МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

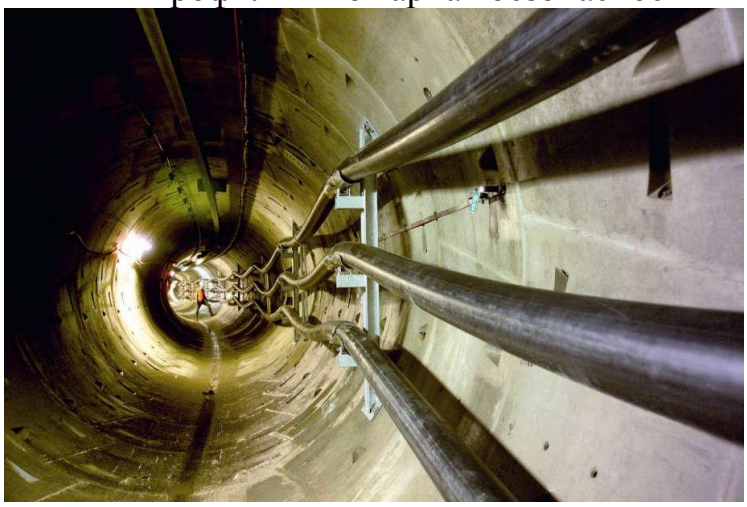
«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожарной безопасности в электроустановках

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Методические указания для
самостоятельной работы**

Направление подготовки
20.04.01 Техносферная безопасность
(уровень магистратуры)
Профиль - Пожарная безопасность



Екатеринбург
2019

Безопасность эксплуатации электроустановок: [Текст]: методические указания для самостоятельной работы. Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность / сост.: И.Г. Сафронова, С.В. Субачев. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2019.– 121 с.

Составители:

Сафронова И.Г., начальник кафедры пожарной безопасности в электроустановках Уральского института ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент.

Субачев С.В., доцент кафедры пожарной безопасности в электроустановках Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук, доцент.

предназначены для обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность и составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по указанному направлению подготовки, согласно рабочей программе дисциплины, кратко представлен учебный материал. Даны контрольные вопросы для закрепления изученного материала и подготовки к итоговой аттестации по дисциплине.

Рассмотрены, одобрены и рекомендованы к изданию на заседании методической секции кафедры пожарной безопасности в электроустановках Уральского института ГПС МЧС России, протокол №1 от 05.09.2019, заседании кафедры, протокол №1 от 12.09.2019.

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2019
© Кафедра пожарной безопасности в электроустановках, 2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 4
Занятие 1/4. Характеристика типовых причин пожаров 4
от электроустановок 4
Занятие 1/6. Электрооборудование и окружающая среда 7
РАЗДЕЛ 2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 19
Занятие 2/2. Электроснабжение потребителей электроэнергии 19
Занятие 2/4. Пожарная опасность электропроводок и кабельных 22
линий 22
Занятие 2/7. Аппараты защиты электрических сетей 29
Занятие 2/9. Защитные характеристики аппаратов защиты. 33
РАЗДЕЛ 3. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ, ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЪЕКТОВ 40
Занятие 3/2. Вводные и распределительные устройства (РУ) 40
Занятие 3/3. Силовые масляные трансформаторы 42
Занятие 3/4. Электродвигатели и аппараты управления 45
Занятие 3/5. Электротермические установки 53
Занятие 3/6. Электрическая сварка металлов 63
Занятие 3/7. Электрическое освещение 69
Занятие 3/9. Заземление (зануление) электроустановок 80
РАЗДЕЛ 4. МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА 92
Занятие 4/2. Статическое электричество 92
Занятие 4/4. Молниезащита зданий и сооружений 97
РАЗДЕЛ 5. НАДЗОР ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 110
Занятие 5/2. Надзорная деятельность за электроустановками 110
Занятие 5/3. Техника безопасности при обследовании 116
электроустановок на объекте 116
утверждено Приказом МЧС России от 31.12.2002 N 630. 117
VII. Требования безопасности при проведении 117
обследований объектов 117
Литература 119

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Занятие 1/4. 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 оконцевание жил проводов и кабелей при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (болтовых, винтовых и т.п.);

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

- применение пружинящих шайб или контргаек 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 оконцевания 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, сопровождающийся 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 (3000-4000ºС), 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 1/6. 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.
4. Степень защиты оболочки электрооборудования.
5. Зарубежное взрывозащищённое электрооборудование и порядок его применения.

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.
3. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Основы пожарной безопасности применения электроустановок: учебное пособие. - с. 35-41.
4. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 67-70.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: статьи 20-22., Приложение: таблицы 4,5.
6. Сафронова И.Г., Смирнов Б.П., Субачев С.В. Основы пожарной безопасности применения электроустановок: учебное пособие. - с. 65-69.
7. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 64-67.
8. Черкасов В.Н., Костарев Н.П. Пожарная безопасность электроустановок: учебник. - с. 77-81.

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 взаимное 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 требований 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 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).

Электрооборудование общего назначения – электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации (ПУЭ. 7.3.24).

На оболочку такого электрооборудования или на табличку с его паспортными данными могут наноситься условные обозначения степени

защиты оболочки по ГОСТ 14254-96.

Причем степень защиты оболочки должна быть указана не только для электрооборудования общего назначения, но и для взрывозащищенного электрооборудования (которое должно иметь и знаки взрывозащиты).

По степени защиты оболочки от проникновения твердых частиц и воды электрооборудование выбирается для того или иного класса помещения, для пожароопасных зон, для некоторых взрывоопасных зон.

Твердые частицы (например: технологическая пыль, горючая или негорючая) и влага (например: вода от дождя, различных водяных струй, от погружения электрического изделия в воду), попадая внутрь оболочки, например, корпуса электродвигателя, стеклянного колпака светильника или металлического кожуха магнитного пускателя, могут вызвать аварийный выход из строя электрооборудования (воздействуя на токоведущие и движущиеся части, на изоляцию, на другие конструктивные элементы), а также могут привести к пожару или взрыву (к воспламенению окружающей пожароопасной или взрывоопасной среды).

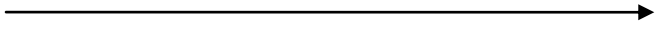
В соответствии с ГОСТ 14254-96. «Изделия электротехнические. Оболочки, степени защиты. Обозначения. Методы испытаний» для обозначения степени защиты электротехнических изделий приняты буквы IP, за которыми следуют две цифры.

Буквы обозначают международную систему International Protection (в рамках международной электротехнической комиссии – МЭК). Под оболочкой понимается, например, корпус электрооборудования (корпус электродвигателя, корпус вводной коробки электродвигателя, корпус светильника, корпус кнопки управления и т.п.), специально выполненный кожух, в который помещается, например, магнитный пускатель (контактор, реле и т.п.).

За буквами IP следуют две цифры, которые означают:

Первая цифра: степень защиты персонала от соприкосновения или приближения к находящимся под напряжением частям и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, а также степень защиты изделия от попадания внутрь твердых посторонних тел.

0 1 2 3 4 5 6



степень защиты оболочки повышается

Вторая цифра: степень защиты оболочки изделия от проникновения воды.

0 1 2 3 4 5 6 7 8



степень защиты оболочки повышается

Если изделие имеет части с различными степенями защиты, то на каждой части должны обозначаться их степени защиты.

Из приведенных ниже (Табл. 1) характеристик видно, что чем выше цифра, тем лучше защищена оболочка изделия от проникновения твердых тел и воды. Оболочка с указанной степенью защиты будет также удовлетворять

Таблица 1

Первая цифра (защита от попадания твердых посторонних тел)	Вторая цифра (защита от проникновения воды)
0 – защита отсутствует.	0 – защита отсутствует.
1 - защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например, руки, твердых тел размером более 50 мм.	1 – капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие.
2 - защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80мм и твердых тел размером более 12 мм.	2 – капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15º относительно нормального положения.
3 - защита от проникновения внутрь оболочки инструмента, проволоки диаметром или толщиной более 2,5 мм и от попадания твердых тел размером более 2,5 мм.	3 – дождь, падающий на оболочку под углом 60º от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие.
4 – защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм.	4 – вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие.
5 – проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникнуть в количестве, достаточном для нарушения работы изделия.	5 – струя воды, выбрасываемая в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие.

Первая цифра (защита от попадания твердых посторонних тел)	Вторая цифра (защита от проникновения воды)
6 – проникновение пыли предотвращено полностью.	6 – вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия.
	7 – вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду при определенных давлении и времени погружения в количестве, достаточном для повреждения изделия.
	8 – изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем.

всем требуемым более низким степеням защиты. Степени защиты оболочек отдельных видов электрооборудования (электрических машин, аппаратов, светильников) приведены в соответствующих ГОСТах.

ГОСТ 17494-87. Машины электрические вращающиеся. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин. Обозначения степени защиты оболочки аналогичны ГОСТ 14254-80.

ГОСТ 14255-69. Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Оболочки. Степени защиты. Стандарт распространяется на оболочки, в которые встраиваются электрические аппараты общепромышленного исполнения на напряжение до 1000В и устанавливает степени их защиты. Обозначения степени защиты аналогичны ГОСТ14254-80.

ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Стандарт распространяется на светильники для внутреннего освещения жилых, общественных помещений, производственных, в том числе сельскохозяйственных, зданий и на светильники наружного освещения. Классификация по степени защиты от воздействия окружающей среды по ГОСТ 14254-80.

ГОСТ 16703-79. Приборы и комплексы световые. Термины и определения. Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе.

Примеры обозначения степени защиты электрооборудования: IP 23, IP 65.

Допускаются дополнительные степени защиты от пыли

электрических светильников в соответствии с ГОСТ 17677-82, при этом буквы IP не указываются:

2’ – с характеристикой для степени защиты 2 по ГОСТ 14254-80, при этом попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками;

5’ и 6’ – с характеристиками для степеней защиты соответственно 5 и 6 по ГОСТ 14254-80, при этом колбы ламп не защищены от воздействия пыли.

Примеры:

2’3 – перекрытый пыленезащищенный (попадание пыли в светильник ограничивается неуплотненной светопропускающей оболочкой); токоведущие части защищены от попадания твердых тел размером более 12 мм; дождезащищенный.

5’3 – частично пылезащищенный (токоведущие части светильника защищены от попадания пыли в количествах, достаточных для повреждения или нарушения удовлетворительной работы светильника); колба лампы не защищена от воздействия пыли; дождезащищенный.

Степень защиты светильника от пыли (первая цифра)		Степень защиты светильника от воды (вторая цифра)							
		Водонезащищенный (защита отсутствует)	Каплезащищенный (защита от попадания капель, падающих сверху под углом к вертикали, равным или меньшим 15°)	Дождезащищенный (защита от попадания капель или струй, падающих сверху под углом к вертикали, равным или меньшим 60°)	Брызгозащищенный (защита от попадания капель или брызг)	Струезащищенный (защита от попадания воды при обливании струей)	Водонепроницаемый (защита от попадания воды при погружении в воду)	Герметический (защита от попадания воды при неограниченно долгом погружении в воду)
		0	2	3	4	5	7	8
		Вид защиты						
Открытый пылезащищенный (токоведущие части и колба лампы не защищены от попадания пыли)	2	*IP20*	*IP22*	*IP23*	-	-	-	-
Перекрытый пылезащищенный (попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками)	2/	2/0	2/2	2/3	-	-	-	-
Частично пылезащищенный (токоведущие части защищены от попадания пыли в количествах, достаточных для повреждения или нарушения удовлетворительной работы светильника)	5/	6/0	5/2	5/3	5/4	5/5	-	-
Полностью пылезащищенный (токоведущие части и колба лампы защищены от попадания пыли в количествах, достаточных для повреждения или нарушения удовлетворительной работы светильника)	5	*IP50*	*IP52*	*IP53*	*IP54*	*IP55*	-	-
Частично пыленепроницаемый (токоведущие части полностью защищены от попадания пыли)	6/	6/0	6/2	6/3	6/4	6/5	6/7	6/8
Полностью пыленепроницаемы (токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли)	6	*IP60*	*IP62*	*IP63*	*IP64*	*IP65*	*IP67*	*IP68*

Классификация электрооборудования по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности по Федеральному закону РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

приведены в статьях 20, 21, 22. Пожарозащищенное электрооборудование классифицируется по степени защиты от проникновения внутрь воды и внешних твердых предметов в соответствии с таблицами 4 и 5 приложения к настоящему Федеральному закону.

Проблема безопасности при использовании электрооборудования во взрывоопасных производствах приобретает особое значение в связи с эксплуатацией большого количества зарубежного электрооборудования, поставляемого в Россию как отдельно, так и комплектно с технологическим оборудованием.

Выбор и применение в России зарубежного взрывозащищенного электрооборудования регламентируется указаниями ПТЭ электроустановок потребителей.

Страны, производящие и поставляющие взрывозащищенное электрооборудование, имеют национальные стандарты (правила) на проектирование, испытание, маркировку, выбор и применение такого электрооборудования, а также стандарты на классификацию взрывоопасных установок (зон) и взрывоопасных смесей.

Кроме национальных стандартов существуют международные рекомендации и нормы, например:

рекомендации Международной электротехнической комиссии - МЭК (IEC), объединяющей практически все страны, изготавливающие или потребляющие взрывозащищенное электрооборудование;

европейские нормы (EN), являющиеся обязательными для включения в национальные стандарты стран-членов Европейского комитета по координации электротехнических норм (CENELEC).

Большинство зарубежных стандартов и правил существенно различаются между собой и отличаются от норм России.

Обилие норм, стандартов и рекомендаций затрудняет сопоставление электрооборудования по однозначности его взрывозащиты и усложняет проблему выбора монтажа и эксплуатации зарубежного взрывозащищенного электрооборудования, которое должно соответствовать требованиям российских норм и правил.

В Россию зарубежное взрывозащищенное электрооборудование поступает, как правило, в комплекте с технологическими взрывоопасными установками, но может закупаться и индивидуально (россыпью). В комплекте со взрывозащищенным электрооборудованием фирмы-изготовителя или фирмы-поставщика должна представляться и соответствующая документация.

По просьбе заказчика (министерства, акционерного общества или фирмы) на зарубежное взрывозащищенное электрооборудование оформляется свидетельство испытательной организации России (например, ВостНИИ - Восточного научно-исследовательского института

по безопасности работ в горной промышленности или испытательного центра взрывозащищенного электрооборудования РФЯЦ - ВНИИЭФ в г. Сарове). На электрооборудование, закупаемое индивидуально (россыпью), оформление свидетельства является обязательным.

Зарубежное взрывозащищенное электрооборудование, как и отечественное, в соответствии с национальными стандартами должно иметь маркировку (знак) взрывозащиты или данные о взрывозащищенности. Маркировка взрывозащиты указывается обычно на фирменной или специальной табличке. Маркировка может быть рельефно отлита заодно с основной деталью или частью оболочки электрооборудования (на корпусе, крышке и др.).

Во всех зарубежных стандартах для всех видов взрывозащиты, кроме искробезопасных электрических сетей, отсутствует деление на уровни взрывозащиты.

Несмотря на наличие рекомендаций МЭК и CENELEC, большое количество зарубежного электрооборудования изготовляется по национальным стандартам, которые еще не приведены в соответствие с международными стандартами.

Рекомендации по выбору зарубежного взрывозащищенного электрооборудования и оценки его соответствия требованиям ПУЭ включают этапы:

1. выбор уровня и вида взрывозащиты электрооборудования на соответствие классу взрывоопасной зоны;
2. выбор маркировки (знака) взрывозащиты на соответствие взрывоопасной смеси (по категории и группе).

В наружных установках электрооборудование должно быть пригодным для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий.

В приведённой ниже таблице 2 приводятся примеры сопоставления маркировок отечественного и зарубежного электрооборудования по взрывозащите и области его применения во взрывоопасных средах.

Допуск к применению зарубежного взрывозащищенного электрооборудования должен разрешаться головными отраслевыми технологическими институтами совместно с органами надзора России (например, Главгосэнергонадзор, Госгортехнадзор и др.).

Таблица 2

Вид взрыво-защиты	Взрыво-опасная смесь	Маркировка по взрывозащите в странах					
		Россия	Чехия	ФРГ	Япония	Англия	Франция, CENELEC
d	Метан	1 ExdIIAT1	$\frac{\text{Ex3}}{\text{P\|A}}$	ExdIIAT1	d1G1	ExdIIAT1	ExdIIAT1
	Сероуглерод	1ExdIICT6	Ex3	ExdIICT6	d3вG5	ExdIICT6	ExdIICT6

			H|F				
e	Серный эфир	2ExeIICT4	Ex0 H|D	ExeIICT4	eG4	ExeIICT4	ExeIICT4
o	Дивинил	1ExoIIBT2	Ex5 S|B	ExoIIBT2	oG2	ExoIIBT2	ExoIIBT2
p	Трихлор-силан	1ExpIICT3	Ex6 H|C	ExpIICT3	fG3	ExpIICT3	ExpIICT3
s	Окись этилена	1ExsIIBT2	Ex8 S|B	ExsIIBT2	sG2	ExsIIBT2	ExsIIBT2
i	Водород	1ExibIICT1	Ex9 H|A	ExiIICT1	iG1	ExiIICT1	ExiIICT1

Допустимый уровень взрывозащиты (или степень защиты оболочки) приводится в ПУЭ, табл. 7.3.10-7.3.12.

В основе выбора зарубежного взрывозащищенного электрооборудования лежат те же факторы, т.е. анализ взрывоопасных условий будущей эксплуатации и особенностей его взрывозащиты. Задача несколько усложняется, если зарубежное взрывозащищенное электрооборудование поставляется комплектно, так как обязательно требуется проводить сравнение классификации взрывоопасных условий по зарубежному стандарту с классификацией взрывоопасных зон по ПУЭ.

Вторым важным фактором выбора является установление соответствия вида взрывозащиты электрооборудования категории и группе взрывоопасной смеси. Это соответствие должно устанавливаться по маркировке, а также по указаниям сертификата (или свидетельства).

Любое зарубежное взрывозащищенное электрооборудование должно обязательно пройти государственные контрольные испытания на национальной испытательной станции или на испытательной станции страны, в которую оно будет поставляться. По результатам испытаний испытательная станция выдает сертификат (или свидетельство) о проведенных испытаниях, в котором указываются особенности рассмотренного 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:
3. Порядок выбора электрооборудования для того или иного класса помещений.
4. Электрооборудование общего назначения (определение).
5. Степень защиты оболочки электрооборудования.

