



Стерлитамакский филиал БашГУ

Лекция

Пожарная безопасность электроустановок

Старший преподаватель: Щербаков Александр Валерьевич



Список источников

1. Правила устройства электроустановок.

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ

2. [ГОСТ 12.1.044-89 "Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения"](#)

3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.3.047-2012 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. N 1971-ст)

4. Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.004-91 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 14 июня 1991 г. N 875) (с изменениями и дополнениями).

5. СТО 083-004-2010 Молниезащита зданий, сооружений, открытых площадок и промышленных коммуникаций. Технические требования. Проектирование, технология устройства и техническая эксплуатация.



Основные понятия

Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

По конструктивному исполнению электрооборудование подразделяется на электрооборудование общего назначения и взрывозащищенное электрооборудование.

Электрооборудование общего назначения - электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации. Электрооборудование общего назначения классифицируется по степени защиты от взаимодействия с окружающей средой. На корпусе или табличке с паспортными данными наносятся условные обозначения: IP. Первая цифра показывает защиту от попадания внутрь оболочки твердых тел, вторая – воды.

Взрывозащищенное электрооборудование — электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования. Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования: «электрооборудование повышенной надежности против взрыва», «взрывобезопасное электрооборудование» и «особовзрывобезопасное электрооборудование».

Уровень «**электрооборудование повышенной надежности против взрыва**» — взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня — 2.

Уровень «**взрывобезопасное электрооборудование**» — взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня — 1.

Уровень «**особовзрывобезопасное электрооборудование**» — взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня — 0.

В маркировку по взрывозащите электрооборудования входят: знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0); знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование; знак вида взрывозащиты (d, i, q, o, s, e); знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC); знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).



Классификация взрывоопасных зон

При определении взрывоопасных зон принимается, что: а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5% свободного объема помещения; б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5% свободного объема помещения

Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны класса В-I — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.п.

Зоны класса В-Ia — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Iб — зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.



Классификация взрывоопасных зон

Зоны класса В-Iг — пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Iг считается в пределах до: а) 0,5 м по горизонтали, и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Iа, В-II; б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса; в) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса; г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования — в пределах всей площади внутри обвалования; д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ. Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

Зоны класса В-II — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-IIа — зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.



Классификация пожароопасных зон

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Зоны класса П-I — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зоны класса П-II — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха.

Зоны класса П-IIa — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-III — расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ или твердые горючие вещества.



ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН

В пожароопасных зонах любого класса применяются электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют соответствующую степень защиты. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции должно быть предусмотрено устройство для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздуховодах. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и пыли. Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т. п.). Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категорий и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью.



Причины возгораний и пожарная опасность электротехнических устройств

Электротехнические устройства можно объединить в группы по наиболее существенным признакам: конструктивному исполнению, электрическим характеристикам, функциональному назначению.

Причины возгораний 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.



Причины возгораний и пожарная опасность электротехнических устройств

Причины возгораний электродвигателей, генераторов и трансформаторов

1. Перегрев от коротких замыканий в обмотках в результате межвиткового пробоя электроизоляции: в одной обмотке повышенным напряжением; в месте образования микротрещин как заводского дефекта; от старения; от воздействия влаги или агрессивной среды; от воздействия локального внешнего или внутреннего перегрева; от механического повреждения;
2. Перегрев от коротких замыканий на корпус в результате пробоя электроизоляции обмоток: повышенным напряжением; от старения электроизоляции; пробоя электроизоляции обмоток на корпус от механического повреждения электроизоляции; от воздействия влаги или агрессивной среды; от внешнего или внутреннего перегрева.
3. Перегрев от токовой перегрузки обмоток возможен в результате: завышения механической нагрузки на валу; работы трехфазного двигателя на двух фазах; торможения ротора в подшипниках от механического износа и отсутствия смазки; повышенного напряжения питания; длительной непрерывной работы под максимальной нагрузкой; нарушения вентиляции (охлаждения); завышенной частоты включения под нагрузку и выключения; завышенной частоты реверсирования электродвигателей; нарушения режима пуска (отсутствие пусковых гасящих сопротивлений).
4. Перегрев от искрения в контактных кольцах и коллекторе в результате: износа контактных колец, коллектора и щеток, приводящего к ослаблению контактного давления; загрязнения, окисления контактных колец, коллектора; механического повреждения контактных колец, коллектора и щеток; нарушения мест установки токосъемных элементов на коллекторе; перегрузки на валу (для электродвигателей); токовой перегрузки в цепи генератора; замыкания пластин коллектора из-за образования токопроводящих мостиков на угольной и медной пыли



