенные в сельской местности небольшие строения с неметаллической кровлей подлежат защите от прямых ударов молнии одним из способов, указанных в РД 34.21.122-87. (2.4).

Контрольные вопросы

1. При каких условиях статическое электричество может вызвать воспламенение взрывоопасной смеси?
2. Основные способы устранения опасности от статического электричества?
3. Заземление?
4. Снижение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления?
5. Ионизация воздуха?
6. Повышение относительной влажности воздуха?
7. Химическая обработка поверхностей?
8. Применение нейтрализаторов?
9. Молниезащита I категории?
10. Молниезащита II категории?
11. Молниезащита III категории?
12. Молниезащита небольших строений?

Глава 5. Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок

Занятие 5/3. Надзорная деятельность за электроустановками. Техника безопасности при обследовании электроустановок на объекте

Учебные вопросы

1. Оценка противопожарного состояния отдельных видов электроустановок.
2. Разработка противопожарных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности электроустановок.
3. Техника безопасности при обследовании электроустановок на объекте.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 296-302.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
3. Правила по охране труда в подразделениях государственной противопожарной службы МЧС РФ (ПОТРО-01-2002). Утверждено Приказом МЧС России от 31.12.2002 № 630. VII Требования безопасности при проведении обследования объектов.

Увеличение количества эксплуатируемых электроустановок приводит к росту числа пожаров и загораний от них. Поэтому проблема противопожарной защиты электроустановок остается актуальной. Решение проблемы

невозможно без анализа и методов оценки пожарной опасности электроустановок.

Многие предприятия химической, газовой, нефтяной и других отраслей промышленности связаны с использованием в технологических процессах различных горючих веществ: жидких (бензин, дизельное топливо, масло, спирт), газообразных (аммиак, водород, ацетилен, пропан, метан), твердых (уголь, сера, фосфор). Часто технологический процесс производства протекает при высоких температурах и давлении. Все это создает повышенную опасность возникновения пожаров и взрывов.

Основополагающей задачей по обеспечению оптимальных вариантов пожарной безопасности при применении электроустановок, молниезащиты зданий и сооружений, а также средств и мер защиты взрыво- и пожароопасных производств от разрядов статического электричества является объективная оценка взрывоопасной и пожароопасной зоны и ее размеров.

От класса взрывоопасной или пожароопасной зоны зависят требования к электроустановкам, необходимость выполнения молниезащиты и ее категория, а также средства и меры защиты производств от искр статического электричества.

Надежность и безопасность эксплуатации электрооборудования может быть обеспечена, если оно будет соответствовать характеру окружающей среды по исполнению, а также условиям, характеризующим температуру, влажность, химическую агрессивность и запыленность среды. При этом количество взрывозащищенного электрооборудования, устанавливаемого во взрывоопасных зонах, должно быть по возможности минимальным, а электрооборудование с нормально искрящими частями рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон.

Выбору количества и места установки электрооборудования должен предшествовать анализ технической документации как самого электрооборудования, так и места его установки.

Надзор за соблюдением правил устройства и правил технической эксплуатации электроустановок осуществляется органами Главного управления государственного энергетического надзора Министерства топлива и энергетики Российской Федерации. Поэтому представитель Государственный противопожарной службы (ГПС), кроме материалов, подготовленных пожарно-технической комиссией, должен внимательно изучить документы и материалы ревизии и обследования электроустановок представителями безопасности – Госэнергонадзором и Госгортехнадзором. Если требования этих надзорных органов имеют отношение к пожарной безопасности электроустановок, их можно подтвердить предписанием госпожнадзора, т.е. включить отдельными пунктами.

Большое значение в обеспечении пожарной безопасности электроустановок имеет взаимодействие госпожнадзора с органами Государственного энергетического надзора. Указанные органы должны анализировать пожары, происшедшие по причине неисправности или неправильной эксплуатации электроустановок, и разрабатывать мероприятия по их предупреждению и тушению, принимать совместное участие в установлении причин пожара от электроустановок; совместно проводить мероприятия по повышению квалификации работников, связанных с монтажом и эксплуатацией электроустановок. Должен быть обмен информацией по нормативно-техническим вопросам устройства и эксплуатации электроустановок, а также сведениям о происшедших авариях и пожарах от электроустановок.

Главной целью пожарно-технического обследования является выявление конкретных нарушений требований пожарной безопасности, которые могут привести к пожару, определение наиболее вероятной причины его возникновения и своевременное ее устранение.

Обследование электрооборудования являясь частью пожарно-технического обследования объекта, в целом преследует следующие цели:

1. Определить техническое состояние электрохозяйства объекта в целом и отдельных его элементов.

2. Определить соответствие электрооборудования стандартам, ПУЭ и другим нормативным документам.

3. Выявить пожароопасные места в электрооборудовании.

4. На основе анализа пожарной опасности электроустановок предложить противопожарные мероприятия по приведению в безопасное состояние электрических сетей и электроустановок.