6. Необходимость указания степени защиты оболочки электрооборудования.
7. Обозначение степени защиты оболочки электрооборудования по соответствующим ГОСТ'ам.
8. Особенности обозначения степени защиты оболочки электрических светильников.
9. Пожарозащищённое электрооборудование и его классификация по степени защиты оболочки от проникновения воды и внешних твёрдых предметов.
10. В чём заключается проблема безопасного применения в России зарубежного взрывозащищённого электрооборудования.
11. Критерии, по которым производится классификация взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей в зарубежных стандартах и правилах.
12. Маркировка взрывозащищённого электрооборудования в некоторых зарубежных странах. Примеры маркировок и их расшифровка.
13. Основные факторы, способствующие правильному выбору зарубежного взрывозащищённого электрооборудования для взрывоопасных производств в России.

РАЗДЕЛ 2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Занятие 2/2. Электроснабжение потребителей электроэнергии

Учебные вопросы

1. Характеристика радиальных и магистральных схем питания потребителей электроэнергии.
2. Категории электроприёмников и обеспечение надёжности электроснабжения.
3. 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. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 222-227.
3. Правила устройства электроустановок. 1.2.1-1.2.21.

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. 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.

В I категорию включена также особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства в целях предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

К электроприемникам II категории относятся такие, перерыв питания которых приводит к резкому снижению выпуска продукции, длительным простоям механизмов, транспорта. Категория охватывает многочисленную группу электроприемников, которые допускают перерыв в электроснабжении в течение времени, необходимого дежурному персоналу для обеспечения включения резервного питания. 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.

К электроприемникам III категории относятся все остальные потребители.

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.

Основным элементом схемы электроснабжения являются электрические сети, которые по конфигурации разделяются на разомкнутые и замкнутые. Разомкнутые электрические сети делятся на радиальные и магистральные. Замкнутые электрические сети – на двусторонние, кольцевые, двойные магистральные, сложнозамкнутые.

Магистральной сетью называется схема питания нескольких главных или цеховых подстанций от одной магистрали с общим отключающим аппаратом со стороны питания. Магистральные сети осуществляют дробление подстанций наиболее экономичным образом, особенно при применении в качестве магистралей линий электропередачи или токопроводов.

Магистральные сети в замкнутых электрических сетях в зависимости от особенностей электроснабжения потребителей могут выполняться в виде одиночных и двойных магистралей с односторонним или двусторонним питанием. Разновидностью схем с двусторонним питанием являются магистральные кольцевые и сложнозамкнутые схемы.

Радиальные сети могут применяться в случаях, когда магистральные сети не дают экономического эффекта или не удовлетворяют заданным требованиям, например, при питании:

крупных сосредоточенных нагрузок, в частности, если питание производится кабельными линиями или линиями, пропускная способность которых недостаточна для одновременного питания нескольких подстанций;

средних и крупных обособленных нагрузок;

ударных и резко колеблющихся нагрузок (электропечных подстанций, прокатных станов и т.п.).

Радиальные сети обладают большей гибкостью и удобством в эксплуатации, поскольку место повреждения может быть обнаружено быстрее и проще.

Радиальные сети бывают одноступенчатые, когда территория предприятия невелика и распределяемая мощность также мала, двухступенчатые, когда применяются промежуточные распределительные пункты, питающие радиальные сети другой ступени. В таком случае освобождаются более крупные подстанции, например главные понизительные подстанции (ГПП), от большего числа присоединений.

Электроснабжение промышленных предприятий, включая пожаро- и взрывоопасные, характеризуется следующими особенностями:

сосредоточением больших нагрузок на сравнительно небольшой территории;

постоянным и неизбежным увеличением нагрузок и расширением применения электроэнергии в технологических процессах;

возможностью аварии и перебоев в электроснабжении, отрицательно влияющих на ритмичность работы предприятия и непрерывность технологического процесса;

влиянием производственной среды (повышенной влажности и температуры, вредных агрессивных сред и т.п.) на элементы электрооборудования и др.

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 землёй, 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. Радиальные схемы питания.

2. Магистральные схемы питания.
3. Категории электроприёмников по надёжности электроснабжения.
3.1. Первая категория.
3.2. Вторая категория.
3.3. Третья категория.
4. Классификация помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током.

Занятие 2/4. Пожарная опасность электропроводок и кабельных линий

Учебные вопросы

1. Пожарная опасность электропроводок и кабельных линий.
2. Сопротивление изоляции проводов и кабелей электропроводок и кабельных линий, порядок его измерения.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 7-8.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 85-86.
3. Правила устройства электроустановок. Глава 1.8. Нормы приёмо-сдаточных испытаний.
4. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390). – п. 41.

Причины загораний проводов и кабелей

1. Перегрев от короткого замыкания между жилами провода и жилами кабеля, их жилами и землей в результате:

пробоя изоляции повышенным напряжением, в том числе от грозовых перенапряжений;

пробоя изоляции в месте образования микротрещин как заводского дефекта;

пробоя изоляции в месте механического повреждения при эксплуатации;

пробоя изоляции от старения;

пробоя изоляции в месте локального внешнего или внутреннего перегрева;

пробоя изоляции в месте локального повышения влажности или агрессивности среды;

случайного соединения токопроводящих жил кабелей и проводов между собой или соединения токопроводящих жил на землю;

умышленного соединения токопроводящих жил кабеля и проводников между собой или соединения их на землю.

2. Перегрев от токовой перегрузки в результате:

подключения потребителя завышенной мощности;

появления значительных токов утечки между токоведущими проводами, токоведущими проводами и землей (корпусом), в том числе на распределительных устройствах за счет снижения величины электроизоляции;

увеличения окружающей температуры на участке или в одном месте, ухудшения теплоотвода, вентиляции.

3. Перегрев мест переходных соединений в результате:

ослабления контактного давления в месте существующего соединения двух или более токопроводящих жил, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления;

окисления в месте существующего соединения двух и более проводников, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления.

Анализ этих причин показывает, что, например, короткое замыкание в электропроводниках не является первопричиной загораний, тем более пожаров. Оно является следствием не менее восьми первичных физических явлений, приводящих к мгновенному снижению сопротивления изоляции между токопроводящими жилами разных потенциалов. Именно эти явления следует считать первичными причинами пожара, исследование которых представляет научный и практический интерес.

Пожарная опасность открытых электрических проводок. С точки зрения пожарной опасности наибольшего внимания заслуживают открытые электропроводки, так как при их загорании, а также при возникновении в них аварийных режимов возможны распространение горения вдоль электрических проводов и появление новых очагов горения, вызванных выбросами искр и частиц расплавленного металла.

В общем случае пожарная опасность электрических проводок обусловливается возможностью образования при их эксплуатации таких источников зажигания, как электрические искры, дуги, раскалённые частицы металлов, нагретые контактные соединения, нагретые токоведущие жилы. Открытый огонь воспламенившейся изоляции, и способностью электрических проводок распространять горение.

Пожарная опасность нагрева токоведущих жил заключается в опасности загорания изоляции, а также горючих конструкций, находящихся в непосредственном контакте с электрической проводкой. Нагрев токоведущих жил может быть локальным, местным и общим. Локальный нагрев – это такой нагрев, когда размером зоны его распространения можно пренебречь, местный – это нагрев, охватывающий часть длины проводника, а общий – когда проводник нагревается по всей его длине.

Локальный нагрев токоведущих жил возникает при коротком замыкании в точке касания их между собой, если при этом образуется контакт с большим переходным сопротивлением. Если плотность тока в точке контакта значительна, то выделяется большое количество теплоты, что ведёт к быстрому нагреву контактной зоны.

Нагрев может вызвать оплавление проводов в зоне контакта, а также их пережог. Продолжительность тепловыделения в зоне замыкания определяется временем срабатывания и током уставки аппарата защиты, а при отсутствии электрической защиты – временем, необходимым для пережога жил.

Если ток КЗ меньше тока уставки аппарата защиты, то возможно только оплавление токоведущих жил в точке замыкания. Если же ток КЗ больше тока уставки аппарата защиты, а время срабатывания аппарата защиты больше времени, необходимого для пережога токоведущих жил, то пережог жил неизбежен.

Процесс нагрева токоведущих жил в зоне КЗ (в зоне контакта) происходит одновременно с процессом теплоотдачи в окружающее пространство и близлежащим к контактной точке участкам токоведущих жил проводов.

В действительности локальный нагрев токоведущих жил электрических проводов при их замыкании между собой происходит чрезвычайно быстро и может быть представлен как локальный тепловой удар. Темп выделения теплоты в контактной точке очень высок (порядка нескольких тысяч градусов в секунду). Потери её в окружающую среду незначительны. Это способствует аккумуляции тепла в контактной точке, поэтому можно считать, что в зоне контакта в течение определённого весьма малого промежутка времени существует очень высокая температура, близкая к температуре кипения металла проводника (свыше 2000°С для меди и1800°С для алюминия).

Учитывая, что температура нагрева токоведущих жил в зоне контакта очень высокая, следует ожидать воспламенения изоляции, находящейся вблизи зоны нагрева. Её воспламенению способствует также тепловой эффект электрической дуги, которая, как правило, неизбежно возникает при КЗ. Возможность воспламенения изоляции в зоне КЗ определяется длительностью аварийного режима и временем,

необходимым для подготовки изоляции к воспламенению (временем индукции).

Если длительность аварийного режима превышает время индукции, то воспламенение практически неизбежно, а если длительность КЗ не более времени индукции, то воспламенение носит вероятностный характер.

Местный нагрев электрических проводов возможен при соединении проводов скруткой без опрессовки. В этом случае процессы нагрева, обусловливаемые местным увеличением переходного сопротивления, проходят медленно. Если температура нагрева проводов в месте скрутки превысит температуру самовоспламенения изоляции, то она воспламенится.

Общий нагрев токоведущих жил проводов происходит при прохождении по ним сквозных токов КЗ или токов перегрузки. Выделяющееся при этом тепло в токоведущих жилах ведёт к нагреву изоляции, и при достижении температуры самовоспламенения она воспламенится.

Пожарная опасность электрических проводок в стальных трубах. Одним из традиционных способов предотвращения пожаров от аварийных режимов в электрических проводках является прокладка их в металлических трубах (в газовых трубах) и металлорукавах. При этом считается, что эффект предотвращения пожара достигается изоляцией источников зажигания, образующихся при аварийных режимах, от горючих материалов с помощью металлической стенки.

Однако на практике при исследовании причин пожаров на месте их возникновения иногда обнаруживают остатки металлических труб, в которых были проложены электрические проводки, со следами прожогов, свидетельствующих о воздействии токов аварийного режима.

Определённый интерес представляет механизм образования прожогов в металлических трубах, в которых проложены электрические провода. Образование их связано с возникновением устойчивой электрической дуги между фазным проводом и металлорукавом. Электрическая защита не всегда своевременно срабатывает и отключает повреждённый участок цепи. Длительное действие электрической дуги приводит к расплавлению стенок металлических труб или металлорукавов. Образуются капли расплавленного металла, зажигающая способность которых очень высока. Причинами возникновения аварийных режимов в металлических трубах и металлорукавах могут быть повреждения изоляции проводов при их протяжке в трубы или металлорукава.

Пожарная опасность электрических кабелей. Чаще всего развитие электрических сетей идёт по пути прокладки кабелей в виде пучков или кабельных потоков, сосредоточиваемых в кабельных сооружениях. Однако

сосредоточение кабелей снижает надёжность систем управления и электроснабжения в случае пожара и повышает пожарную опасность.

Пожары в кабельных сооружениях сопровождаются большими материальными потерями в виде стоимости сгоревших кабелей и проводов и косвенных убытков из-за остановки производства, вследствие перерыва электроснабжения и из-за недовыработки электрической энергии.

Пожарная опасность кабелей обусловливается их горючестью и способностью распространять горение, а в случае кабельных потоков или пучков проводов – их пожарной нагрузкой. Горючесть кабеля – это способность его воспламеняться и гореть при воздействии внешнего источника зажигания, а распространение горения – это способность кабеля самостоятельно гореть после прекращения действия внешнего источника зажигания. Пожарная нагрузка показывает, какое количество горючих материалов сосредоточивается в единице длины пучка проводов или кабельного потока, а в случае кабельного туннеля – на единицу площади туннеля.

Горючесть кабелей зависит от пожароопасных свойств материалов, используемых в них, и от конструкции кабелей.

Зажигание наружных покровов кабелей возможно как от внешних источников зажигания, так и от теплового проявления электрического тока при аварийных режимах. Тепловой импульс при КЗ определяется значением тока и продолжительностью его протекания.

Тепловой эффект локальных КЗ включает в себя теплоту, выделяемую в месте КЗ в соответствии с законом Джоуля-Ленца, и теплоту, выделяемую возникающей электрической дугой. Поскольку температура дуги составляет несколько тысяч градусов, то даже при её кратковременном действии вероятность воспламенения большинства материалов, используемых в изоляции и наружных покровах, весьма велика.

Но продолжение горения кабеля после прекращения локального КЗ зависит от горючести кабеля (изоляции и наружных покровов), а также от окружающих условий. Так, одиночный кабель с оболочкой из поливинилхлорида при нормальных условиях не поддерживает и не распространяет горения. Однако сосредоточение таких кабелей или повышение их температуры нагрева, например, при перегрузке, может явиться причиной возникновения самоподдерживающего горения после зажигания их от внешнего источника тепла или теплового проявления электрического тока при аварийных режимах.

Сопротивление изоляции проводов и кабелей силовых и осветительных сетей. Изоляция проводов и кабелей электрических сетей со временем «стареет», т.е. ухудшаются её свойства, в частности, электрическое сопротивление, которое уменьшается. Уменьшение сопротивления изоляции приводит к тому, что при работе проводов или

кабелей через изоляцию начинают протекать большие токи утечки, которые в большей мере разогревают изоляцию, способствуя потере изоляции своих изоляционных свойств. При определенных условиях может произойти пробой изоляции со всеми вытекающими отсюда пожароопасными последствиями (например, короткими замыканиями).

Правила противопожарного режима в Российской Федерации (Утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г №390). 42. Запрещается:

а) эксплуатировать электропровода и кабели с видимыми нарушениями изоляции;

Для обеспечения пожаробезопасного состояния электрических сетей необходимо, наряду с другими профилактическими мероприятиями, проводить в определенные сроки измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей.

Правилами устройства электроустановок и *Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей* предусмотрено следующее. Измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей электропроводок напряжением до 1 кВ (в том числе и осветительных сетей) производится непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию и в процессе эксплуатации. Измерения производятся электроизмерительным прибором (мегаомметром на напряжение 1000 В) от распределительных пунктов до электроприёмников. Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции 0,5 МОм. Сопротивление изоляции измеряется при снятом напряжении с электрической сети (при снятых плавких вставках или отключенных автоматах), на участках между смежными предохранителями или за последними предохранителями, между каждым проводом (фазной жилой) и землей (нулевой заземленной жилой), а также между каждыми двумя проводами (фазными жилами). Так, на четырехпроводном участке трехфазной сети (три фазы и нулевой провод) необходимо произвести шесть измерений: А – В, В – С, С – А, А – 0, В – 0, С – 0.

Измерение сопротивления изоляции в силовых кабельных линиях напряжением до 1кВ производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции кабелей должно быть не менее 0,5 МОм. Измерения оформляются соответствующими актами (протоколами).

В процессе эксплуатации электропроводок и кабельных линий силовых и осветительных сетей измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей производится по графику, утвержденному лицом, ответственным за электрохозяйство на объекте, но не реже 1 раза в 3 года. В особо опасных помещениях и наружных установках 1 раз в год.

При измерениях в силовых цепях должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности

микроэлектронных и полупроводниковых приборов. В осветительных сетях должны быть вывинчены лампы, штепсельные розетки и выключатели присоединены.

Измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей производится электриками специализированных организаций, а при наличии на объекте хорошо организованной службы по своевременному и качественному выполнению технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний электроустановок - электриками объектов.

Наиболее распространенным мегаомметром является переносной прибор типа М1101 на напряжение 1000 В и с верхним пределом измерения 1000 МОм. Это двухпредельный прибор, заключенный в брызгонепроницаемый корпус и состоящий из генератора постоянного тока (приводится в действие вращением боковой рукоятки), логометра, постоянных добавочных сопротивлений.

До проведения измерений изоляции в электрических сетях, мегаомметр проверяют на правильность работы: при разомкнутых измерительных шнурах прибор должен показывать бесконечное сопротивление, а при замкнутых – сопротивление, равное нулю.

Для измерения сопротивления изоляции между фазной жилой и нулевой жилой один зажим мегаомметра, помеченный буквой Л, присоединяют к фазному проводу, а второй зажим, помеченный буквой З, соединяют с нулевой жилой (землей). При измерении сопротивления изоляции между двумя фазными проводами к ним присоединяют оба зажима прибора. При вращении рукоятки мегаомметр показывает величину сопротивления изоляции. На приборе имеется переключатель «кОм – МОм» для более точного измерения относительно небольших сопротивлений (кОм) и достаточно больших сопротивлений (МОм).

Контрольные вопросы

1. Основные причины загораний проводов и кабелей.
2. Пожарная опасность открытых электрических проводок.
3. Пожарная опасность электропроводок в стальных трубах.
4. Пожарная опасность электрических кабелей.
5. Понятие о сопротивлении изоляции проводов и кабелей силовых и осветительных сетей.
6. Наименьшее допустимое сопротивление изоляции проводов и кабелей.
7. Нормативные требования к срокам измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей электрических сетей различных объектов.

Занятие 2/7. Аппараты защиты электрических сетей

Учебные вопросы

1. Устройство, принцип действия, номинальные параметры и защитные характеристики тепловых реле, устройств защитного отключения.
2. Пожарная опасность аппаратов защиты электрических сетей.
3. Требования к аппаратам защиты электрических сетей.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 117-123, 130-138.

Тепловые реле обычно применяются для защиты электродвигателей с длительным режимом работы (рабочий период составляет не менее 30 мин) от опасного нагрева при длительных перегрузках.