Причины возгораний и пожарная опасность электротехнических устройств

Причины возгораний осветительной аппаратуры

1. Перегрев от электрического пробоя, образования слабого контактного соединения, искрения между токопроводящими элементами и местами с разными потенциалами, токоведущими элементами и корпусами в результате: механического смещения токопроводящих элементов до взаимного сопротивления разными потенциалами; снижения электроизоляционных качеств конструктивных элементов и образования в связи с этим цепей утечки тока от старения, загрязнения поверхностей, от агрессивных воздействий; ослабления контактного давления и в связи с этим увеличения переходного сопротивления в местах подсоединения проводов; ослабления контактного давления и увеличения переходного сопротивления в местах подсоединения источников света (в цоколе, патроне) к питающему напряжению; окисления контактируемых поверхностей и увеличения переходного сопротивления в местах подсоединения источника света (ламп в цоколе, патроне, ламподержателе) к питающему напряжению; использования источников света завышенной мощности, приводящего к перегреву патрона и рассеивающей арматуры.

2. Перегрев в элементах пускорегулирующей аппаратуры люминесцентных ламп и ламп типа ДРЛ в результате: «залипания» стартера, приводящего к токовой перегрузке дросселя; ухудшения естественного охлаждения (теплоотвода) конструктивных элементов, в частности дросселя при сильной запыленности, неправильной установке по месту; электрического пробоя конденсатора, приводящего к токовой перегрузке дросселя; «залипания» стартера, приводящего к расплавлению электродов, перегреву цоколя лампы и ламподержателя; повышенного рассеяния мощности в дросселе из-за расслабления крепления магнитного сердечка; межвиткового замыкания в трансформаторе для бесстартерных схем пуска и питания; электрического пробоя сетевого конденсатора в бесстартерной схеме пуска и питания, приводящего к токовой перегрузке дросселя и трансформатора; обрыва (перегорания) нити накала одного из электродов лампы (от чего лампа работает как выпрямитель), приводящего к токовой перегрузке первичной обмотки трансформатора для бесстартерной схемы пуска и питания



Причины возгораний и пожарная опасность электротехнических устройств

Причины возгораний в распределительных устройствах, электрических аппаратах пуска, переключения, управления, защиты 1. Перегрев обмотки электромагнита от межвиткового замыкания в результате пробоя изоляции: повышенным напряжением; в месте образования микротрещин как заводского дефекта; в месте механического повреждения при эксплуатации; от старения; в месте локального внешнего перегрева от искрящих контактов; при воздействии повышенной влажности или агрессивности среды. 2. Перегрев от токовой перегрузки в обмотке электромагнита в результате: повышенного напряжения питания обмотки электромагнита; длительного разомкнутого состояния магнитной системы при включении под напряжением обмотки; периодического недотягивания подвижной части сердечника до замыкания магнитной системы при механических повреждениях конструктивных элементов устройств; повышенной частоты (количества) включений – выключений. 3. Перегрев конструктивных элементов в результате: ослабления контактного давления в местах подключения токопроводящих проводников, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления; окисления в местах подсоединения токопроводящих проводников и элементов, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления; искрения рабочих контактов при износе контактных поверхностей, приводящего к увеличению контактного переходного сопротивления; искрения рабочих контактов при окислении контактных поверхностей и увеличения переходного контактного сопротивления; искрения рабочих контактов при перекосах контактных поверхностей, приводящих к увеличению контактного сопротивления в местах контактирования; сильного искрения нормальных рабочих контактов при удалении искрогасительных или дугогасительных устройств; искрения при электрическом пробое проводов на корпус, снижении электроизоляционных качеств конструктивных элементов от локального воздействия влаги, загрязнений, старения. 4. Загорания от предохранителей в результате: нагрева в местах рабочих контактов от снижения контактного давления и возрастания переходного сопротивления; нагрева в местах рабочих контактов от окисления контактных поверхностей и возрастания переходного сопротивления; разлетания частиц расплавленного металла плавкой вставки при разрушении корпуса предохранителя, вызванного применением нестандартных плавких вставок («жучков»); разлетания частиц расплавленного металла нестандартных открытых плавких вставок.