С целью качественного обследования электрооборудования в состав комиссии также должны входить:

- лицо, ответственное за электрохозяйство объекта;
- представитель Госэнергонадзора.

Пожарно-техническое обследование производится в 3 этапа:

1. Подготовка к обследованию.

2. Непосредственно обследование.

3. Составление документов по результатам проверки.

Подготовка к обследованию электрооборудования включает в себя следующие действия:

1. Изучение технологического процесса и его пожарной опасности, обращающихся веществ и материалов.

2. Изучение системы электроснабжения.

3. Ознакомление с проектной документацией.

4. Подбор нормативных документов.

5. Изучение имевших место пожаров на объекте.

6. Ознакомление с вопросами режимного характера (проведение электросварочных работ, эксплуатация электронагревательных приборов и т.п.).

7. Составление перечня вопросов, которые следует проверить.

При проведении пожарно-технического обследования необходимо соблюдать правила техники безопасности (охраны труда). Все необходимые операции с электрооборудованием (включение-отключение, открывание-закрывание РУ, производство электрических измерений и др.) производятся обслуживающим персоналом предприятия. Пожарно-техническое обследование производится исключительно внешним осмотром.

Непосредственно обследование электрооборудования производится в следующем порядке.

1. **Установление класса помещения или зоны по ПУЭ.** Для всех производственных и складских помещений должны быть определены категория по взрывопожарной и пожарной опасности и класс зоны по ПУЭ, которые надлежит обозначать на дверях помещений.

2. **Обследование электроустановок** – рекомендуется рассматривать от устройств поступления электроэнергии до потребителей:

- вводы в здание или помещение;
- распределительные устройства;
- электропроводки и кабельные линии;
- электрические машины и аппараты управления;
- электрические светильники;
- устройства молниезащиты и защиты от статического электричества;
- заземление электроустановок.

3. **Выборочная проверка сечения проводов и кабелей по нагреву.** Производится двумя способами:

- теоретически – тепловым расчетом соответствия марки провода (кабеля) мощности нагрузки;
- практически – проверкой соответствия марки провода (кабеля) рабочему току, измеренному токоизмерительными клещами.

4. **Разъяснительная работа** среди персонала по пожарной опасности электроустановок, правилам пожарной безопасности.

5. **Вопросы режимного характера:**

- наличие графиков планово-предупредительных ремонтов и профилактических осмотров электрооборудования и их выполнение;
- протоколы, акты испытаний электрооборудования;
- наличие инструкций по эксплуатации электрооборудования;
- организация электросварочных работ;
- порядок использования электронагревательных приборов.

Составление документов по результатам проверки.

Предлагаемые мероприятия должны быть технически выполнимыми, экономически целесообразными и сопровождаться ссылкой на соответствующий документ.

При составлении предписания необходимо учитывать:

- предлагаемые мероприятия следует излагать четко, кратко, с обоснованием требований норм проектирования, а их изложение должно исключать неоднозначное толкование при выполнении;
- необходимо указывать непосредственно требования по выполнению норм проектирования, а не способ их выполнения;
- мероприятия излагаются с использованием таких слов, как «должно быть», «необходимо», «следует»;
- противопожарные мероприятия, не предусмотренные нормами проектирования, излагаются с использованием слов «рекомендуется», «целесообразно».

Вводы в здание:

На вводе в здание должно быть установлено ВУ или ВРУ. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ. При наличии в здании нескольких обособленных в хозяйственном отношении потре-

лей у каждого из них рекомендуется устанавливать самостоятельное ВУ или ВРУ.

Вводы в здание рекомендуется выполнять через стены в изоляционных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе.

Расстояние от проводов воздушных линий электропередач в населенной и ненаселенной местности при наибольшей стреле провеса проводов до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы) – до 1 м.

Распределительные устройства (РУ)

Внешним осмотром проверяется:

1. Соответствие конструктивного исполнения РУ классу помещения или зоны, характеру окружающей среды.

2. Все металлические части РУ должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

3. Исправность РУ (исправность элементов РУ, наличие приспособлений для закрытия на замок и заперты ли дверцы, имеются ли уплотнители, использование гигроскопических материалов).

4. Надежность соединений (распределительные устройства должны быть выполнены так, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов).

5. Установка аппаратов защиты (аппараты рубящего типа должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно, под действием силы тяжести. Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением, ПУЭ п. 4.1.9).

6. Установка предохранителей (резьбовые (пробочные) предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам – к винтовой гильзе.

7. Наличие установленных обозначений:

- распределительные устройства должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей и панелей;

- взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть, как правило, одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в ПУЭ гл. 1.1;

- на приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения «включено» и «отключено»;

- каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующиеся для защищаемой им сети.

8. Правильность монтажа электропроводки РУ (соблюдение расстояний).

9. Отсутствие некалиброванных плавких вставок, поврежденных аппаратов защиты.

10. Однотипность аппаратов защиты на группах, наличие запаса плавких вставок для предохранителей.