Тепловое реле состоит из четырех основных элементов: нагревателя, включаемого последовательно в защищаемую от перегрузки сеть; биметаллической пластинки из двух спрессованных металлических пластин с различными коэффициентами линейного расширения; системы рычагов и пружин; контактов. Когда через нагревательный элемент проходит ток, превышающий номинальный ток электродвигателя, выделяется такое количество тепла, что незакрепленный конец биметаллической пластинки изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения (т.е. опускается) и выводит защелку из зацепления. В этот момент под действием пружины верхний конец рычага поднимается, размыкает контакты, разрывает цепь управления магнитного пускателя. Кнопка служит для ручного возврата рычага в исходное положение после срабатывания реле. Для регулирования тока уставки служит специальное устройство.

В тепловых реле, встраиваемых в магнитные пускатели, нагревание биметаллического элемента происходит от тока в самом биметаллическом элементе (расцепитель с непосредственным нагревом) или в специальном нагревательном элементе (расцепитель с косвенным нагревом), или комбинированно, т.е. в том и другом элементе (расцепитель со смешанным нагревом).

Тепловые реле используют обычно и для защиты электродвигателя от работы на двух фазах. В этих случаях применяют два одноэлементных тепловых реле или одно двухэлементное.

Выбор аппаратов защиты. Плавкие предохранители и автоматы имеют различные достоинства и недостатки, которые следует учитывать при защите электроустановок от токов перегрузок и токов КЗ, особенно электроустановок пожаровзрывоопасных производств. Поскольку

предохранитель является однофазным аппаратом, при перегрузках может перегореть плавкая вставка только в одной из фаз трехфазной сети. Трехфазный электродвигатель будет работать на оставшихся двух фазах. Обмотки электродвигателя быстро нагреваются (в течение нескольких минут) и при отсутствии защиты от перегрузки тепловыми реле могут быть повреждены.

Время, необходимое для замены плавких вставок и восстановления питания отключенной установки, достаточно велико. Из-за этого происходят большие простои оборудования, чем при использовании автоматов.

Конструкция некоторых типов предохранителей позволяет применять нестандартные (некалиброванные) плавкие вставки, «жучки» и т.п. При таких кустарных вставках весьма вероятны местные перегревы, порча и даже разрыв патронов (например, предохранителей типа ПР). Они перестают быть надежными аппаратами защиты и могут привести к авариям, пожарам и взрывам. Однако по сравнению с автоматами предохранители имеют и некоторые преимущества. Они дешевы, конструктивно просты и срабатывают при сверхтоках безотказно. Предохранители лучше ограничивают большие токи КЗ и обладают большей разрывной способностью, чем установочные автоматы.

Автоматы рекомендуется применять в тех установках, в которых необходимо быстрое восстановление питания. Автоматы имеют более устойчивые и постоянные защитные характеристики, обеспечивают надежное отключение и селективную защиту от сверхтоков, позволяют сравнительно точно установить определенный ток срабатывания. Они удобны в эксплуатации, надежны и безопасны.

Требования к аппаратам защиты. Аппараты защиты должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Не нагреваться сверх допустимой для них температуры в условиях нормальной эксплуатации.

2. Не отключать электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, «пики» токов технологических нагрузок, токи при самозапуске и т.п.).

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматов, служащих для защиты отдельных участков сети, следует выбирать по возможности минимальными по расчетным токам этих участков или нормальным токам электроприемников. Соблюдение этих условий обязательно во всех случаях. Длительный перегрев аппаратов защиты резко ухудшает их защитные свойства, например, возможность срабатывания при нагрузках, свойственных нормальной эксплуатации электроустановок, отклонение защитных характеристик от стандартных, свойственных нормальному температурному режиму работы, и т.д.

При ненормальном температурном режиме аппараты защиты могут срабатывать неселективно. Не оправданные условиями эксплуатации отключения электроустановок приводят к расстройству режима технологического процесса, а иногда могут явиться причиной аварии, пожара и взрыва.

3. Аппараты защиты должны отключать сеть при длительных перегрузках с обратно зависимой от тока выдержкой времени.

4. Во всех случаях аппараты защиты должны обеспечивать отключение аварийного участка при КЗ в конце защищаемой линии: при однофазных КЗ - в сетях с глухозаземленной нейтралью, при двухфазных КЗ - в сетях с изолированной нейтралью.

5. Отключающая способность $I_{пр}$ аппарата защиты должна соответствовать токам КЗ в начале защищаемого участка сети.

Селективность действия аппаратов защиты. Аппараты защиты должны отключать сеть и установки при появлении опасных для них токов КЗ и перегрузки в минимальное время, но по возможности селективно. Под селективным действием аппаратов защиты следует понимать такую их работу, когда на появление сверхтоков (токов КЗ, перегрузки и т.п.) реагирует только ближайший к месту повреждения защитный аппарат и не отключается последующий аппарат.

Выбор аппаратов защиты с учетом селективности их действия имеет особо важное значение для сетей электроснабжения производств со взрывоопасной технологией. Если отключится не ближайший, а вышестоящий к месту повреждения в схеме электроснабжения аппарат защиты, это приведет к отключению не одного потребителя, а группы потребителей. Следовательно, масштабы и последствия аварийного останова технологических аппаратов могут обусловить возникновение пожара или взрыва.

Выбор мест установки аппаратов защиты. По условиям пожарной безопасности аппараты защиты устанавливают на панелях сборок, щитов, шкафов и блоков управления так, чтобы возникающие в них искры и электрическая дуга не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы. В помещениях сырых и с химически активной средой аппараты защиты следует располагать в уплотненных шкафах или выносить их из этих помещений: повышенное содержание влаги и химически активных веществ в воздухе вызывает окисление и постепенное разрушение аппаратов защиты.

Установка шкафов с аппаратами защиты во взрывоопасных зонах всех классов запрещается.

Аппараты защиты следует устанавливать во всех местах сети, где сечение жилы проводника уменьшается, или в местах, где это необходимо для соблюдения селективности.

Устройство защитного отключения (УЗО) предназначено для обеспечения электробезопасности и пожарной безопасности в бытовых и промышленных электроустановках. Из всех известных средств защиты от электрического тока УЗО является единственным устройством, обеспечивающим защиту человека от поражения током, даже в случае прямого прикосновения к токоведущим частям. УЗО предотвращает возгорания и пожары, возникающие вследствие длительного протекания токов утечки и развивающихся из них токов короткого замыкания. УЗО производит отключение потребителей электрической энергии при возникновении в них токов утечки, величина которых значительно меньше токов короткого замыкания. Поэтому УЗО предупреждают нагрев проводников, обеспечивая также пожарную безопасность.

Конструкция УЗО обеспечивает быстрое отключение защищаемой электроустановки от сети при протекании тока через тело человека. Если ток утечки на землю возникает в результате разрушения изоляции, то УЗО можно рассматривать как устройство пожарной безопасности.

*Принцип действия УЗО***.** Устройство защитного отключения представляет быстродействующий выключатель, автоматически отключающий контролируемую электроустановку от сети при возникновении в ней тока утечки на землю.

Ток утечки может быть вызван прямым прикосновением человека к токоведущим частям в результате повреждения или разрушения изоляции. Срабатывание УЗО происходит за счет использования энергии тока утечки. Конкретная модификация УЗО выбирается на основе расчета нормальных и аварийных режимов работы электроустановки.

При высокой эффективности УЗО они не заменяют плавких предохранителей и автоматических выключателей.

Требования пожарной безопасности. Конструкция УЗО должна обеспечивать его пожарную безопасность как в нормальном режиме работы, так и при возникновении возможных неисправностей и нарушений правил эксплуатации.

Конструкция УЗО должна исключать появление в процессе эксплуатации и испытаний на пожарную опасность пламени, дыма, размягчения и оплавления конструкционных материалов.

Качество УЗО должно быть гарантировано также сертификатом пожарной безопасности.

Не допускается применение УЗО для электроустановок, внезапное отключение которых может привести по технологическим причинам к возникновению ситуаций, опасных для пользователей (например, к отключению пожарной, охранной сигнализации и т.п.).

В настоящее время выпускаются УЗО двухполюсные (для однофазных электроустановок) и четырехполюсные (для трехфазных электроустановок).

Контрольные вопросы

1. Тепловые реле: назначение, устройство, принцип действия.
2. Номинальные параметры тепловых реле.
3. Выбор аппаратов защиты.
4. Требования к аппаратам защиты.
5. Выбор мест установки аппаратов защиты.
6. УЗО: устройство и принцип действия.
7. Номинальные параметры УЗО.

Занятие 2/9. 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).

Защитная характеристика позволяет определить надежность защиты элементов электроустановок плавкими предохранителями от токов коротких 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.).

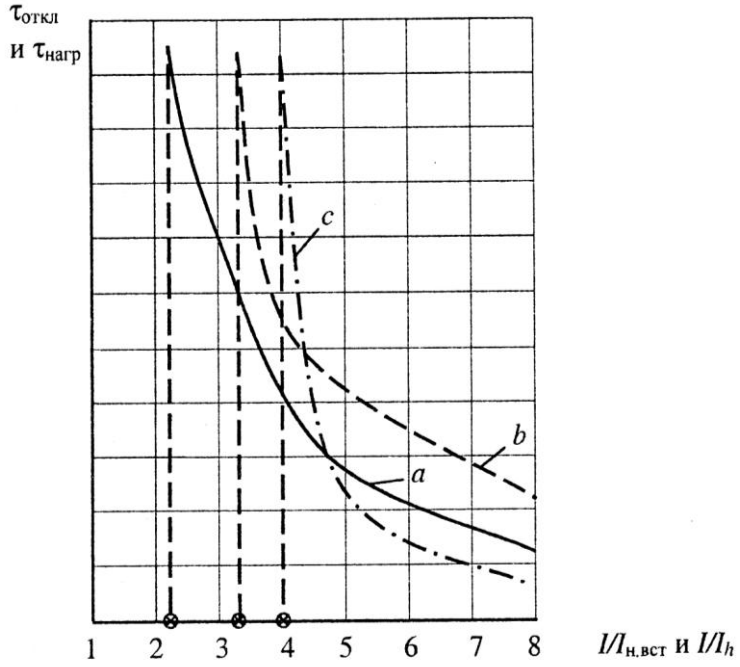


Рис. 1. Примеры защитных характеристик предохранителей (*a, c*) и тепловой характеристики элемента электроустановки (*b*)

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 рациональной 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 изготовляют 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.

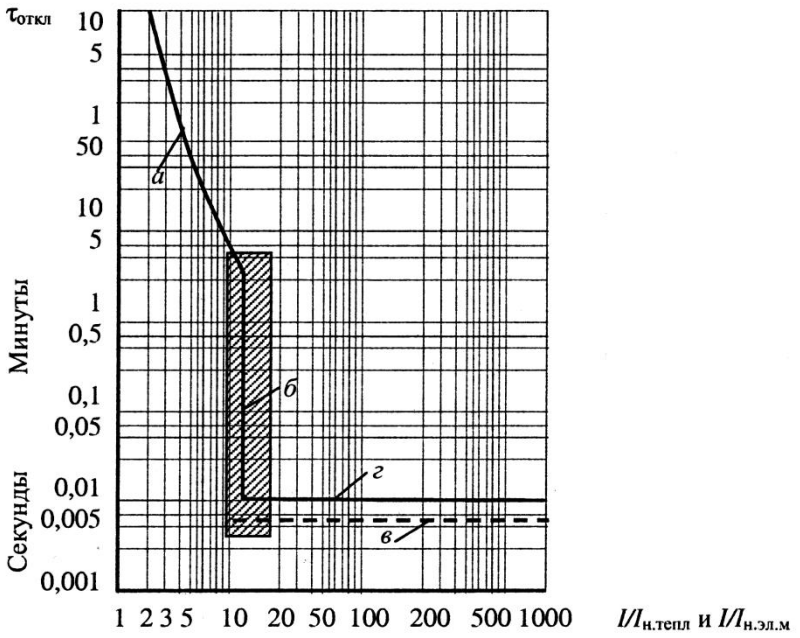


Рис. 2. Пример защитной характеристики автомата
с комбинированным расцепителем

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

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, необходимо 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?

РАЗДЕЛ 3. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ, ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЪЕКТОВ

Занятие 3/2. Вводные и распределительные устройства (РУ)

Учебные вопросы

1. Назначение, виды и исполнение вводных устройств и распределительных устройств (РУ).
2. Пожарная опасность РУ.
3. Требования по монтажу и эксплуатации РУ, обеспечение пожарной безопасности РУ.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 247-253.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 4.1.

Распределительные устройства являются важнейшим звеном в электроснабжении объектов. К ним относятся: распределительные пункты, щитки, ящики, шкафы, пульты управления и пр. Распределительные щитки предназначены для приёма и распределения электроэнергии потребителям. По назначению они бывают силовые и осветительные. По исполнению корпуса, кожуха: открытые, защищённые, закрытые, взрывозащищённые во взрывонепроницаемом исполнении.

По условиям обслуживания щитки (шкафы) подразделяются на два вида: с двухсторонним обслуживанием и с односторонним обслуживанием. Каркасы (корпуса) щитков, шкафов выполняются из листовой стали. В качестве защитных и коммутационных аппаратов устанавливаются рубильники, плавкие предохранители, автоматы.

Выбор щитков (шкафов) производится в зависимости от места их установки, от условий окружающей среды.

В качестве примера силового шкафа можно привести СП62. Шкаф может быть защищённого или закрытого исполнения. На вводе в шкаф устанавливаются рубильники (один или два), а на отходящих линиях предохранители с номинальными токами 60, 100, 250, 400 А. Число отходящих линий 4,6,8.

Осветительный щиток, например, ОЩ-6 защищённого исполнения на 6 однофазных групп. В каждой отходящей линии установлен автомат А3161 с тепловым расцепителем на 6,10,15 А.

Вводной ящик ЯЗ100, защищённого или закрытого исполнения, бывают брызгопылезащищённые и водозащищённые. В качестве коммутационных аппаратов применяются рубильники, блоки «рубильник-предохранитель», предохранители и автоматы на токи 50, 100, 200, 400 А.

Пожарная опасность РУ вызывается возможностью проявления всех основных причин пожаров в электроустановках: КЗ, перегрузки, большие переходные сопротивления, электрические искры и дуги. Горючий материал: изоляция, наружные покровы проводов и кабелей, а также проникающая внутрь корпуса РУ, например, горючая пыль, если РУ по своему исполнению не соответствует условиям окружающей среды.

Правила монтажа и эксплуатации РУ. Корпуса панелей, кожухи и другие части устройств должны быть несгораемыми (трудносгораемыми). Контактные соединения должны быть надёжными и не должны нарушаться при вибрациях и сотрясениях устройств. Исполнение шкафов, щитков, пультов, должно соответствовать условиям окружающей среды (классу помещения). Установка РУ во взрывоопасных зонах запрещается. В пожароопасных зонах степень защиты РУ от попадания внутрь твёрдых частиц и влаги должна соответствовать требованиям ПУЭ.

Все металлические части РУ должны быть окрашены или иметь другое антикоррозионное покрытие. Защитные и коммутационные аппараты следует располагать таким образом, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание и чтобы возникающие в аппаратах при их эксплуатации искры и дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание. Аппараты рубящего типа необходимо устанавливать таким образом, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно под действием силы тяжести. Подвижные токоведущие части аппаратов в отключённом состоянии не должны быть под напряжением. На приводах коммутационных аппаратов следует чётко указывать положения включения и отключения.

Оконцевание проводов и кабелей должно исключать образование переходных сопротивлений в контактных соединениях. РУ должны запираться на ключ. Подступы к РУ должны быть свободными. Запрещается установка ненормированных самодельных аппаратов защиты (предохранителей).

Контрольные вопросы

1. Назначение, виды и исполнение распределительных устройств (РУ).
2. Пожарная опасность РУ.
3. Требования по монтажу и эксплуатации РУ, обеспечение пожарной безопасности РУ.

Занятие 3/3. Силовые масляные трансформаторы

Учебные вопросы

1. Пожарная опасность силовых масляных трансформаторов.
2. Меры по обеспечению пожарной безопасности силовых масляных трансформаторов.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 8-9, 183-186.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 107, 207-216.
3. Правила устройства электроустановок. 4.2.203-4.2.236.

Пожарная опасность трансформаторов. Энергия, теряемая в меди и стали трансформатора при его работе, преобразуется в тепло, что ведёт к нагреванию трансформатора. Если это тепло не будет отдаваться в окружающую среду, то температура обмоток, сердечника, трансформаторного масла может достигнуть опасных значений.

По способу охлаждения трансформаторы делят на сухие и масляные. У сухих трансформаторов обмотки и сердечник охлаждаются окружающим воздухом. Эти трансформаторы менее пожароопасны, чем масляные, так как в них горючим материалом является лишь твёрдая изоляция – бумажно-бакелитовые цилиндры, а также бумажная и хлопчатобумажная изоляция обмоток, пропитанная лаками.

Современные мощные трансформаторы имеют преимущественно масляное охлаждение: естественное или искусственное. С введением в трансформатор минерального масла увеличивается пожарная опасность, так как масло горит, а пары его в смеси с воздухом воспламеняются под действием электрической дуги, искр и т.п.

Минеральное изоляционное масло (трансформаторное) является продуктом перегонки нефти. Масло обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Благодаря своей малой вязкости и высокой текучести оно глубоко проникает в поры волокнистой изоляции (бумага, картон и др.), повышая её электрическую прочность. Одновременно масло является хорошим переносчиком тепла и используется для охлаждения трансформаторов.

Горючими материалами в масляных трансформаторах являются: изоляционное масло, применяемое в больших количествах, деревянные детали (планки, клинья, рейки), а также бумажная и хлопчатобумажная изоляция обмоток.

Эксплуатация трансформаторов протекает в большинстве случаев в таких условиях, при которых возможно воспламенение и горение

изоляции. Так, в сухих трансформаторах при сильных перегревах обмоток хлопчатобумажная изоляция, пропитанная лаком, может воспламениться и гореть под воздействием кислорода окружающего воздуха. В масляных трансформаторах при перегреве обмоток и магнитопровода или при образовании электрических дуг изоляционное может воспламениться, причём вероятность его воспламенения возрастает при перегреве масла, например вследствие перегрузки трансформатора. Так как в масле постоянно содержится некоторое количество растворённого кислорода и в него всё время проникает воздух через отверстие в дыхательной пробке, то при работе трансформаторов всегда имеются условия для воспламенения масла. Газы, образующиеся при термическом распаде масла, могут прорвать стенку или крышку бака, и тогда горение масла получает полное развитие, превращаясь в пожар.