Причины возгораний и пожарная опасность электротехнических устройств

Причины возгораний в электронагревательных приборах, аппаратах, установках: 1. Перегрев приборов, аппаратов установок от замыкания электронагревательных элементов в результате: разрушения электроизоляции конструктивных элементов от старения; разрушения электроизоляционных элементов от внешнего механического воздействия; наслаивания токопроводящего загрязнения между токоведущими конструктивными элементами; случайного попадания токопроводящих предметов и замыкания токоведущих электронагревательных элементов; ослабления контактного давления в местах подключения токопроводящих проводников, элементов, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления; окисления в местах подсоединения токопроводящих проводников элементов, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления; пробоя электроизоляции конструктивных элементов повышенным напряжением питания; выкипания нагреваемой воды (жидкости), приводящего к деформации конструктивных элементов, электрическому замыканию и разрушению конструкции нагревателя в целом. 2. Загорания от электронагревательных приборов, аппаратов, установок в результате: соприкосновения горючих материалов (предметов) с нагревательными поверхностями электронагревательных приборов, аппаратов, установок; теплового облучения горючих материалов (предметов) от электронагревательных приборов, аппаратов, установок.

Причины возгораний комплектующих элементов Перегрев от коротких замыканий в результате: электрического пробоя диэлектрика в конструкции комплектующего элемента, приводящего к перегрузке по току; снижения электроизоляционных свойств конструкционных материалов от старения; ухудшения теплоотвода при неправильной установке и (или) эксплуатации; повышенного рассеяния мощности из-за изменения электрического режима при отказе «прилегающих» комплектующих элементов; образования электрических цепей, не предусмотренных конструкцией.



ЗАЩИТА ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ РАЗРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Ряд производственных процессов с участием твердых, жидких или газообразных диэлектрических сред сопровождается статической электризацией, т.е. возникновением и разделением положительных и отрицательных зарядов. Иногда эти заряды быстро стекают в землю, рассеиваются или нейтрализуются. В других случаях они накапливаются и создают поле с высокой электрической напряженностью, обуславливающее электрические разряды (пробой воздуха или среды). В производствах, связанных с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов с наличием горючих пылей и волокон, искровые разряды статического электричества могут вызвать взрыв и пожар. В некоторых случаях статическое электричество приводит к браку продукции, препятствует увеличению скорости работы машин и аппаратов и, следовательно, повышению производительности труда. При определенных условиях разряды статического электричества причиняют травмы обслуживающему персоналу.

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ОПАСНОСТИ 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. 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. Каждая система аппаратов и трубопроводов в пределах цеха должна быть заземлена не менее чем в двух местах. Все резервуары и емкости вместимостью более 50 м³ и диаметром более 2,5 м заземляют не менее чем в двух противоположных точках.



МОЛНИЕЗАЩИТА

Воздействие молнии может быть двояким. Во-первых, оно может поражать здания и установки непосредственно, что называется *прямым ударом*, или *первичным воздействием*.

Прямой удар молнии характеризуется непосредственным контактом канала молнии со зданием или сооружением и сопровождается протеканием через него тока молнии.

Во-вторых, она может оказывать *вторичные воздействия*, объясняемые электростатической и электромагнитной индукцией, а также заносом высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации, что является следствием прямого удара молнии. Вторичные воздействия создают опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Воздействия прямого удара молнии Прямой удар молнии обуславливает следующие воздействия на объекты: *термические, механические и электрические*. Все эти воздействия могут быть причинами пожаров, взрывов, механических разрушений, перенапряжения на пораженных элементах объекта, проводах и кабелях электрических сетей, поражения людей.