Внутренние электропроводки и кабельные линии:

Внешним осмотром проверяется:

1. Соответствие конструкции проводов и кабелей и способов их прокладки классу помещения или классу зоны по ПУЭ;

2. Правильность выбора сечения проводников по нагреву;

3. Правильность выполнения и исправность мест соединения, ответвления и оконцевания проводов и кабелей, наличие изоляции;

4. Наличие протоколов измерения сопротивления изоляции электропроводок и кабельных линий;

5. Наличие защиты проводов и кабелей от механических повреждений;

6. Правильность присоединения проводов и кабелей к электрооборудованию, наличие вводных устройств (вводных коробок);

7. Правильность прохода проводов и кабелей через стены и перекрытия, отсутствие транзитных прокладок проводов и кабелей;

8. Выполнение нормативных требований при пересечении и параллельной прокладке проводов и кабелей между собой, а также с трубопроводами различного назначения;

9. Защита силовых и осветительных сетей от токов КЗ и перегрузок.

Электродвигатели и аппараты управления:

Внешним осмотром проверяется:

1. Соответствие исполнения электродвигателей и аппаратов управления классу помещения или классу зоны по ПУЭ.

2. Прочность крепления электродвигателей и аппаратов управления.

3. Исправность вводных коробок, корпусов, ограждений машин и аппаратов.

4. Наличие и исправность заземления (зануления).

5. Соблюдение нормативных расстояний между электродвигателями, от электродвигателей и аппаратов до сгораемых конструкций.

6. Отсутствие опасного искрения в двигателях и аппаратах.

7. Наличие инструкций по эксплуатации, ТБ и пожарной безопасности для механизмов, в которых установлены двигатели.

Электрические светильники:

Внешним осмотром проверяется:

1. Соответствие исполнения светильников классу помещения или классу зоны по ПУЭ.

2. Правильность подвески светильников, исправность ввода проводов, кабелей.

3. Степень нагрева светильников, соответствие установленной мощности лампы паспортным данным светильника.

4. Исправность и целостность светильников.

5. Наличие безопасного расстояния от светильников до сгораемых конструкций и материалов.

6. Наличие в необходимых случаях стеклянных колпаков и металлических сеток.

Молниезащита и защита от статического электричества:

Внешним осмотром проверяется:

1. Общее техническое состояние, исправность средств молниезащиты и защиты от статического электричества, заземлителя, отсутствие механических повреждений и опасной коррозии элементов устройств.

2. Наличие мероприятий по защите зданий и сооружений от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

3. Наличие протоколов проверки состояния устройств молниезащиты и защиты от статического электричества.

Правила по охране труда в подразделениях государственной противопожарной службы МЧС РФ (ПОТРО-01-2002). Утверждено Приказом МЧС России от 31.12.2002 № 630.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. — М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2010. - 406 с., ил.

2. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Пожарная безопасность электроустановок: Лабораторный практикум (учебное пособие). - Екатеринбург: ФГБОУ ВПО Уральский институт ГПС МЧС России, 2012. - 65 с. ил.

3. Сафронова И.Г. Основы пожарной безопасности применения электроустановок [Текст]: учебное пособие / И. Г. Сафронова, С. В. Субачев, Б. П. Смирнов. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2010. — 75 с.ил.

4. Сафронова И.Г. Основы пожарной безопасности применения электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Г. Сафронова, С. В. Субачев, Б. П. Смирнов. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2010. – 75 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7); Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: <http://10.46.0.45>).

5. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электрических сетей [Текст]: учебное пособие / И.Г. Сафронова, А.В. Вдовин, Б.П. Смирнов. — Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. — 196 с.

6. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электрических сетей [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Г. Сафронова, А. В. Вдовин, Б. П. Смирнов. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 196 с. — Режим доступа: [http: // 10.97.170.7](http://10.97.170.7); Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: <http://10.46.0.45>).

7. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества [Текст]: учебное пособие. / И.Г. Сафронова, А.В. Вдовин. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2016. — 84 с.ил.

8. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества [Электронный ресурс]: учебное пособие. / И.Г. Сафронова, А.В. Вдовин. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2016. — 84 с.ил. — Режим доступа: <http://10.97.170.7>; Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: <http://10.46.0.45>).

9. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности». — М., 1994. — 20 с.

10. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». — Новосибирск: Норматика, 2016. — 112 с.

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 г. №390 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации». — Екатеринбург: Калан, 2012. — 84 с.

12. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. — Новосибирск: Сиб. унив.изд-во, 2010. — 464 с.,ил.

13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6. — Екатеринбург: Урал. юрид. из-во, 2004. — 304 с.

14. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций: СО 153-34.21.122-2003. Утверждена Приказом Мин. России от 30 июня 2003 г. - Екатеринбург, 2007. - 56 с.

15. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: РД 34.21.122-87. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 1989. — 56 с.

16. Правила по охране труда в подразделениях государственной противопожарной службы МЧС РФ (ПОТРО-01-2002). Утверждено Приказом МЧС России от 31.12.2002 № 630.