Перегрев и воспламенение изоляции трансформаторов возникают при различных аварийных явлениях, к которым относятся следующие: короткие замыкания (межвитковые, междуфазные, между фазами и баком, между обмотками высшего и низшего напряжений); длительные перегрузки трансформаторов, приводящие к ускоренному старению изоляции, к возможным её пробоям с возникновением коротких замыканий, к воспламенению изоляции от высокой температуры токоведущих жил обмоток при перегрузках и т.п.; большие переходные сопротивления, возникающие в местах соединений обмоток, в местах соединения обмоток и кабелей и др., приводящие к разогреву мест соединений до высокой температуры, к разложению масла на горючие газы, к возможным пожарам и взрывам.

В трансформаторе может возникать такое явление, которое называется «пожар стали». Оно заключается в чрезмерном нагреве вихревыми токами какой-либо части магнитопровода вследствие нарушения изоляции между листами стали или между магнитопроводом и стягивающими его шпильками. Перегрев магнитопровода может привести к разложению масла и к его воспламенению.

Образование электрических искр и дуг возможно между обмотками высшего и низшего напряжения, между обмоткой высшего напряжения и стенкой бака, а также по поверхностям фарфоровых изоляторов. Они образуются вследствие снижения электрической прочности масла при его увлажнении и загрязнении либо вследствие возникновения перенапряжений.

Опасные нагревы и перегревы трансформаторов возможны также при снижении уровня масла в баке трансформатора, которое может быть вызвано утечкой масла.

Пожарная безопасность трансформаторов достигается: оборудованием трансформаторов аппаратами защиты и разичными предохранительными устройствами;

рациональным размещение трансформаторов на открытых РУ и в закрытых РУ, оборудование их средствами сигнализации и пожаротушения, устройствами аварийного сброса трансформаторного масла и др.

В общем случае трансформаторы должны иметь релейную защиту от повреждений и ненормальных режимов: защита трансформатора от всех видов коротких замыканий; защита трансформатора от аварийных режимов, при которых происходит разложение масла с образованием горючих газов; защита трансформатора от токовой перегрузки обмоток; защита трансформатора от перекрытий высокого напряжения на части с низшим напряжением; защита трансформатора при нарушении работы системы охлаждения, при утечках масла и др.

К простейшим предохранительным устройствам относятся: газовое реле, выхлопная труба, приборы теплового контроля, плавкие предохранители.

Газовое реле устанавливается на трубе, соединяющей бак трансформатора с расширительным бачком. Реле состоит из корпуса с двумя фланцами, внутри корпуса расположены друг над другом два латунных поплавка. Внутри каждого поплавка расположены по паре контактов, которые могут замыкаться переливающейся в поплавке ртутью. В нормальном состоянии поплавки плавают в масле и ртуть не замыкает контакты. В аварийном режиме работы трансформатора, сопровождающимся разложением газа и выделением газов, пузырьки газов, поднимаясь вверх, проходят через газовое реле в расширительный бачок. В начальной стадии аварийного режима, при небольшом газовыделении, пузырьки газов вытесняют масло из верхней части газового реле, что ведёт к опусканию верхнего поплавка и замыканию ртутью внутренних контактов, подающих сигнал (звуковой и световой) в диспетчерскую, предупреждая персонал о нарушении работы трансформатора. При дальнейшем развитии аварийного режима работы трансформатора (в силу ряда причин), происходит обильное газовыделение, которое вытесняет масло из пространства с нижним поплавком, последний опускается, замыкая внутренние контакты и подавая сигнал на автоматическое отключение трансформатора высоковольтными быстродействующими выключателями.

Газовое реле срабатывает при коротких замыканиях внутри трансформатора, а также при аварийных утечках масла. Газовое реле устанавливается на трансформаторах мощностью от 560 кВА, а в цеховых трансформаторных подстанциях – при мощности трансформатора 360 кВА и выше.

Выхлопная предохранительная труба имеется на трансформаторах мощностью 1000 кВА и выше. Труба предотвращает разрушение бака при резком повышении давлении в трансформаторе в результате выделения

газов при термическом разложении масла. Труба сообщается с баком трансформатора и расположена на его крышке несколько наклонно по отношению к горизонту. Верхний торец трубы плотно закрыт круглой стеклянной пластиной. При значительном увеличении давления внутри бака трансформатора масло и газы разрушают стекло трубы и выбрасываются наружу, в сторону от других электроустановок и вниз.

Приборы теплового контроля (ртутный и ртутноконтактный термометры, дистанционный термометр сопротивления, термометрический сигнализатор) служат для определения температуры верхних, наиболее нагретых слоёв масла. При мощности трансформатора более 1000 кВА устанавливают терморегуляторы. Увеличение температуры масла выше 95°С свидетельствует о повреждении внутри трансформатора или его перегрузке. Установка на трансформаторе приборов теплового контроля обязательна. Трансформаторы мощностью до 1000 кВА оборудуют ртутными термометрами, а трансформаторы мощностью 1000 кВА и выше термометрическими сигнализаторами или дистанционными термометрами сопротивления.

Плавкие предохранители устанавливаются со стороны низшего напряжения для защиты трансформатора от токов КЗ. Параметры предохранителей выбираются с учётом допустимой 20%-ной перегрузки.

Контрольные вопросы

1. Пожарная опасность силовых масляных трансформаторов.
2. Назначение трансформаторного масла.
3. Обеспечение пожарной безопасности силовых масляных трансформаторов.
4. Назначение газового реле в трансформаторе и его принцип действия.
5. Назначение выхлопной предохранительной трубы в трансформаторе.
6. Приборы теплового контроля силовых масляных трансформаторов.
7. Аппараты защиты трансформаторов от токов КЗ и перегрузки.

Занятие 3/4. Электродвигатели и аппараты управления

Учебные вопросы

1. Общие сведения об электродвигателях; аварийные пожароопасные режимы работы электродвигателей.
2. Аппараты управления: виды, классификация, пожарная опасность.
3. Обеспечение пожарной безопасности электродвигателей и аппаратов управления.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 166-183.

2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 121-140.
3. Правила устройства электроустановок. 5.3.1-5.3.29.

Общие сведения об электродвигателях. Наиболее широко распространены в электроприводах асинхронные электродвигатели трехфазного переменного тока с короткозамкнутым ротором. Асинхронные электродвигатели потребляют около 60 % всей вырабатываемой электрической энергии. Асинхронные электродвигатели выпускаются в различном конструктивном исполнении в зависимости от назначения и условий применения. В промышленности наиболее широко применяются асинхронные электродвигатели единой серии 4А, обладающие небольшой металлоемкостью и высокими механическими характеристиками.

Серия 4А является массовой серией асинхронных двигателей, рассчитанных на применение в различных областях промышленности. Она охватывает диапазон номинальных мощностей от 0,06 до 400 кВт.

Двигатели в основном исполнении - это трехфазные двигатели с короткозамкнутым ротором, имеющие степень защиты IP44 или IP23.

Электродвигатели (а также аппараты) классифицируются по степеням защиты их оболочек.

Для производств, имеющих специфическую среду, выпускаются электродвигатели в специальном конструктивном исполнении. Так, для привода производственных механизмов во взрывоопасных зонах обычно применяются *взрывозащищенные* электродвигатели. По виду и способу устройства взрывозащиты эти электродвигатели разделяются на взрывонепроницаемые, продуваемые под избыточным давлением и повышенной надежности против взрыва (защита вида «е»).

Наибольшее распространение получили взрывонепроницаемые электродвигатели. Широко используются электродвигатели, продуваемые под избыточным давлением. Они выпускаются на большие мощности (свыше 100 кВт) и предназначены для привода крупных насосных, компрессорных и других специальных установок.

Взрывозащита *взрывонепроницаемых электродвигателей* обеспечивается тремя факторами: взрывонепроникновением, взрывоустойчивостью и температурным режимом оболочки. Взрывонепроникновение достигается созданием взрывонепроницаемых зазоров в местах сочленения отдельных частей оболочки. К таким местам относятся сочленения: подшипниковых щитов с корпусом и валом, корпуса присоединительной коробки вводов с корпусом двигателя, крышки коробки вводов с корпусом двигателя, крышки коробки вводов с корпусом коробки и др.

Взрывоустойчивость обеспечивается высокой механической прочностью корпуса электродвигателя, подшипниковых щитов, коробки

вводного устройства и ее крышки. Эти части, а также крепежные элементы должны выдерживать без повреждения и остаточной деформации гидравлические испытания избыточным давлением, равным полуторакратному давлению, которое возникает вследствие воспламенения взрывоопасной смеси при нормальных условиях, но не менее $3 \cdot 10^5$ Па.

Температурный режим оболочки электродвигателя обеспечивается тем, что температура наружных поверхностей в рабочем режиме не должна превышать определённых значений.

Электродвигатели серии ВАО всех маркировок по взрывозащите (от В1Г до В4Д включительно) имеют одинаковые установочные и монтажные размеры, стандартизированную шкалу мощностей, что обеспечивает их взаимозаменяемость, упрощает проектирование и монтаж во взрывоопасных зонах.

Взрывозащита электродвигателей, продуваемых под избыточным давлением, основана на непроникновении взрывоопасной среды во внутреннюю полость электродвигателя. Это достигается продувкой внутренней полости электродвигателя и воздуходувов (в пределах границ взрывоопасной зоны) чистым воздухом или инертным газом и созданием в них избыточного давления не менее 100 Па. Электродвигатели могут иметь замкнутую или разомкнутую системы вентиляции. Дополнительными мерами по этому виду взрывозащиты являются: нормирование температуры оболочки (она такая же, как и у взрывонепроницаемых электродвигателей); автоматическое отключение или подача сигнала и блокировка.

Блокировка предупреждает включение электродвигателя до того, как через его оболочку совместно со всеми элементами (трубопроводами, воздухоохладителями и т.д.) системы вентиляции не будут продуты чистый воздух или инертный газ.

Электродвигатели в этом исполнении являются крупными машинами и применяются для привода насосов, вентиляторов, компрессоров и других общепромышленных механизмов во взрывоопасных зонах всех классов (за исключением зоны В-Iг), которые могут содержать взрывоопасные смеси всех категорий и групп.

Электродвигатели повышенной надежности против взрыва при нормальном режиме работы не могут быть причиной взрыва: у них отсутствует открытое искрение, дуги или опасные температуры. Дополнительными факторами, обеспечивающими этот вид взрывозащиты, являются: снижение допустимой температуры изолированных обмоток на 10 °С (по сравнению с допустимыми), применение электроизоляционных материалов высокого качества (степень защиты оболочки не ниже *IP*33 или *IP*54).

Важной задачей при выборе электродвигателя является определение условий, в которых он будет работать. Во многих случаях окружающая среда содержит большое количество влаги, пыли, газов, паров, химических веществ. Поэтому степень защиты оболочки электродвигателя должна соответствовать окружающей среде. При выборе электродвигателя для взрывоопасных зон, кроме того, учитывают класс зоны, уровень и вид взрывозащиты, категорию и группу взрывоопасной смеси. Для пожароопасных зон также учитывают ее класс.

Аварийные пожароопасные режимы работы двигателей. Аварийным режимом работы электродвигателя будем называть любой режим работы, увеличивающий температуру нагрева электродвигателя выше допустимой. Необнаруженный аварийный режим работы электродвигателя может привести к его загоранию. Аварийные режимы работы электродвигателей возникают из-за снижения или увеличения питающего напряжения при номинальной нагрузке на валу, увеличении нагрузки на валу выше номинальной, обрыве одной фазы, снижении межвиткового сопротивления изоляции статорных обмоток; ухудшении вентиляции, увеличении числа включений выше допустимого.

В подавляющем большинстве случаев аварийные отказы электродвигателей происходят из-за повреждения обмоток (85-95 %), которые вызываются в основном межвитковыми замыканиями (93 %) .

Обрыв провода одной из трех фаз обмотки статора (при работающем под нагрузкой электродвигателе) приводит к токовой перегрузке двух оставшихся фаз. Если при этом не сработает тепловая защита, пожароопасное превышение температуры наступит за несколько минут.

Еще более пожароопасный режим наступает, когда электродвигатель включается в работу при обрыве одной фазы. Нарастание температуры при этом происходит в течение 10 - 20 с после включения электродвигателя под напряжение. Характерным признаком работы электродвигателя на двух фазах является гудение.

Пробой изоляции между фазами приводит к короткому замыканию в обмотке. При КЗ обмотки статора наблюдаются сильные вибрации двигателя переменного тока, сильное гудение, несимметрия токов в фазах, быстрый нагрев отдельных участков обмотки и как результат – загорание изоляции обмотки.

Одним из относительно слабых мест электрической машины является подшипниковый узел, особенно в скоростных машинах, 2-5 % электродвигателей отказывают из-за повреждения подшипников. Более 80 % подшипников качения выходят из строя вследствие разрушений усталостного характера.

Как видно из краткой характеристики отказов двигателей, их можно разделить на две категории (по причине появления отказа) – электрические и механические. Все они могут обусловливать аварийные пожароопасные

режимы их работы. Поэтому в процессе эксплуатации электродвигателей важное значение имеет выполнение и соблюдение сроков планово-предупредительных осмотров и ремонтов.

Разрушение изоляции происходит в основном в результате нагрева токами нагрузок и воздействий температур внешней среды, вибраций и других механических воздействий. Повышение температуры на каждые 8-9 °С в среднем вдвое сокращает срок службы изоляции. На старение изоляции влияет и электрическое поле.

Пожарная опасность электрических аппаратов управления. Электрические аппараты управления – это слаботочные (с точки зрения собственного потребления) электротехнические устройства, предназначенные для управления сильноточными электроустановками. Основными видами аппаратов управления являются: контакторы, магнитные пускатели, контроллеры.

Аппараты обычного исполнения применяются в нормальных условиях окружающей среды. Для взрывоопасной среды изготавливаются аппараты взрывозащищенные.

Из всех аппаратов управления самое широкое распространение получили электромагнитные контакторы, применяемые в схемах дистанционного управления различными промышленными электроприводами. Контакторы состоят из системы главных контактов, электромагнитной системы, дугогасителей и вспомогательных контактов. Главные контакты осуществляют замыкание и размыкание силовой цепи.

Электромагнитная система обеспечивает дистанционное управление контактором, т.е. включение и отключение. Дугогасительная система обеспечивает гашение электрической дуги, возникающей при размыкании главных силовых контактов. Вспомогательные контакты производят переключение в цепях управления контактора, блокировки и сигнализации.

Контакторы переменного тока промышленной частоты изготовляются, как правило, трехполюсными с замыкающими главными силовыми контактами.

Основой всякого магнитного пускателя является контактор. Магнитный пускатель представляет собой комплексное устройство, состоящее из трехполюсного контактора, двух тепловых реле и кнопки управления («пуск», «стоп»).

В производственных условиях нередко применяются так называемые станции управления, представляющие собой комплект смонтированных совместно аппаратов управления, защиты и блокировки, предназначенный для дистанционного автоматизированного управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором при длительном режиме работы.

Во взрывоопасных зонах используют взрывозащищенные магнитные пускатели в исполнении НМБ, НМГ, М0Д и другие.

Кнопочные станции (посты) и ключи управления представляют собой контактные устройства с одной, двумя или тремя кнопками и одним-двумя поворотными ключами. Нажатием кнопки или поворотом ключа производят замыкание или размыкание контактов, и следовательно, включение и отключение присоединенных к ним цепей.

Кнопочные станции (посты), кнопки управления, конечные и путевые выключатели выпускаются в исполнении В3Г, М0Д и др.

Наибольшую пожарную опасность аппаратов создают токи короткого замыкания. Поэтому для каждого аппарата задается ток допустимой величины, тепловое воздействие которого аппарат может выдержать в течение заданного времени без вывода его из строя. Эта величина тока называется током термической устойчивости. Чаще всего задается ток десяти-, пяти- или односекундной термической устойчивости.

При коротком замыкании в коммутируемой сети через токоведущую часть аппарата могут протекать токи, в десятки раз превышающие номинальные. Эти токи, взаимодействуя с магнитным полем, создают электродинамические усилия, способные деформировать токоведущие части, изоляторы, на которых они крепятся, разрушить аппарат, вызвать пожар.

В неразмыкаемых контактах (соединениях) со временем переходное сопротивление увеличивается вследствие окисления на контактирующих площадках, ослабления силы нажатия. При протекании токов коротких замыканий возникают электродинамические силы, ухудшающие или даже разрушающие контактные соединения, что нередко является причиной загораний.

Таким образом, электрические аппараты управления и даже аппараты защиты электроустановок пожароопасны в процессе нормальной эксплуатации и тем более пожароопасны при ухудшении конструктивно-технических показателей (механических ослаблениях, загрязнениях и износах контактных соединений и др.). Пожарная опасность электрических аппаратов управления резко возрастает при коротких замыканиях в коммутируемых силовых цепях.

Коммутирование электрических цепей, особенно размыкание под током, сопровождается электрическим разрядом между расходящимися контактами. Воздушный промежуток между контактами ионизируется и становится на некоторое время проводящим, в нем возникает дуга.

Для снижения пожароопасных последствий дуги в аппаратах управления применяют различные способы гашения. Так, эффективным способом гашения электрической дуги являются узкие продольные щели различных конфигураций. Установка решеток из теплопроводящих металлических пластин над узкой щелью дугогасительной камеры в

значительной степени содействует полной деионизации дуги и ее пламени и тем самым обеспечивает их гашение.

Противопожарные мероприятия при монтаже и эксплуатации электродвигателей и аппаратов управления. При проектировании, монтаже и эксплуатации электродвигателей и аппаратов управления необходимо соблюдать определенные противопожарные мероприятия. При проектировании электрооборудования необходимо прежде всего правильно выбирать типы двигателей и аппаратов управления по исполнению корпуса (оболочки) по условиям окружающей среды, а в пожаро- и взрывоопасных зонах — классу зоны, категории и группе взрывоопасных смесей. Конструкция аппаратов управления должна выдерживать тепловые и динамические воздействия токов коротких замыканий.