Термические воздействия связаны с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым пораженного объекта и при протекании через объект тока молнии. Канал молнии имеет высокую температуру (30 000°C и выше) и запас тепловой энергии. Выделяемая в канале молнии энергия определяется переносимым зарядом, длительностью протекания и амплитудой тока молнии. В 95 % случаев разрядов молнии эта энергия (в расчете на сопротивление 1 Ом) превышает 5,5 Дж, что на несколько порядков превышает минимальную энергию воспламенения газо-, паро- и пылевоздушных смесей. При этом вероятность воспламенения горючей среды зависит не только и не столько от амплитуды тока, сколько от величины и времени протекания длительного тока молнии в ее финальной стадии (ток 100-500 А, время 1-1,5 с). Особую опасность прямой удар молнии представляет для зданий и наружных установок, где по условиям технологического процесса может образоваться взрывоопасная среда, что встречается редко; чаще она образуется при нарушении технологических процессов, авариях оборудования, вентиляции. Опасность поражения прямым ударом молнии некоторых наружных взрывоопасных установок связана с проплавлением молнией металлических поверхностей, перегревом их внутренних стенок или воспламенением взрывоопасных смесей паров и газов, выделяющихся через дыхательные и предохранительные клапаны, газоотводные трубы, свечи. Сюда относятся металлические и железобетонные резервуары со сжиженными горючими газами, многие аппараты наружных технологических установок нефтеперерабатывающих, химических и других объектов.



МОЛНИЕЗАЩИТА

Термическое воздействие токов молнии на проводники вызывает не только их нагрев, но и оплавление. При этом может выделиться такое количество теплоты, которое при недостаточном сечении металла расплавит его или даже испарит. В местах разрыва проводников или плохого электрического контакта обычно появляется искра. При расчете минимальных сечений исходят из условия, что вся тепловая энергия, выделяемая током молнии, идет на нагрев металла токоотвода. Потерей теплоты в окружающую среду из-за кратковременности этого процесса пренебрегают.

Механические воздействия токов молнии обуславливаются ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии. Это воздействие может быть причиной, например, сплющивания тонких металлических трубок и схлестывания проводников. При поражении молнией сооружений из твердого негорючего материала (камня, кирпича, бетона) наблюдаются местные разрушения как результат динамического действия. Наиболее серьезные из них связаны с электрогидравлическими эффектами при разряде молнии. Если между пораженным участком объекта и землей нет токопроводящих путей, его потенциал по отношению к земле достигает высоких значений и возникает пробой (разряд) по пути наименьшей электрической прочности. Ток молнии, устремляясь в узкие каналы пробоя, вызывает резкое повышение температуры и испарение (взрыв) в них материала. При этом давление достигает значительных величин, что приводит к взрыву (расщеплению) токонепроводящих частей объекта, например расщепление деревянных сооружений и деревьев, разрушение незащищенных кирпичных дымовых труб, башен. При этом степень разрушения определяется не столько током молнии, сколько содержанием влаги или газогенерирующей способностью пораженного материала. Известны случаи частичного или даже полного разрушения бетонных и железобетонных сооружений. Это можно объяснить плохими контактами в местах соединений стальной арматуры. При надежных контактах арматура железобетонных сооружений может служить хорошим токоотводом для молнии, так как имеет большое общее сечение, исключая опасные повышения температуры.



МОЛНИЕЗАЩИТА

Электрические воздействия молнии связаны с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжений на пораженных элементах объекта. Перенапряжение пропорционально амплитуде и крутизне тока молнии, индуктивности конструкций и сопротивлению заземлителей, по которым ток молнии отводится в землю. Даже при выполнении молниезащиты прямые удары молнии с большими токами и крутизной могут привести к перенапряжениям в несколько мегавольт. При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии становятся неконтролируемыми и это может увеличить опасность поражения током людей, опасные напряжения шага и прикосновения, а также перекрытия на другие объекты. Поэтому опасно укрываться во время грозы под деревьями, особенно высокими или стоящими отдельно, находиться вблизи металлических труб, мачт, молниеотводов, заземлителей и т.п.

Вторичные воздействия молнии Под вторичными воздействиями молнии подразумеваются явления во время близких разрядов молнии, сопровождающиеся появлением разностей потенциалов на конструкциях, трубопроводах и проводах внутри помещений и сооружений, не подвергающихся непосредственному прямому удару. Они возникают в результате электростатической и электромагнитной индукции. К ним можно отнести также появление разностей потенциалов внутри помещений вследствие заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации (трубопроводы, кабели, воздушные линии).

Заносы высоких потенциалов в здания возможны по рельсовым путям, эстакадам, подземным трубопроводам, кабелям и другим протяженным металлическим коммуникациям и могут сопровождаться мощными электрическими разрядами не только при прямом ударе молнии, но и в том случае, когда эти коммуникации расположены вблизи элементов молниеотводов. Значительное повышение потенциала на молниеотводе при прямом ударе молнии может вызвать перекрытие изоляции по воздуху, земле или дереву на части указанных коммуникаций. Искрообразование внутри взрывоопасных зданий, обусловливаемое заносом высокого потенциала по коммуникациям, является источником взрыва и представляет серьезную опасность для людей.