Продуваемые электродвигатели во взрывоопасных помещениях должны иметь блокировку, отключающую их в случае падения избыточного давления ниже (10 мм вод. ст.). Электродвигатели следует включать с запаздыванием по отношению к начальному моменту продувания, гарантирующему предварительное освобождение полости электродвигателя от опасной среды, которая могла туда проникнуть во время остановки. Электродвигатели и аппараты необходимо располагать так, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание их и чтобы возникающие при их эксплуатации искры и электрическая дуга не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы.

Расстояние от сгораемых конструкций зданий до сопротивлений и реостатов всех исполнений, а также до электродвигателей и аппаратов (за исключением закрытых со степенью защиты не ниже IP44) должно быть не менее 1,0 м. Провода или кабели, идущие к двигателям и аппаратам, должны иметь защиту от механических повреждений. Аппараты рубящего типа устанавливают так, чтобы исключить их самовключение под действием силы тяжести. Рубильники открытого исполнения, расположенные за щитом, должны иметь рычажный привод. Кожухи рубильников должны быть несгораемыми. Все электродвигатели должны иметь защиту от токов коротких замыканий, а во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа, В-II и В-Па и защиту от перегрузок. Двигатели, установленные не во взрывоопасных зонах, но у которых возможна систематическая перегрузка по технологическим причинам, также должны иметь защиту от перегрузок.

У выключателей, контакторов, магнитных пускателей, рубильников, смонтированных на групповых щитках, должны быть надписи, указывающие к какому двигателю они относятся. Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах в пределах ±5 % номинального.

Электропривод немедленно отключается от сети в случаях: появления дыма или огня из электродвигателя или его пускорегулирующей аппаратуры; вибрации сверх допустимых норм, угрожающей целости электродвигателя; сильного снижения числа оборотов, сопровождающегося чрезмерным нагревом двигателей.

Электродвигатели, не обеспечивающие пуска приводного механизма под нагрузкой, следует включать после разгрузки механизмов. Корпуса электродвигателей и аппаратов должны быть заземлены. Важным противопожарным мероприятием являются планово-предупредительные осмотры и ремонт электродвигателей и аппаратов управления, которые проводят электрики объектов, руководствуясь действующими правилами и нормами.

Чтобы исключить возможность работы электродвигателей на двух фазах, можно использовать специальные электрические схемы защиты.

Основным видом электрической защиты электродвигателей от коротких замыканий и перегрузок является сочетание предохранителей (защита от токов коротких замыканий) и тепловых реле в магнитных пускателях (защита двигателя от перегрузки).

В электроустановках напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью обязательно должна быть металлическая связь корпусов электрооборудования с нейтралью электроустановки (зануление). В этих электроустановках применение заземления корпусов электрооборудования без осуществления металлической связи с нейтралью трансформаторов запрещается. Это имеет особенно важное значение для безопасной эксплуатации электроустановок.

Контрольные вопросы

1. Виды электродвигателей по способу защиты от воздействий окружающей среды.
2. Сравнительная характеристика электродвигателей общего назначения.
3. Конструктивные особенности взрывозащищенных электродвигателей и аппаратов управления взрывонепроницаемого исполнения, повышенной надежности против взрыва и продуваемых под избыточным давлением.
4. Маркировка взрывозащищённых электродвигателей и аппаратов управления.
5. Магнитные пускатели и встроенные в них тепловые реле.
6. Пожарная опасность электродвигателей и аппаратов управления.
7. Противопожарные мероприятия при монтаже и эксплуатации электродвигателей и аппаратов управления.

Занятие 3/5. Электротермические установки

Учебные вопросы

1. Промышленные электротермические установки.
2. Электротермические установки сельскохозяйственного назначения.
3. Бытовые электронагревательные приборы.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 148-165.
2. Правила устройства электроустановок. - Глава 7.5.
3. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390). – п. 42.

Промышленные электротермические установки. В настоящее время электрическая энергия весьма широко применяется для преобразования ее в тепло с целью выполнения различных электротермических технологических процессов. К таким процессам можно отнести: сушку различных окрашенных изделий; сушку диэлектриков; плавку всевозможных металлов, их сплавов; плавку некоторых огнеупоров и стекла; приготовление из руд ферросплавов и карбидов; нагрев металлов для последующих видов термической обработки (закалка, отжиг, нормализация и т. п.); сварку металлических соединений; нагрев воды; обогрев парников, полов в животноводческих помещениях, подогрев воздуха и многие другие.

Основными способами преобразования электроэнергии в тепло являются: нагрев проводников, обладающих активным сопротивлением, при прохождении по ним электрического тока; нагрев проводников, находящихся в переменном электромагнитном поле, индуктированными в них электрическими токами; нагрев диэлектриков, находящихся в переменном электрическом поле; нагрев посредством электрической дуги. Все эти явления нагрева проводников и диэлектриков, наблюдаемые в электрических машинах, трансформаторах, конденсаторах и прочих электрических приборах, рассматриваются как вредные. В электротермии каждый из названных способов преобразования электроэнергии в тепло используется для выполнения тех или иных технологических процессов.

Широкое применение тепловой энергии электрического тока почти во всех областях народного хозяйства объясняется большими преимуществами, которые дает электрический нагрев. Он позволяет легко и быстро получать тепловую мощность, регулируемую как по температуре, так и по величине; получать весьма высокие температуры; обеспечивает в случае необходимости очень быстрый нагрев; допускает нагрев на

требующуюся толщину и площадь. Все технологические процессы при электрическом нагреве характеризуются чистотой и удобством обслуживания установок.

Конструкции электротермических установок делятся на два типа: установки непосредственного электронагрева сопротивлением; установки косвенного нагрева сопротивлением. В обоих случаях тепло, выделяемое в нагреваемом объекте при наличии в нем электрического тока, определяется по закону Джоуля—Ленца.

Установки непосредственного электронагрева сопротивлением получили весьма большое распространение и отличаются большим разнообразием. К ним относятся: машины для контактной (точечной, шовной и стыковой) электросварки металлов; установки для электронагрева стальных труб, ленты и т. п.; печи для графитизации угольных электродов и др. Электрические схемы установок непосредственного электронагрева имеют общий характер и состоят из секционированных понижающих трансформаторов, токоподводящих шин, водоохлаждаемых электродов и нагреваемого объекта.

Еще большее распространение получили *установки косвенного электронагрева сопротивлением*, в которых нагреваемый объект не является участком электрической цепи, а нагревается посредством теплопроводности, излучения или конвекции от специальных нагревательных элементов. Для изготовления нагревательных элементов применяют проводниковые материалы в виде проволоки или ленты различного сечения, обладающие высоким омическим сопротивлением (нихром, фехраль, константан, никелин, сталь, хромаль). Нагревательные элементы выполняют открытыми, закрытыми и герметическими. Открытые элементы отдают тепло нагреваемому материалу лучеиспусканием (радиация) и конвекцией. В закрытом элементе сопротивление помещается в защитную оболочку, предохраняющую его от механических повреждений, но не препятствующую доступу воздуха.

Герметичные элементы состоят из металлической трубки, внутри которой в электроизоляционном заполнителе запрессована спираль, не имеющая доступа воздуха. Отдача тепла нагреваемому материалу обеспечивается за счет теплопроводности трубки и заполнителя. Герметические элементы обладают значительными преимуществами перед открытыми и закрытыми нагревательными элементами: не окисляются и не загрязняются, в результате имеют большой срок службы; имеют хорошие условия теплоотдачи без резких перепадов температур; не чувствительны к сотрясениям и защищены от механических повреждений; менее опасны в пожарном отношении. Трубчатые электронагреватели типов ЭТ, ТЭН, НВ, НВП и другие изготовляются на мощности от 0,1 до 10 кВт в одном нагревательном элементе при напряжении 220,380

В. Такие нагреватели имеют развернутую длину от 200 до 3000 мм, а также различную конфигурацию трубок.

Электрические печи сопротивления представляют собой теплоизолированное пространство с нагревательными элементами для преобразования электроэнергии в тепло. Конструкции электропечей сопротивления весьма разнообразны и в зависимости от формы рабочего пространства, называются: камерными, шахтными, колпаковыми, конвейерными, рольганговыми, барабанными, карусельными, протяжными. Электропечи сопротивления мощностью до 10—30 кВт обычно делаются однофазными, а при большей мощности — трехфазными.

В *дуговых электрических печах* тепло выделяется при горении электрической дуги. Характерным отличием дуговых печей является высокая температура (до 3000°С), сосредоточенная в небольшом объеме, что позволяет применять дуговые печи для плавки металлов. Электродуговые печи различаются между собой как по числу горящих в них дуг, так и по способу их образования в электрической схеме печи. Различают печи прямого действия, косвенного действия и дуговые печи сопротивления.

В *дуговых печах прямого действия* дуги горят непосредственно между электродами и расплавленным металлом. В *дуговых печах косвенного действия* дуги горят между электродами над расплавленным металлом и тепло передается последнему лучеиспусканием. В *дуговых печах сопротивления* дуга горит внутри расплавленного металла (шихты). Они применяются как мощные рудно-термические печи, для получения карбида-кальция, ферросплавов, чугуна, карборунда и др.

В *индукционных электрических печах* используется свойство вихревых токов нагревать массивные электропроводящие материалы. Индукционные печи со стальными сердечниками применяют для плавления цветных металлов. Они питаются током промышленной частоты (50 Гц). Индукционные печи без стальных сердечников это печи высокой частоты. При частоте до 10^4 Гц они питаются от машинных высокочастотных генераторов, а при большей частоте (до 10^6—10^7 Гц) от ламповых генераторов. Конструкции высокочастотных индукционных печей весьма разнообразны. Основная часть печи — огнеупорный тигель, опоясываемый медной трубкой (индуктор), по которой пропускается ток высокой частоты. Внутри трубки протекает вода для ее охлаждения. Тигель установлен на основании, выполненном из цветных металлов или немагнитной стали. Высокочастотные индукционные печи используют для плавки цветных и черных металлов.

Высокочастотные установки для нагрева проводников и диэлектриков. Устройство для нагрева электропроводящих материалов в переменном электромагнитном поле получили к настоящему времени

очень широкое распространение для самых разнообразных технологических процессов. Например, при термообработке металлов, при пайке, сварке.

Весьма похожими на установки индукционного нагрева (в отношении преобразования электроэнергии в тепло непосредственно в самом нагреваемом теле, а также в отношении применяемых генераторов тока высокой частоты) являются *установки для нагрева диэлектриков*. Если диэлектрик включить в цепь электрического тока с частотой порядка 10^5 - 10^8 Гц, то поглощаемая в нем мощность при этом же напряжении и геометрических размерах оказывается во много раз большей, чем при постоянном токе или токе частотой 50 Гц. Это физическое явление кратко может быть объяснено дополнительными затратами энергии на смещение электрических зарядов в атомах и молекулах вещества под воздействием переменного электрического поля. Воздействие электрического поля на диэлектрик не зависит от того, имеется ли непосредственный контакт диэлектрика с токоподводящим электродом или такого контакта нет. Диэлектрик, помещенный между плоскими электродами, поглощает энергию высокочастотного электрического поля, которая в нем преобразуется в тепло.

Пожарная опасность и противопожарные мероприятия при эксплуатации промышленных электротермических установок. Электрические плавильные печи опасны в отношении взрыва. Как известно, ввиду большой температуры, развивающейся на поверхности индуктора, через него беспрерывно пропускают воду. При прогаре полой медной трубки индуктора вода попадает в зону весьма высокой температуры и подвергается бурному испарению, что может привести к взрыву. С целью повышения пожарной безопасности печей охлаждающую воду следует пропускать через трубку индуктора не под избыточным давлением и даже не самотеком, а при помощи вакуум-насоса, работающего на откачивание (отбор) воды из трубки. Индуктор должен иметь блокировку, снимающую с него напряжение при прекращении подачи воды.

Индукционные печи создают также пожарную опасность при установке тиглей на деревянные каркасы (их применяют во избежание больших потерь электрической энергии). Так как обработка дерева огнезащитными составами не дает достаточной гарантии против загорания, деревянные каркасы использовать не рекомендуется, тем более что в условиях эксплуатации систематическое возобновление огнезащитной обработки невозможно. Для изготовления каркасов применяют цветные металлы или немагнитную сталь, причем массивные детали по возможности выполняют разрезными. Персонал, обслуживающий индукционные установки, обязан вести наблюдения за степенью нагрева

установок под действием токов, наводимых от электромагнитных полей рассеяния.

Пожарная опасность от ламповых генераторов, питающих индукционные печи, связана с высоковольтными маслонаполненными трансформаторами и выключателями. При всякой аварии, связанной с горением трансформаторного масла, высоковольтное устройство лампового генератора может выйти из строя. Поэтому маслонаполненные трансформаторы и выключатели необходимо устанавливать в отдельных помещениях, изолированных от помещения, в котором находятся ламповые генераторы. Установку маслонаполненного высоковольтного оборудования производят в соответствии с ПУЭ.

Высокочастотные установки для сушки дерева создают значительную пожарную опасность, если при их эксплуатации не соблюдаются установленные требования. Сетчатые электроды перед укладкой на штабели древесины необходимо тщательно выправлять, так как всевозможные вмятины ухудшают контакт, вызывая образование дуги и загорание древесины. К таким же последствиям приводит коррозия на сетчатых электродах или чрезмерно загрязненная поверхность древесины.

Не разрешается производить сушку разных пород древесины или одной породы, но с разным содержанием влаги, а также древесины с неснятой корой. Древесину надо укладывать плотно. Нельзя чрезмерно форсировать процесс сушки. Заданные технологическими инструкциями температурные режимы и температуры по отдельным зонам печей должны строго выдерживаться. Температура наружной поверхности электропечей должна соответствовать уровню, определенному инструкцией завода-изготовителя. При появлении искр между электродами и древесиной установку следует немедленно отключить. Высокочастотные установки для нагрева диэлектриков с электродами, которые не соприкасаются с нагреваемыми материалами, в пожарном отношении сравнительно безопасны. В циркуляционных электропечах предусматривают блокировки, исключающие возможность включения печей при отключенных вентиляторах. Линии питания технологических элементов высокочастотной энергией выполнены специальными высокочастотными кабелями с экраном.

Все электротермические установки обслуживают высококвалифицированный электротехнический персонал, который проводит осмотры установок (в соответствии с графиком). При осмотрах проверяют: безотказность работы всех блокирующих устройств, обеспечивающих безопасность персонала и пожарную безопасность установок; надежность заземления отдельных частей; чистоту контактов пускорегулирующей аппаратуры и наличие дугогасящих устройств; отсутствие накипи на водоохлаждаемых деталях установок и невозможность попадания воды в зону установок с высокой температурой;

отсутствие пыли и грязи на различных частях установок. Требования к промышленным электротермическим установкам изложены в ПУЭ.

Электротермические установки сельскохозяйственного назначения. Развитие сельскохозяйственного производства по пути концентрации, специализации, кооперации и агропромышленной интеграции сопровождается резким ростом потребления электроэнергии и насыщенности колхозов, совхозов, птицефабрик, самостоятельных животноводческих комплексов, теплично-парковых комбинатов и других сельскохозяйственных производственных предприятий различным электрооборудованием. Широкое внедрение и применение различных по своему назначению электрифицированных машин, механизмов и аппаратов требуют обеспечения их противопожарной защиты и электробезопасности для людей.

В сельскохозяйственном производстве, наряду с разнообразным электроприводом, электроэнергия используется для нагрева воды, кормоприготовления, местного обогрева и вентиляции производственных помещений, облучения и обогрева животных и птиц, парников, теплиц, для сушки фруктов, зерна и сена, предпосевной обработки зерна и др. Из водонагревательных установок общего назначения применяют аккумулирующие установки типа УАП и ВЭТ вместимостью 200, 400, 800 и 1600 л. Электронагреватели типа УАП используют для свиней и крупного рогатого скота, для снабжения горячей водой гаражей, ферм и удовлетворения бытовых нужд.

Электроводонагреватели этих типов состоят из резервуара (корпуса). Автоматическое поддержание температуры воды осуществляется с помощью температурного датчика типа ТУДЭ и контролируется термометром.

Трубчатые нагревательные элементы вставлены внутрь корпуса через патрубок , вваренный в боковую поверхность. Резервуар наполняется водой через вентиль.

Другим типом электронагревательных установок являются *электродные водонагреватели*. Электродный водонагреватель состоит из цилиндрического стального бака. Пространство между стенками бака и кожухом заполнено теплоизоляцией. В баке размещены электроды, представляющие собой железные прямоугольные пластины. С помощью контактного приспособления к электродам подводится электрический ток. Принцип работы такого электроводонагревателя состоит в том, что при прохождении электрического тока с одного электрода на другой вода, являющаяся рабочим сопротивлением, нагревается. Электродные водонагреватели могут быть однофазными ЭВН на напряжение 220 В и трехфазными ЭКВ и ЭКП на напряжение 380/220 В.

Пожарная опасность от электроводонагревательных установок возникает при: неправильном конструктивном исполнении; неправильном

выборе и монтаже электрических сетей; значительном нагреве поверхностей электроводонагревателей при выкипании воды; неправильном выборе места размещения электроводонагревателей.

Противопожарные требования, предъявляемые к электроводонагревательным установкам, следующие. Электроводонагревательные установки нельзя ставить вплотную к сгораемым конструкциям, а также в коридорах, проходах и на лестничных клетках. В животноводческих помещениях электроводонагреватели следует устанавливать в помещении кормокухонь или в специальном помещении. Около электроводонагревателей нельзя складывать корма и другие сгораемые материалы. Электронагревательные установки необходимо подключать к самостоятельной группе на электрощитке с рубильником, отключающим все фазные провода. Рубильник должен быть закрытого исполнения и смонтирован на несгораемом основании.

Электроводонагревательные установки должны иметь защиту от токов коротких замыканий автоматическими выключателями или предохранителями. Электропровода, идущие к электронагревателям, следует прокладывать в металлических трубах, сечение проводов, как правило, выбирают по максимальной мощности водонагревателей. Провода и кабели необходимо подсоединять к электронагревателям с помощью кабельных наконечников. Периодически надо проверять плотность крепления и подтяжку контактных гаек. Корпуса электроводонагревателей должны быть заземлены. Не реже одного раза в месяц электроводонагреватели необходимо подвергать техническому осмотру. Концы проводов и кабелей в местах их присоединения к ТЭНам должны быть на 50 мм оголены от изоляции и снабжены фарфоровыми шайбами (бусами). Каждая электроводонагревательная установка должна быть снабжена электрическим датчиком уровня, отключающим электронагреватель при понижении уровня воды ниже отводящей трубки. Включенные в сеть электронагреватели, используемые не для отопления, а для подогрева воды, нельзя оставлять без присмотра.

На повышение эффективности животноводства значительное влияние оказывает искусственный микроклимат в животноводческих и птицеводческих помещениях. Для создания определенного температурно-влажностного режима промышленность выпускает комплектные электрифицированные установки типа СФОА. Эта установка может быть использована также для отопления крупных теплиц, картофелехранилищ, для зерна и травосушения и для отопления бытовых помещений. Специальное покрытие установки влагохимостойкими эмалями и комплектование их электродвигателями сельскохозяйственного назначения позволяют располагать данное оборудование как в специальной пристройке, так и в производственном помещении с агрессивной средой.

Установка типа СФОА (рис. 3) состоит из электрокалорифера, диффузора, мягкого рукава, вентилятора, электродвигателя, которые через виброизоляторы крепятся на раме. Установку поставляют в комплекте со щитом автоматики и датчиками температуры. Предусмотрены блокировки на: автоматическое отключение электрокалорифера при остановке электродвигателя вентилятора и отключение калорифера при повышении температуры на поверхности нагревателя выше 180 °С. В схеме контроля предусмотрены блокировки и отключения нагревателей при остановке электродвигателя вентилятора и невозможности их включения при выключенном электродвигателе. Эти установки выпускают мощностью от 5 до 100 кВт.

Причинами пожаров при эксплуатации различных электрокалориферных установок чаще всего является нагрев отдельных частей установок до 100 °С и выше даже при нормальном режиме работы, а также возможные короткие замыкания в проводах, питающих электродвигатель и нагреватели установки.

Для уменьшения пожарной опасности электрокалориферов необходимо иметь автоматическую защиту от перегрева нагревательных элементов; защиту проводки от токов короткого замыкания; принимать меры от попадания горючих материалов в камеру нагревания, а забор воздуха допускать только из помещений, в воздухе которых отсутствуют горючие пыли, волокна и пары. Работа их допускается только при наличии дежурного персонала, проинструктированного по правилам пожарной безопасности; при установке электрокалориферов в животноводческих помещениях место расположения необходимо очищать от соломы, навоза и других сгораемых материалов; при наличии в помещениях, где устанавливается электрокалорифер, сгораемого пола он должен быть защищен от возгорания кирпичной кладкой на глиняном растворе. Запрещается устанавливать электрокалориферы на путях эвакуации, подвешивать их к перекрытию, сушить одежду и другие сгораемые материалы над ними.

Для помещений с напольным содержанием молодняка в качестве основного средства местного обогрева рекомендуются электрообогреваемые полосы и площадки пола с применением нагревательных проводов, заделанных в бетонное покрытие пола, например, комплект оборудования для обогрева поросят типа ООП-50.

Одним из методов создания необходимого температурного режима и снижения относительной влажности воздуха помещений является местный обогрев молодняка инфракрасными (ИК) источниками. Например, для выращивания молодняка птиц (цыплят, гусят, индюшат, утят) применяют электробрудеры с лампами ИКЗ и регулированием температурного режима в зоне обогрева. Для обогрева молодняка птиц используют и отдельные ИК-лампы, но оборудованные защитной арматурой.

Для питания облучателей допускается напряжение до 380/220 В. Нулевой, провод должен иметь сечение, равное сечениям фазных проводов. Все металлические нетоковедущие части установки подлежат занулению. Все ИК-облучатели должны иметь металлическую защитную сетку и подвешиваться на высоте не ниже 50 см от пола (сгораемой подстилки).

*Бытовые электронагревательные приборы.*Увеличение выработки электрической энергии, рост жилого фонда, улучшение комфорта жилищ связано с широким применением бытовых электронагревательных приборов в домашнем хозяйстве городского и сельского населения. Наиболее распространенньми бытовыми электронагревательными приборами являются: электроплитки, электрочайники, электрокипятильники, электросамовары, электрокофейники, электропечи («чудо»), электросковородки, электрические жаровни, электроутюги, электрорадиаторы, электрические отражательные печи, теплоэлектровентиляторы и т. п.

Любой электронагревательный прибор имеет: корпус с контактным устройством; изоляционное основание (чаще всего керамическое), нагревательный элемент (из нихрома, фехраля, никелина и других металлов). Бытовые электронагревательные приборы изготовляют на напряжение 220 В и мощностью от 200 до 1200 Вт, а электроплиты — на 5 кВт и более.

Бытовые электронагревательные приборы являются причиной многочисленных пожаров. Это объясняется тем, что при эксплуатации приборов имеют место открытые источники тепла в виде нагревательных элементов, сильный нагрев дна приборов, сопровождающийся увеличением температуры опорных поверхностей до недопустимых значений.

Испытания электрических плиток и чайников показали, что они вызывают нагрев опорных поверхностей через 20 мин после включения до температур 100-150°С, а через 1ч - до 160-180°С. Пожароопасный нагрев утюгов наступает уже через 15-20 мин. За это время на подошве утюгов развивается температура порядка 400-500°С. Нагрев до опасных температур происходит и на боковых поверхностях приборов. Тепло, выделяющееся на поверхности приборов во время их работы, может воспламенить горючие материалы: древесину, ткани, бумагу, легко воспламеняющиеся пары, газы, жидкости даже при нормальной эксплуатации приборов.

Причинами пожаров при эксплуатации бытовых электронагревательных приборов могут быть также: небрежность и халатность при пользовании ими (оставление приборов включенными без присмотра, установка вблизи со сгораемыми материалами или непосредственно на сгораемые столы, доски и т.п.); неумелый ремонт; разрушение изоляции

(особенно в контактной системе); отсутствие автоматических выключающих устройств. Уменьшение пожарной опасности бытовых электронагревательных приборов должно обеспечиваться качественным изготовлением, ремонтом их и соблюдением правил эксплуатации.

Количество приборов, включаемых в сеть, должно соответствовать сечению проводов. При необходимости включения приборов большой мощности для них следует предусматривать самостоятельную проводку. Нагревательные приборы, включаемые в сеть напряжением 380/220 В, должны иметь приспособления для заземления металлических частей. Необходимо следить, чтобы предметы, на которых установлены электронагревательные приборы, не нагревались выше 70°С. В свою очередь конструкция приборов должна исключить опасный нагрев подставок и опорных частей. Конструкция подставок играет решающую роль в безопасной эксплуатации приборов. Лучше всего задерживают тепло подставки, выполненные из алюминия или других белых металлов с экраном и особенно с двойным экраном. Подставки в виде плит из керамики или кирпича не могут служить должной теплоизоляцией при длительно включенных утюгах, ввиду прямой теплопередачи от прибора к основанию.

Электроприборы нужно присоединять к сети посредством гибких медных проводов и следить за их исправным состоянием особенно в местах присоединения проводов к приборам и вилкам. В современных электронагревательных приборах в целях уменьшения пожарной опасности установлены устройства контроля за их нагревом: температурные ограничители для автоматического отключения при достижении прибором максимально допустимой температуры; температурные регуляторы для поддержания температуры на определенном уровне. Заводская настройка автоматических ограничителей и регуляторов температуры должна быть защищена от нарушений при эксплуатации приборов. В целях предупреждения пожаров необходима правильная эксплуатация нагревательных электроприборов, а также тщательный и своевременный надзор за их работой. Нельзя оставлять включенные приборы без надзора, особенно на длительное время. Нельзя разрешать пользоваться приборами малолетним детям.

Правила противопожарного режима в РФ.
42.Запрещается:

г) пользоваться электроутюгами, электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами, не имеющими устройств тепловой защиты, а также при отсутствии или неисправности терморегуляторов, предусмотренных конструкцией;

д) применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы;

е) оставлять без присмотра включенными в электрическую сеть электронагревательные приборы, а также другие бытовые электроприборы, в том числе находящиеся в режиме ожидания, за исключением электроприборов, которые могут и (или) должны находиться в круглосуточном режиме работы в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

Контрольные вопросы

1. Промышленные электротермические установки.
2. Пожарная опасность электротермических установок промышленного назначения.
3. Основные противопожарные мероприятия при эксплуатации промышленных электротермических установок.
4. Основные причины пожаров при эксплуатации электроводонагревателей и электрокалориферов.
5. Противопожарные мероприятия при монтаже и эксплуатации электротермических установок сельскохозяйственного назначения.
6. Пожарная опасность бытовых электронагревательных приборов.
7. Меры пожарной безопасности при эксплуатации бытовых электронагревательных приборов.

Занятие 3/6. 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). - Глава 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 инертного 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 = 60-75В 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°, 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 х 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 опрессования, 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 3/7. Электрическое освещение

Учебные вопросы

1. Электрические источники света.
2. Устройство, назначение и классификация электрических светильников.
3. Пожарная опасность электрических светильников с лампами накаливания и люминесцентными лампами.
4. Виды систем освещения.
5. Рабочее освещение.
6. Аварийное освещение безопасности.
7. Аварийное эвакуационное освещение.
8. Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации электрических светильников.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 201-208, 208-224, 228-232.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 254-261.
3. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г №390). - п. 42.

4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - Раздел 6.
5. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 224-225, 232-234.
6. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 261-268.
7. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г №390). – п. 42.
8. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - Раздел 6.
9. Естественное и искусственное освещение: СНиП 23-05-95. 7.1-7.4, 7.21, 7.25, 7.60-7.66.

По принципу преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений источники света делятся на две группы: тепловые (в основном лампы накаливания) и газоразрядные (ртутные трубчатые люминесцентные лампы низкого давления и ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ). К последней группе относятся металлогалогенные лампы (ДРИ, ДРИЗ) и натриевые лампы высокого давления (ДНаТ), а также мощные дуговые ксеноновые трубчатые лампы, типа ДКсТ (только для наружного освещения).

В лампах накаливания излучение происходит от накаленного до высокой температуры (2500-3000 К) вольфрамового тела в стеклянной колбе, в которой создан вакуум или находится инертный газ. Лампы различают по мощности (15-1500 Вт), напряжению (12-220 В), световому потоку, конструктивному исполнению и др. Они делятся на две группы:

общего назначения для общего и местного освещения в быту и промышленности, а также для наружного освещения;

специальные обладающие особым конструктивным исполнением, большой точностью, стабильностью световых и электрических параметров и другими особенностями, определяемыми спецификой их применения (например, вибростойкость, тепло- и холодостойкость и т.д.).

Лампы накаливания состоят из колбы, цоколя и вольфрамовой моноспирали или биспирали. Биспирали применяют в лампах с большими тепловыми потерями (т.е. в газонаполненных от 40 Вт и выше). Наполнение колб ламп криптоном или смесью азота и аргона позволяет снизить испарение вольфрама и довести его температуру до предельной, но несколько увеличивает тепловые потери. Световая отдача газонаполненных ламп поэтому выше, чем у пустотных.

В маркировке ламп буквы означают: В - вакуумная, Г - газонаполненная, Б - биспиральная, К - криптоновая.

Достоинства ламп накаливания – простота устройства, дешевизна, удобство эксплуатации, возможность изготовления в широком диапазоне мощностей и напряжений и др. К основным недостаткам относятся: весьма

низкая экономичность (только 2-4 % потребляемой ими электроэнергии превращается в световую), относительно малый срок службы, пожарная опасность.

В лампах накаливания с вольфрамогалогенным циклом используется йод, бром, хлор и сложные галогенорганические соединения.

Более экономичными, чем лампы накаливания, являются газоразрядные лампы. Большинство из них представляет собой запаянную стеклянную колбу цилиндрической, сферической или иной формы с впаянными электродами. Обычно колба заполнена либо инертным газом, либо газом и небольшим количеством металла (например, ртути, натрия, кадмия). Если к электродам приложить достаточное напряжение (называемое напряжением зажигания), между ними возникает электрический разряд, который вызовет свечение газа. В зависимости от давления газа и паров металла в рабочем режиме различают газоразрядные лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления. Эти лампы разделяются на лампы тлеющего, дугового и импульсного разрядов.

Все разрядные лампы (кроме ксеноновых трубчатых типа ДКСТ) включаются в сеть через индуктивные или емкостные балластные сопротивления. Балластные сопротивления (дроссели) являются составной частью пускорегулирующих аппаратов (ПРА), которые включают также конденсаторы и стартеры. Наиболее широко для освещения применяются *люминесцентные трубчатые лампы низкого давления*. Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную цилиндрическую трубку, заполненную аргоном и дозированным количеством ртути. На концах трубки расположены биспиральные вольфрамовые электроды, концы которых выведены через цоколи наружу. Напряжение вызывает электрический разряд в газовом наполнении. Невидимое ультрафиолетовое излучение, возникающее при разряде и составляющее около 85 % всей энергии излучения (электролюминесценция), облучает тонкий слой люминофора на внутренней поверхности трубки и вызывает его свечение - фотолюминесценцию. Благодаря этому люминесцентные лампы обладают значительно более высокой экономичностью. Температура стеклянной трубки не превышает 50 °С, что делает их менее пожароопасными по сравнению с лампами накаливания.

Лампы для общего освещения различаются по цветности: дневного (ЛД), белого (ЛБ), тепло-белого (ЛТБ) света и дневного с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ).

Люминесцентные лампы включаются в сеть переменного напряжения 220 В с пускорегулирующей аппаратурой (ПРА), которая обеспечивает зажигание лампы, нормальный режим работы и устранение радиопомех.

Стартерные схемы включения ламп просты и дешевы. Однако стартер уменьшает эксплуатационную надежность схемы. Его неисправность приводит к снижению срока службы ламп.

Дуговые ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью (типа ДРЛ) бывают двухэлектродными и четырехэлектродными мощностью 80–1000 Вт. Они сочетают высокую световую отдачу трубчатых люминесцентных ламп низкого давления и значительную световую мощность в относительно небольшом объеме.

Двухэлектродная лампа ДРЛ представляет собой толстостенную кварцевую трубку (горелку) с самокалящимися электродами, заполненную парами ртути и аргоном под давлением $5 \cdot 10^5 – 10^6$ Па. Трубка заключена в наружную стеклянную колбу из термостойкого стекла, покрытую внутри слоем люминофора. Форма колбы близка к форме лампы накаливания и заканчивается цоколем. Люминофор преобразует ультрафиолетовый поток, проходящий через горелку, в оранжево-красное излучение, исправляя цветность излучения лампы. Спектр лампы становится близким к дневному свету.

Включение ламп ДРЛ производится с помощью ПРА.

Повторное включение лампы возможно только после ее остывания в течение 10-15 мин. Поэтому лампы ДРЛ не разрешается использовать для аварийного освещения. Их целесообразно применять для освещения улиц и площадей, высоких производственных помещений.

На основе ртутных ламп высокого давления путем введения светоизлучающих добавок (редкоземельных элементов) и оптимизации термических и электрических параметров разряда изготавливается металлогалогенные газоразрядные лампы МГЛ. Они все более вытесняют другие источники света из тех областей освещения, где требуется улучшенная цветопередача и высокая освещенность.

Наряду с многими достоинствами большинству газоразрядных ламп присущи и недостатки: сложность включения в сеть, применение ПРА, в которой теряется до 20-30 % энергии, чувствительность к изменениям внешней температуры, неудобные размеры (конструктивные формы).

Электрические светильники. Для освещения помещений или открытого пространства обычно требуется рационально распределить световой поток: направить его вниз или вверх, сконцентрировать на рабочем месте и т.д. В этих целях применяются осветительные приборы, которые разделяются на приборы ближнего (до 20-30 м) действия - светильники и на приборы дальнего действия - прожекторы.

Светильник состоит из источника света и осветительной арматуры, перераспределяющей световой поток. Она также предохраняет глаза от чрезмерной яркости источника света, а лампу - от механических повреждений, защищает полости расположения источника света и патрона от воздействия окружающей среды и т.д.

В общем случае осветительная арматура светильника состоит из корпуса, отражателя, рассеивателя или защитного стеклянного колпака, патрона, защитной сетки, узлов крепления деталей и самой арматуры. Ввод

проводов производится через штуцер и сальник. Отражатель и рассеиватель ограничивают слепящее действие источника света. В светильниках с рассеивателями ограничение слепящего действия достигается подбором рассеивателя. В светильниках с отражателями, но без рассеивателей слепящее действие ограничивается защитными углами светильников.

Светильники классифицируются по характеру светораспределения, целевому назначению, способу установки, защите от воздействия окружающей среды и т.д. В России действуют стандарты по защите светильников от пыли и воды, оказывающих большое влияние на надежность светильников, безопасность обслуживания и пожарную безопасность.

Использование общепромышленных светильников общего назначения во взрывоопасных зонах за небольшим исключением недопустимо. В них необходимо применять взрывозащищенные светильники. Взрывозащита светильников основывается на одном виде или сочетании нескольких видов: взрывонепроницаемости (взрывонепроницаемая оболочка), повышенной надежности против взрыва (защита вида «е»), заполнении всего либо части объема оболочки воздухом или инертным газом под избыточным давлением или прозрачными жидкостями, а также на применении устройств, обеспечивающих автоматическое отключение электродов лампы при разрушении колбы (электромеханическая или пневматическая блокировка). Поэтому такие светильники могут иметь следующие виды взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка, защита вида «е» (повышенной надежности против взрыва) и специальный вид взрывозащиты.

Взрывонепроницаемые светильники. Все части таких светильников, где могут появиться искрение или высокая температура (патрон, источник света и др.), заключаются во взрывонепроницаемую оболочку. Оболочка может состоять из корпуса и защитного стеклянного колпака.