МОЛНИЕЗАЩИТА

Электростатическая индукция. Накопление в грозовом облаке и частичное перемещение зарядов в формирующийся канал молнии в ее начальной стадии вызывает скопление связанных зарядов противоположного знака на поверхности земли и наземных объектов. Развитие этих процессов происходит относительно медленно, поэтому перемещение зарядов не вызывает внутри наземных объектов заметных разностей потенциалов, несмотря на высокие сопротивления утечки. В стадии главного разряда освобождение связанных зарядов происходит настолько быстро, что могут возникнуть существенные разности потенциалов между металлическими конструкциями и землей, вызванные протеканием токов через большие сопротивления утечки. Разности потенциалов даже при ударах молнии на расстоянии 100 м от здания могут достигать десятков и сотен киловольт и вызывать искры в воздушных промежутках. Несмотря на малую энергию, искры могут быть причиной взрывов в помещениях со взрывоопасными концентрациями горючих смесей газов, паров и пылей. На таких устройствах, как провода воздушных линий (электрических линий связи), освобожденные заряды распространяются в виде волн и создают напряжения по отношению к земле в десятки и сотни киловольт, способные вызывать в них мощные искровые разряды.

Электромагнитная индукция. Разряд молнии сопровождается появлением в пространстве быстро изменяющегося во времени магнитного поля, индуцирующего электродвижущую силу, способную вызвать искрообразование в контурах из различных протяженных металлических предметов (трубопроводов, воздухопроводов, проводов, кабелей). При полностью замкнутом контуре индуцированная ЭДС вызовет электрический ток и небольшое нагревание его элементов, не представляющее, как правило, какой-либо опасности. Контуров могут быть незамкнутыми или иметь плохие контакты в местах соединений (во фланцах трубопроводов), где ЭДС и может вызвать искрение. Величина электродвижущей силы электромагнитной индукции зависит от параметров тока молнии, размера и конфигурации контура и их взаимного расположения.



Категории молниезащиты

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 негорючих 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 предъявляется 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.

I категория – здания и сооружения или их части с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II. 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. 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).

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, к зоне класса П-III.

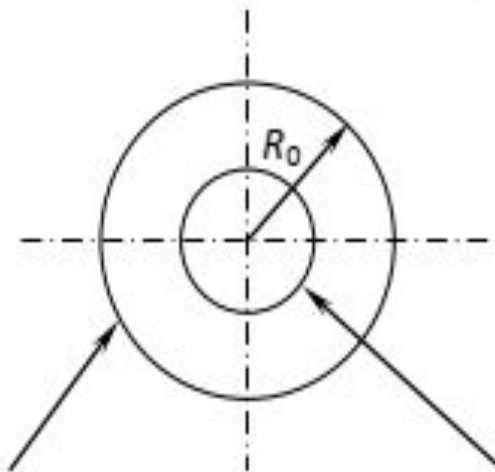
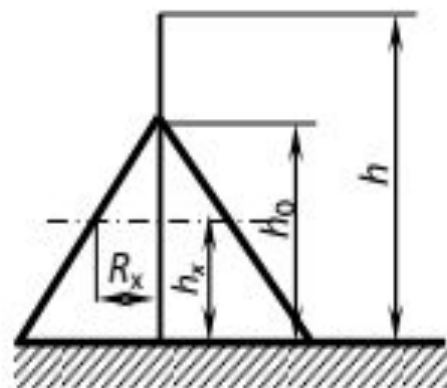


ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

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. Защитное действие молниеотвода характеризуется вероятностью прорыва молнии. Под этой вероятностью понимают отношение числа разрядов молнии в защищаемой объект к общему числу разрядов в систему молниеотвод-объект. При анализе поражения молниями различных сооружений было установлено, что вероятность прорыва молнии к объекту снижается по мере сокращения расстояний между молниеотводом и объектом. Однако определение вероятности прорыва для каждого конкретного сооружения - задача достаточно сложная, поэтому в проектной практике широко пользуются зонами защиты молниеотводов. 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.



ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ



Граница зоны защиты
на уровне земли

Граница зоны защиты
на уровне h_x

Рис. 10.5. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