Например, светильник В3Г-200АМ состоит из корпуса, стяжного кольца, защитного колпака из прозрачного стекла, защитной сетки, отражателя и взрывонепроницаемого патрона. Этот светильник имеет вводное устройство, состоящее из нажимной муфты, корпуса со съемной крышкой и резинового уплотняющего кольца с тремя отверстиями для проводов или одним для кабеля. Это устройство позволяет вводить в светильники провода (в стальных трубах) и кабели с обычной (ненагревостойкой) изоляцией, которыми выполняется обычно осветительная сеть. Затяжкой болтов, соединяющих нажимную муфту с корпусом вводного устройства, достигается надежное уплотнение вводов. Провода присоединяются к фазному, нулевому и заземляющему контактным выводам в корпусе вводного устройства. Зарядку светильников на участке от контактных выводов патрона до контактных выводов в вводном устройстве производит предприятие-изготовитель проводом марки ПРКС.

Одним из наиболее важных узлов взрывонепроницаемых светильников является патрон. Конструкция его зависит от типа светильника: взрывонепроницаемый патрон или патрон с электрическими (электромеханическими) блокировками.

Светильники повышенной надежности против взрыва. Взрывозащита таких светильников обеспечивается прочностью (но не взрывоустойчивостью) металлического корпуса и защитного стеклянного колпака, применением взрывонепроницаемого патрона и уплотняющих резиновых прокладок в месте ввода проводов и в соединении корпуса со стеклянным колпаком, а также тепловым режимом, при котором температура наиболее нагретых частей не превышает допустимой для указанных групп взрывоопасных смесей. Например, НЗБ-150М.

Выбор светильников. По условиям пожарной безопасности наибольший интерес представляет выбор светильников в зависимости от характеристики среды. Электрические светильники выбираются по паспортным данным для того или иного класса помещения в зависимости от физико-химических свойств среды в данном помещении (наличие влаги, пыли, высокой температуры, химически активных веществ и т.п.). Для пожароопасных зон электрические светильники выбираются по степени защиты оболочки, а для взрывоопасных зон по требуемому уровню взрывозащиты, по категории и группе взрывоопасной смеси, которая обращается в данной взрывоопасной зоне.

Переносные светильники для пожароопасных зон всех классов должны иметь исполнение не ниже IP54, а лампы закрываться сплошным стеклянным колпаком, защищенным металлической сеткой.

Пожарная опасность осветительных приборов обусловливается наличием в них источника света, контактных элементов и ПРА. Основная часть подводимой к источникам света электрической энергии непосредственно переходит в тепловую, вследствие чего колба лампы и некоторые элементы осветительной арматуры нагреваются до весьма высокой температуры. Соприкосновение нагретых частей, особенно колб ламп накаливания или ДРЛ (высокотемпературные источники света), с горючими материалами может вызвать загорание и пожар.

Таким образом, пожарную опасность, например, ламп накаливания принято оценивать возможностью возникновения пожара от соприкосновения (или опасного приближения) лампы и горючего материала или возникновения пожара от попадания на окружающие горючие материалы раскаленных элементов ламп, образующихся при ее разрушении.

Иногда к этим двум возможностям добавляется и третья – загорание патрона или питающих проводов.

Исправность и срок службы дросселей и трансформаторов, входящих в ПРА, для люминесцентных ламп определяется в основном состоянием и

сроком службы изоляции обмоточных проводов. При этом повышение температуры изоляции этих проводов на 10°С сверх предельно допустимого значения сокращает срок службы дросселей и трансформаторов на 50 %; повышение температуры на следующие 10 °С – на 50 % оставшегося срока службы и т.д. Наиболее чувствительны к повышению температуры входящие в ПРА конденсаторы. Превышение температуры конденсатора сверх предельно допустимой на 10°С сокращает срок службы почти на 80 %. Наблюдается также значительный нагрев деталей патронов и подходящих к ним проводов.

При оценке пожарной опасности источников света следует учитывать также существенное повышение температуры колбы лампы из-за загрязнения производственной пылью, нарушения теплообмена с окружающей средой, а также следует учитывать значительные температуры не только непосредственно на колбе лампы, но и на небольшом расстоянии от нее.

Таким образом, надежность и пожаробезопасность светильников в значительной степени зависит от их теплового режима. При несоответствии теплового режима светильников и температурных характеристик примененных в них комплектующих изделий и материалов сокращается их срок службы из-за: КЗ и замыканий на корпус монтажных проводов вследствие высыхания и выкрашивания их изоляции; припаивания цоколей ламп к контактам патронов и нарушения пружинящих свойств этих контактов; обгорания пластмассовых патронов; высыхания уплотняющих прокладок и потери необходимой герметизации светильников; сокращения срока службы ламп и ПРА и выхода из строя ПРА в результате межвитковых замыканий и пробоев на корпус, пробоя конденсаторов с возможностью загорания и др.

Нередко пожары от ламп накаливания возникают в результате использования ламп повышенной мощности, не предусмотренной типом светильника. Поэтому часты случаи загорания пластмассовых плафонов. При определенных условиях в лампах накаливания возникают дуговые разряды между электродами, которые могут вызвать взрыв колбы или проплавление ее частицами никеля, образующимися в результате расплавления дугой электродов. В любом случае аварийный режим сопровождается образованием и выбросом источников зажигания: частиц никеля, расплавленной вольфрамовой спирали и конструктивных элементов, нагретых до высокой температуры (500-1500 °С).

При взрыве колбы лампы размер зоны поражения частицами не зависит от положения лампы в пространстве, а радиус размера частиц составляет примерно 3 м. Вертикально падающие частицы сохраняют зажигательную способность при падении с 8-10 м.

Пожарная опасность светильников с люминесцентными лампами определяется тремя факторами: схемой зажигания (пуска), материалом рассеивателя и качеством ПРА.

Рассматривая пускорегулирующий аппарат как возможный источник зажигания, следует отметить, что пожарная опасность ПРА заключается главным образом в воспламенении горючих электроизоляционных материалов вследствие перегрева обмотки дросселя.

Электрическая изоляция обмотки состоит из материалов с разными физико-химическими характеристиками и неодинаковыми показателями пожарной опасности (горючесть, температура воспламенения, дымообразующая способность и т.п.). Катушка из провода с эмальизоляцией и различные электроизоляционные прокладки пропитываются лаками или компаудами, имеющими сложный состав.

Причинами загораний ПРА могут явиться также повышенное переходное сопротивление контактных соединений, межвитковое короткое замыкание в обмотке и другие явления и факторы, являющиеся чаще всего следствием нарушения технологии их изготовления.

Исследования показали, что ПРА становится пожароопасным при замыкании более чем семи витков обмотки дросселя.

Применяются стартерная и бесстартерная схемы зажигания светильников с люминесцентными лампами. Пожарная опасность светильников с обеими схемами зажигания одинакова.

Причиной перегрева обмоток дросселя обычно является детектирование (выпрямление) тока некоторыми люминесцентными лампами к концу срока службы, приводящее к повышению температуры дросселя выше 180 °С.

Особую опасность в светильниках с люминесцентными лампами представляют рассеиватели, которые, как правило, выпускаются из горючего материала: полиметилметакрилата, поливинилхлоридной пленки, полистирола и т.п.

Пожарная опасность светильников повышается от неисправностей в осветительной арматуре, например, ослабление присоединения проводов к электрическому патрону вызывает нагрев контактов, искрение и загорание изоляции и пластмассы патрона. Бывают КЗ у ввода приводов в светильник, а также в патроне из-за небрежности при монтаже или недоброкачественном его изготовлении.

В люминесцентных светильниках недоброкачественное изготовление контактного соединения в патронах ламподержателей и стартеродержателей приводит к «миганию» ламп и последующему пробою бумажного диэлектрика конденсатора из-за повышенного напряжения, а затем к его воспламенению.

В практике применяются различные системы и виды электрического освещения:

общее, предназначенное для освещения помещения (или части его) с относительно равномерной освещенностью или для локализованного освещения;

местное, предназначенное для освещения только рабочих мест (стационарное или переносное);

комбинированное, представляющее совокупность общего и местного освещения.

Различают следующие виды освещения:

рабочее, обеспечивающее надлежащие условия видения при работе.

аварийное освещение безопасности, служащее для временного продолжения работы;

аварийное эвакуационное освещение, обеспечивающее при отключении рабочего освещения безопасную эвакуацию из помещения.

Аварийное освещение безопасности для продолжения работы должно применяться в помещениях и на открытых пространствах в случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормальной работы персонала может вызвать взрыв, пожар, отравление газами, длительное расстройство технологического процесса, нарушение работы таких объектов, как электростанции, узлы радиопередачи, водоснабжения, теплофикации.

Аварийное эвакуационное освещение должно применяться:

а) в производственных помещениях с постоянной работой персонала, если при отключении рабочего освещения возникнет опасность травматизма из-за продолжения работы оборудования или наличия мест, опасных для прохода людей;

б) в производственных помещениях с числом работающих более 50 человек, независимо от признаков, указанных в пункте «а»;

в) в основных проходах или на лестницах, служащих для эвакуации людей из производственных или общественных зданий, где работают или пребывают более 50 человек;

г) на рабочих местах, открытых пространствах, если эвакуация связана с повышенной опасностью травматизма;

д) в отдельных непроизводственных помещениях, где одновременно могут находиться более 100 человек (большие аудитории, зрительные залы, красные уголки и т.п.);

е) в детских домах, садах и яслях, независимо от числа лиц, пребывающих в здании;

ж) на лестницах жилых зданий, имеющих более 6 этажей.

Светильники аварийного освещения присоединяются к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции, а при наличии только одного ввода – начиная от этого ввода. Допускается

питание аварийного освещения от сети рабочего освещения с автоматическим переключением на независимые источники питания при аварийных режимах. Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом или размером, или же на них должны быть нанесены специальные знаки. Аварийное освещение должно создавать освещенность для эвакуации по линиям основных проходов на уровне пола и на ступенях лестниц не менее 0,5 лк. Сеть охранного освещения, как правило, следует выполнять раздельно от остальной сети наружного освещения.

Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации электрических светильников. При проектировании электрического освещения необходимо, чтобы все осветительные установочные электроизделия (светильники, ПРА, выключатели, штепсельные розетки и др.) соответствовали среде помещений и наружных установок. Влага, пыль, едкие пары и газы, находящиеся в помещении, не должны оказывать влияния на состояние светильников и другое оборудование, а их конструкция не должна быть причиной пожара, взрыва и (или) поражения током.

Основными мероприятиями по снижению пожарной опасности ПРА являются применение в их конструкциях трудногорючих композиций, изготовление ПРА полностью в металлических оболочках, повышение показателей надежности стартеров и конденсаторов, оптимизация конструкций дросселей по температурным режимам, применение конденсаторов в керамических корпусах. Эффективным средством повышения пожарной безопасности ПРА является введение в его конструкцию термопредохранителей и термовыключателей, срабатывающих при превышении допустимой температуры корпуса дросселя.

В пожаровзрывоопасных зонах применяют светильники только с соответствующими уровнем, видом взрывозащиты.

Для освещения взрывоопасных зон всех классов со средами, для которых нет соответствующих светильников, можно применять невзрывозащищенные светильники:

за неоткрывающимися окнами и окнами без фрамуг и форточек; снаружи здания, причем в случае одинарного остекления окон светильники должны иметь защитные стеклянные колпаки;

в стеклянных нишах с двойным остеклением и естественной вентиляцией;

через специальные фонари с двойным остеклением и естественной вентиляцией;

в коробах, продуваемых под избыточным давлением.

Во взрывоопасных зонах эффективны осветительные установки со щелевыми световодами.

Выключатели осветительных цепей следует устанавливать за пределами взрывоопасных зон.

При монтаже и эксплуатации необходимо надежно крепить арматуру светильников. Монтаж светильников рекомендуется выполнять одновременно с прокладкой трубопроводов для электропроводки. Для взрывоопасных зон всех классов светильники заряжаются тремя проводами фазный присоединяется к центральному зажиму, соединенному с винтовой гильзой патрона, защитный нулевой проводник – к винту заземления в корпусе светильника.

В зоне класса В-I для присоединения проводов зануления корпусов светильников должен быть проложен дополнительный провод от нулевой шины группового щитка. Во взрывоопасных зонах остальных классов провода зануления светильников следует присоединять к нулевому рабочему проводу в ближайшей разветвительной коробке.

Светильники должны заряжаться проводами с термостойкой изоляцией (например, ПРКС или ПРБС), так как при эксплуатации их обычная изоляция проводов перегревается. Это приводит к коротким замыканиям. Такой способ зарядки термостойким проводом необходим только для тех взрывозащищенных светильников, у которых отсутствует специальное вводное устройство и заводская зарядка при изготовлении. В настоящее время заводы электротехнической аппаратуры приступили к выпуску светильников (например, НЗБН-150, ВЗГ-200АМС, ВЗГ/В4А-200МС) с вводными устройствами и зарядкой термостойким проводом. Это исключает необходимость зарядки таких светильников на участке от разветвительной коробки до присоединительных зажимов внутри вводных устройств проводом марки ПРКС. Ввод в указанные светильники необходимо выполнять открыто прокладываемыми трехжильными кабелями или тремя проводами в трубах тех же марок, которые применены в групповых сетях.

При эксплуатации светильников особенно внимательно следят за состоянием средств взрывозащиты, предотвращающих и локализующих взрыв взрывоопасной смеси. На всех осматриваемых взрывозащитных поверхностях соединений должны отсутствовать забоины, царапины, сколы, увеличивающие ширину щели или уменьшающие минимально допустимую длину сопряжения. Нельзя допускать срыва, сколов и других дефектов резьбы.

В светильниках повышенной надежности против взрыва выборочно проверяется состояние резиновых уплотнительных прокладок, которые обеспечивают герметичность соединения корпуса светильника с защитным колпаком. Резиновые кольца, имеющие повреждения или потерявшие эластичность, заменяются. У всех взрывозащищенных светильников проверяется целостность светопропускающего элемента. Если у стекла имеются трещины, сколы и другие дефекты, заменяется весь светильник. В

светильник разрешается устанавливать источник света, тип и мощность которого оговорены инструкцией завода-изготовителя. Производить смену ламп во включенных светильниках запрещается.

Контрольные вопросы

1. Виды систем освещения.
2. Аварийное освещение безопасности.
3. Аварийное эвакуационное освещение.
4. Обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации электрических светильников.
5. Электрические источники света.
6. Общее устройство электрических светильников с лампами накаливания.
7. Общее устройство электрических светильников с люминесцентными лампами.
8. Пожарная опасность электрических светильников с лампами накаливания.
9. Пожарная опасность электрических светильников с люминесцентными лампами.

Занятие 3/9. Заземление (зануление) электроустановок

Учебные вопросы

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

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 235-236, 237-254, 255-260, 264-266, 266-267.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 268-273.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - Главы 1.7, 7.3.

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 проявлениями 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, нарушающие ритмичное нагнетание крови в сосуды и приводящие 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 заземления 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 глухозаземленной нейтралью не применять защиту, прикосновение к металлическому корпусу, соединившемуся с любой из фаз, опасно. Однако обеспечить безопасность персонала в электроустановках с заземленной нейтралью так же, 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 заземлений 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 насыщенных 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 удается во время аварийных режимов уравнять 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 металлической 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 проложенные 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 заземлитетелями.

Если естественных заземлителей нет или их использование не дает нужных результатов, применяют искусственные заземлители – вертикально забитые стержни (электроды) из круглой или угловой стали из газоводопроводных (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. Естественные

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 покрывают 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.

РАЗДЕЛ 4. МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Занятие 4/2. Статическое электричество

Учебные вопросы

1. Способы устранения опасности статического электричества.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 339-341, 349-372.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. – с. 276-280.

Статическое электричество может вызвать воспламенение взрывоопасной смеси при совокупности следующих условий:

-наличии источника статических электрических разрядов;

-накоплении значительных зарядов на контактирующих поверхностях;

-достаточной разности потенциалов для электрического пробоя среды;

-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 сливоналивного 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 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 изолирован 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,

полиграфической 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, и 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 наливе 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 всклубливания 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.

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.

Занятие 4/4. Молниезащита зданий и сооружений

Учебные вопросы

1. Молния и её характеристики.
2. Аналитическое определение параметров и графическое построение зон защиты молниеотводов.

Литература

1. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. - с. 277-283,311-318.

2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций: СО 153-34.21.122-2003. Главы 2.3, 3.3.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: РД 34.21.122-87. Приложения 1, 2, 3, 4 Глава 2.

Молния представляет собой электрический разряд в атмосфере между заряженным облаком и землей, между разноименно заряженными частями облака или соседними облаками. Длина ее канала обычно достигает нескольких километров, причем значительная его часть находится в грозовом облаке.

До появления разряда происходит накопление и разделение электрических зарядов в облаке, чему способствуют аэродинамические и термические процессы: восходящие воздушные потоки, конденсация паров на высоте от 1 до 6 км, образование капель, их дробление. Вертикальные потоки теплого воздуха могут создаваться при усиленном местном нагреве почвы (тепловые грозы, охватывающие небольшое пространство) и во время вторжения клиновидной массы холодного воздуха (фронтальные грозы).

Нормально земля заряжена отрицательно. Второй «обкладкой» этого сферического конденсатора является положительно заряженная ионосфера, расположенная очень высоко. Под действием электрического поля падающая капля поляризуется, в нижней ее части появляется положительный заряд, в верхней – отрицательный. Движущиеся в восходящем потоке воздуха электроны притягиваются нижней частью капли, а более положительные инерционные ионы воздуха отталкиваются и уносятся далее, сосредоточиваясь вверху. В результате этого капли получают суммарный отрицательный заряд и наполняют нижнюю часть облака. Внутри облака образуется электрическое поле. Нижняя часть индуцирует на поверхности земли положительный заряд и появляется местное грозовое электрическое поле.

Разряд облака на землю имеет вид линейной молнии и начинается в большинстве случаев при высокой концентрации в нем зарядов и высокой напряжённости электрического поля у его выступающих частей. Этому благоприятствует меньшая плотность воздуха вокруг облака, чем плотность у земли.

Нисходящий разряд между облаком и землей разделяется на лидерный и главный. Он обычно начинается с прорастания от облака к земле слабосветящегося канала – ступенчатого лидера, движущегося прерывисто (ступенями). Длина каждой ступени около 50 м. В большинстве случаев (до 90 %) заряд облака и нисходящий ступенчатый лидер имеют отрицательную полярность. Вокруг него образуется значительная ионизированная область воздуха, созданная электрическим полем. После

прорастания каждой ступени наступает пауза. Приближение его к земле обусловливает возрастание электрической напряженности, канал лидера заполняется отрицательным зарядом. Возрастает и плотность индуцированных зарядов на земле или на ближайших объектах. Ток в лидере нарастает постепенно и редко превышает сотни ампер.

По мере приближения ступенчатого лидера к земле напряженность электрического поля на вершине возвышающегося заземленного объекта увеличивается и может превысить критическую. С объекта начинает развиваться встречный лидер, а ступенчатый при этом может изменить направление, отклоняясь к развивающемуся от объекта встречному и соединяясь с ним.

Длина встречного лидера обычно незначительна и для большинства случаев не превышает 20-30 м. Встречный лидер имеет важное значение в развитии молнии. Он формирует завершающий участок траектории и в значительной степени предопределяет место поражения. Когда ступенчатый лидер соприкоснется с землей или встречным лидером, возникает главный разряд. Он связан с нейтрализацией отрицательных зарядов лидера положительными зарядами земли и напоминает короткое замыкание. Можно рассматривать это явление и как освобождение лидера от отрицательных зарядов. Такой процесс направлен снизу вверх и протекает весьма быстро (за 50÷100 мкс). Главный разряд сопровождается очень интенсивным свечением канала, уменьшающимся при приближении к облаку, а также мощным звуковым эффектом (громом). Ток главного разряда достигает большой величины (десятки и сотни кА за 50-100 мкс) и способен разогреть канал до температуры более 30000°С. Вокруг него образуется ионизированная область, исчезающая после окончания главного разряда через 0,03-0,05 с. Затем образуется ток после свечения величиной от 10 до 1000 А. Длительный ток в этой финальной стадии молнии является одной из основных причин ее термического воздействия.

Отрицательная молния изучена более полно, ее параметры известны с большей достоверностью, так как данные о нисходящих молниях накапливались продолжительное время в разных районах земного шара.

Чем выше объект, тем меньше ток главного разряда при одной и той же вероятности его появления. Но особенность состоит не в меньших токах, а в том, что высокие объекты будут чаще поражаться прямыми ударами. Сведения о восходящих молниях появились лишь в последние десятилетия, когда начались систематические наблюдения за грозопоражаемостью очень высоких сооружений, например Останкинской телевизионной башни.

Наибольшую опасность представляет нисходящая отрицательная молния между облаком и землей (объектом) в виде линейной молнии, с которой связано подавляющее большинство пожаров и повреждений зданий, сооружений, линий электропередач, подстанций.

Таким образом, для молниезащиты представляет интерес только линейная, а не шаровая молния как редкое явление. Электрическими характеристиками молнии являются амплитуда тока, крутизна тока молнии, длина фронта волны и длина волны. Они важны при расчете различных воздействий молнии.

Амплитуда изменяется в очень широких пределах, достигая иногда 230-250 кА. Чем больше амплитуда, тем меньше вероятность ее появления.

Видно, что амплитуда в 100 кА и выше возникает очень редко и составляет около 2 % общего числа разрядов. Наиболее часты амплитуды более 30 кА. Они появляются примерно в 50 % случаев. Расчетной величиной считают 100 кА.

Крутизна характеризует скорость нарастания тока, т.е. отношение приращения тока к очень малому промежутку времени, и является переменной величиной. Она меньше в начале и в конце восходящей ветви тока, на которой происходит быстрое его изменение, и велика в ее середине. Крутизна всегда превышает 5 кА/мкс и может достигать 80 кА/мкс. Максимальная расчетная крутизна принимается равной 50 кА/мкс. Крутизна важна для расчета индуктивного падения напряжения в проводниках цепи тока молнии. Она определяет в основном и наведенные ЭДС, и разности потенциалов в тех контурах, на которые молния прямо не воздействует (провода электрической сети, антенны, трубопроводы).

Длина фронта время от начала до конца нарастания тока молнии. На этом участке изменение тока наиболее интенсивное. Длина фронта составляет 1,5–10 мкс. Чем больше амплитуда, тем обычно больше и длина фронта. За расчетную величину рекомендуется принимать 1,5 мкс.

Длина волны время, протекающее от начала до того момента, когда ток молнии падает после максимума до величины, составляющей половину максимального значения и изменяется от 20 до 100 мкс. За расчетную величину принимают 50 мкс.

Зоны защиты молниеотводов. Защитное действие молниеотводов основано на свойстве молнии поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения. Во время лидерной стадии разряда на вершине молниеотвода скапливаются заряды, создающие на ней очень большие напряженности электрического поля, куда и направляется разряд. Развитие с молниеотвода встречного лидера еще более усиливает напряженность поля в направлении лидера молнии и окончательно предопределяет ее удар в молниеотвод.

Под зоной защиты понимают пространство в окрестности молниеотвода, характеризующееся тем, что вероятность прорыва молнии к любому объекту внутри зоны не превышает некоторой достаточно малой величины. Конфигурация и размеры зон защиты получены на основе модельных экспериментов и расчетов и было предложено два типа зон

защиты: зона типа А, обладающая степенью надежности 99,5 % и выше, и типа Б – 95 % и выше. Степень надежности защиты объекта в любом случае возрастает, когда объект удается расположить в глубине зоны защиты молниеотводов.

По типу молниеприемников молниеотводы делятся на *стержневые, тросовые и сеточные*; по количеству и общей зоне защиты – на *одиночные, двойные и многократные*. Кроме того, различают *молниеотводы отдельно стоящие, изолированные и не изолированные от защищаемого здания*. Чаще используют стержневые молниеотводы. Ниже дается методика построения и расчета зон защиты для молниеотводов высотой до 150 м, которые преимущественно поражаются нисходящими молниями.

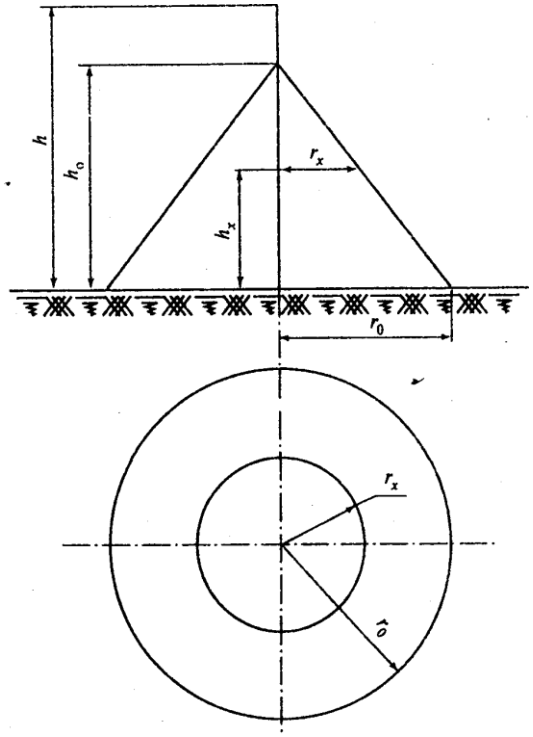


Рис. 3. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

При одиночном стержневом молниеотводе зона защиты (при $h \le 150$ м) представляет собой конус. Вершина конуса находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом R_0. Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защитного уровня сооружения h_x представляет собой круг радиусом R_x. Эти величины определяются следующим образом.

Зона типа А:

$$h_0 = 0{,}85h;$$

$$R_0 = (1{,}1\text{-}0{,}002h)h;$$

$$R_x = (1{,}1\text{-}0{,}002h)(h\text{-}h_x/0{,}85).$$

Зона типа Б:

$$h_0 = 0{,}92h;$$

$$R_0 = 1{,}5h;$$

$$R_x = 1{,}5(h\text{-}h_x/0{,}92).$$

Для зоны типа Б высота молниеотвода при известных величинах R_x и h_x может быть определена по формуле

$$h = (R_x+1{,}63h_x)/1{,}5.$$

Одиночный тросовый молниеотвод. Здесь h – высота троса в точке наибольшего провеса. С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм^2 при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета $\alpha < 120$ м высота троса $h = h_{оп}$-2 м, а при α = 120-150 м $h = h_{оп}$-3 м.

Конфигурацию и размеры зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов определяют по формулам.

Зона типа А:

$$h_0 = 0{,}85h;$$

$$R_0 = (1{,}35\text{-}0{,}0025h)h;$$

$$R_x = (1{,}35\text{-}0{,}0025h)(h\text{-}h_x/0{,}85).$$

Зона типа Б:

$$h_0 = 0{,}92h;$$

$$R_0 = 1{,}7h;$$

$$R_x = 1{,}7(h\text{-}h_x/0{,}92).$$

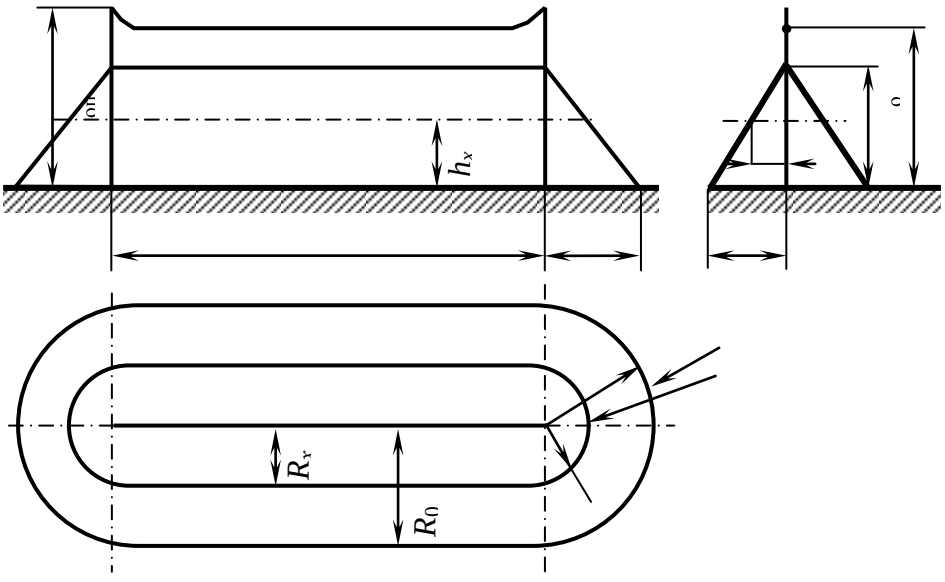


Рис. 4. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных h_x и R_x равна:

$$h = (R_x+1{,}85h)/1{,}7.$$

Контрольные вопросы

1. Опасные проявления молнии.
2. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. Порядок расчёта.
3. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода. Порядок расчёта.

Молниезащита зданий и сооружений

Учебные вопросы

1. 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.
2. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. – с. 287-292.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: РД 34.21.122-87. Раздел 2. (2.1-2.33).

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-Iг.

III категория – несколько вариантов зданий, в том числе: здания и сооружения с пожароопасными зонами классов П-I, П-II и П-IIа 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-III; и другие.

На всей территории России здания и сооружения I 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 II 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-1г, относимые также ко II категории, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории России, а молниеотводы предусматриваются с зонами типа Б.

Здания и сооружения III категории (с зонами классов П-I, П-II, П-IIа) 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 I и II степени огнестойкости при $0{,}1 < N \leq 2$, а для III, 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 2м.

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 обеспечить 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 неизолированными стержневыми, либо тросовыми молниеотводами, обеспечивающими тип зоны в зависимости 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 П-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 крыше 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 1кВ 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. Молниезащита I категории.
2. Молниезащита II категории.
3. Молниезащита III категории.
4. Молниезащита небольших строений.

РАЗДЕЛ 5. НАДЗОР ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Занятие 5/2. Надзорная деятельность за электроустановками

Учебные вопросы

1. Оценка противопожарного состояния отдельных видов электроустановок.
2. Разработка противопожарных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности электроустановок.

Литература

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. - с. 296-302.
2. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.

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 потребителей 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.

Контрольные вопросы

1. Оценка противопожарного состояния отдельных видов электроустановок:
   1.1. Вводы в здания;
   1.2. Распределительные устройства;
   1.3. Внутренние силовые и осветительные сети;
   1.4. Электродвигатели и аппараты управления;
   1.5. Электрические светильники;
   1.6. Устройства молниезащиты и защиты от статического электричества;
2. Разработка противопожарных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности электроустановок.
3. Взаимодействие органов Госпожнадзора и органов Госэнергонадзора.

Занятие 5/3. Техника безопасности при обследовании электроустановок на объекте

Учебные вопросы

1. Правила техники безопасности при обследовании электроустановок на действующем объекте.

Литература

1. Правила по охране труда в подразделениях государственной противопожарной службы МЧС РФ (ПОТРО-01-2002). утверждено Приказом МЧС России от 31.12.2002 N 630.

Правила по охране труда в подразделениях ГПС МЧС РФ (ПОТРО-01-2002).

VII. Требования безопасности при проведении обследований объектов

400. Перед началом обследования организаций сотрудники органов управления и подразделений ГПС должны изучить меры безопасности, установленные в данной организации.

401. При проведении обследований:

- специальных производств, лабораторий, научно-исследовательских учреждений и т.п., в которых имеются тепловые, шумовые, вибрационные и другие вредные условия труда, а также хранятся и обращаются радиоактивные, взрывчатые вещества, токсичные газы и пары, используются взрывоопасное оборудование, сосуды, работающие под высоким давлением, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, а также ведутся особо опасные для здоровья человека работы, применять все меры предосторожности, изложенные в правилах, инструкциях, положениях и других документах по охране труда, разработанных для этих организаций и производств;

- в организациях, имеющих опасные производства, на строительных площадках и т.д. обязательно применять средства индивидуальной защиты, предусмотренные отраслевыми Правилами по охране труда этих объектов (производств);

- животноводческих комплексов, цирков, зоопарков и т.п. соблюдать особую осторожность при нахождении вблизи крупного рогатого скота, лошадей, хищных зверей и т.д.;

- высотных зданий и сооружений не подходить к краю крыш, перекрытий, площадок, где отсутствуют ограждения. Использовать в необходимых случаях спасательные веревки, соблюдать осторожность при передвижении вблизи технологических и других проемов;

- в лечебно-оздоровительных учреждениях следует получить у администрации необходимую информацию о правилах поведения и выполнять их, соблюдать особую осторожность при встрече с лицами с расстроенной психикой, заразными и инфекционными заболеваниями, проводить проверку только в сопровождении администрации и медицинского персонала учреждения.

Кроме того, при обследовании объекта:

необходимо следить за предупреждающими, запрещающими, предписывающими указателями, плакатами и знаками, неукоснительно их соблюдать (например, «Стой! Высокое напряжение», «Руками не трогать!»);
осмотр электрооборудования производить исключительно внешним осмотром;
при обнаружении грубейших нарушений правил пожарной безопасности, содержания и эксплуатации электрооборудования, которые могут привести к пожарам, взрывам, гибели людей и т.п., необходимо немедленно ставить в известность руководителей всех рангов , вплоть до руководителя объекта; принимать меры самостоятельно или по команде к устранению возникающей опасности и угрозы для жизни персонала;
запрещается самовольно включать бытовые электронагревательные приборы; прикасаться к электропроводкам и кабельным линиям, к электрооборудованию, нажимать или проводить какие-либо операции с коммутирующими и иными аппаратами и приборами (кнопками, выключателями, рубильниками, магнитными пускателями и т.п.); самостоятельно открывать электрические щиты, шкафы, сборки, самостоятельно заходить в помещения РУ;
запрещается трогать приборы контроля, автоматики и сигнализации;
запрещается облокачиваться, садиться на электрощиты, панели управления и т.п.;
запрещается производить какие-либо операции с транспортными средствами (машинами, электрокарами, тракторами и т.п.);
запрещается находиться рядом с погрузочно-разгрузочными механизмами, а также в зоне их действия;
при появлении головной боли, головокружения, слабости и иных недомоганий, следует прекратить обследование, доложить старшим начальникам, для принятия неотложных мер по сохранению здоровья.

Контрольные вопросы

1. Перечислить правила по охране труда и технике безопасности при подготовке к обследованию и при проведении самого обследования как объекта в целом, так и непосредственно электроустановок.

Литература

Основная литература

1. Черкасов В.Н. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок [Текст]: учебное пособие / В.Н. Черкасов, В.И. Зыков. — М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2010. — 406 с., ил.
2. Бондарь В.А. Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности [Текст]: учебное пособие / В.А. Бондарь. — М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2009. — 126 с.

Дополнительная литература

3. Алиев И.И. Кабельные изделия [Текст]: Справочник / И.И. Алиев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: РадиоСофт, 2015. — 224 с.
4. Черкасов В.Н. Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: учебник / В.Н. Черкасов, Н.П. Костарев. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. — 377 с.
5. 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.
6. 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; Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).
7. 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.
8. 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; Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

9. 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.
10. 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).
11. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности». – М., 1994. – 20 с.
12. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». — Новосибирск: Норматика, 2016. – 112 с.
13. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 г. №390 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации». — Екатеринбург: Калан, 2012. – 84 с.
14. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. — Новосибирск: Сиб. унив.изд-во, 2010. — 464 с.,ил.
15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

    Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6. — Екатеринбург: Урал. юрид. из-во, 2004. — 304 с.
16. 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.
17. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений:

РД 34.21.122-87. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 1989. — 56 с.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

18. Безопасность эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: задания и методические указания по выполнению контрольной работы для обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность. /сост. И. Г. Сафронова, Е.А. Контобойцев. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. – 47 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
19. Безопасность эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: методические рекомендации по организации самостоятельного изучения дисциплины. Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность / сост. И. Г. Сафронова, С.В. Субачев. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – 98 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
20. Безопасность эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: методические рекомендации для подготовки к зачету. Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность / сост. И. Г. Сафронова, С.В. Субачев. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – 122 с— Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
21. Безопасность эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: методические рекомендации по изучению дисциплины. Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность / сост. И. Г. Сафронова, С.В. Субачев: – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – 45 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7.

Сафронова Ирина Геннадьевн

Субачев Сергей Владимирович

Безопасность эксплуатации электроустановок

методические указания для самостоятельной работы
(Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
(уровень магистратуры), профиль - Пожарная безопасность)

Подписано в печать _____. Тираж 3 экз.
Объем _____ уч.-изд. л. Печать термографии. Бумага писчая.

Отпечатано в копировально-множительном бюро
ФГБОУ ВО Уральского института ГПС МЧС России
Екатеринбург, ул. Мира 22