**Электробезопасность**

1. Общие сведения

2. Действие электрического тока на человека.

3. Факторы, определяющие исход поражения электрическим током.

4. Анализ опасности поражения электрическим током

5. Средства способы и системы защиты

6. Защитное заземление, зануление, отключение

7. Статическое электричество

8 Молниезащита

**1. Общие сведения**

 *Электробезопасность -* это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих за­щиту людей от опасного и вредного воздействия на челове­ка электрического тока, электромагнитного поля и статиче­ского электричества. С каждым годом растет производство и потребление электроэнергии, а значит и количество людей, которые в процессе своей жизнедеятельности используют (эксплуатируют) электрические устройства и установки и поэтому вопрос электробезопасности приобретают особую важность.

Анализ производственного травматизма показывает, что число травм, вызванных воздействием электрического тока, является незначительной и составляет около 1% Однако из общего количества смертельных несчастных случаев доля электротравм составляет 20-40% и занимает одно из первых мест.

С момента промышленного использования электрической энергии пристальное внимание было направлено на специфику проявления электрического тока, не обнаруживаемого без непосредственного контакта с токоведущей частью, находящейся под напряжением, и тяжесть его воздействия на человека. Многочисленные исследования и инженерно-технические разработки привели в настоящее время к созданию надежной системы защитных мер от поражения током.

Причины поражения электрическим током:

* прикосновение к токоведущим частям, оголенным проводам, контактам электроприборов, рубильников, ламповых патронов, предохранителей, находящихся под напряжением;
* прикосновение к частям электрооборудования, металлическим конструкциям сооружений и т.п., в обычном состоянии не находящихся, но в результате повреждения (пробоя) изоляции оказавшихся под напряжением:
* нахождение вблизи места соединения с землей оборванного провода электросети;
* нахождение в непосредственной близости от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В;
* прикосновение к токоведущей части и мокрой стене или металлической конструкции, соединенной с землей;
* одновременное прикосновение к двум проводам или другим токоведущим частям, которые находятся под напряжением;
* действие эл.дуги, атм. и стат элек-ва, ЭМП
* несогласованные и ошибочные действия персонала (подача напряжения на установку, где работают люди; оставление установки под напряжением без надзора; допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.).

Опасность поражения электрическим током отличается от других производственных опасностей тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить ее на расстоянии. Часто эта опасность обнаруживается слишком поздно, когда человек уже оказался под напряжением.

**2 Действие электрического тока на человека.**

Электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие на организм человека. Термическое действие тока вызывает ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, через которые проходит ток.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением (электролизом) крови и других органических жидкостей, что вызывает существенные нарушения их физико-химического состава

Механическое действие тока грозит повреждениями (разрывы, расслоения и т.п.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта

Биологическое действие тока на живую ткань вызывает опасное возбуждение клеток и тканей организма, сопровождающееся непроизвольным судорожным сокращением мышц Такое возбуждение может привести к существенным по нарушению и даже полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения.

Возбуждение тканей организма в результате действия электрического тока может быть прямым, когда ток проходит непосредственно через эти ткани, и рефлекторным (через центральную нервную систему), когда ткани не находятся на пути следования ток.



Существуют три основных вида поражения электрическим током:

* электрические травмы;
* электрические удары;
* электрический шок.

Электротравма - это травма, которая вызвана действием электрического тока или электрической дуги По результатам электротравмы условно разделяют на два вида: местные электротравмы, когда возникает локальное повреждение организма, и общие электротравмы (электрические удары), когда поражается весь организм вследствие нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем Приблизительное распределение электротравм по их видам выглядит так: местные электротравмы - 20%, электрические удары - 25%; смешанные травмы (совокупность местных электротравм и электрических ударов) - 55 %.

Характерными местными электрическими травмами являются электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электрофтальмия

**Электрический ожог** — это повреждения поверхности тела или внутренних органов под действием электрической дуги или больших токов, проходящих через тело человека.

Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

**Токовый ожог** обусловлен прохождением тока непосредственно через тело человека в результате прикосновений к токоведущей части. Токовый ожог — следствие преобразования электрической энергии в тепловую; как правило, это ожог кожи, так как кожа человека обладает во много раз большим электрическим сопротивлением, чем другие ткани тела.

Токовые ожоги возникают при работе на электроустановках относительно небольшого напряжения (не выше 1-2 кВ) и являются в большинстве случаев ожогами I или II степени; впрочем, иногда возникают и тяжелые ожоги.

При более высоких напряжениях более высоких между токоведущей частью и телом человека или между токоведущими частями образуется электрическая дуга, которая и вызывает возникновение ожога другого вида — дугового.

**Дуговой ожог** обусловлен действием на тело электрической дуги, обладающей высокой температурой (свыше 3500ºC) и большой энергией. Такой ожог возникает обычно при электроустановках высокого напряжения и носит тяжелый характер — III или IV степени.

Состояние пострадавшего зависит не столько от степени ожога, сколько от площади поверхности тела, пораженной ожогом.

**Электрические знаки** — это поражения кожи в местах соприкосновения с электродами круглой или эллиптической формы, серого или бело-желтого цвета с резко очерченными гранями диаметром 5-10 мм. Они вызываются механическим и химическим действиями тока. Иногда появляются спустя некоторое время после прохождения электрического тока. Знаки безболезненны, вокруг них не наблюдается воспалительных процессов. В месте поражения появляется припухлость. Небольшие знаки заживают благополучно, при больших размерах знаков часто происходит омертвение тела (чаще рук).

**Электрометаллизация кожи** — это пропитывание кожи мельчайшими частицами металла вследствие его разбрызгивания и испарения под действием тока, например при горении дуги. Поврежденный участок кожи приобретает жесткую шероховатую поверхность, а пострадавший испытывает ощущение присутствия инородного тела в месте поражения. Исход поражения, как и при ожоге, зависит от площади пораженного тела. В большинстве случаев металлизированная кожа сходит, пораженный участок приобретает нормальный вид и следов не остается.

Электрометаллизация может произойти при коротких замыканиях, отключениях разъединителей и рубильников под нагрузкой.

**Электроофтальмия** — это воспаление наружных оболочек глаз, возникающее под воздействием мощного потока ультрафиолетовых лучей. Такое облучение возможно при образовании электрической дуги (короткое замыкание), которая интенсивно излучает не только видимый свет, но и ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

Электроофтальмия обнаруживается спустя 2-6 ч после ультрафиолетового облучения. При этом наблюдаются покраснение и воспаление слизистых оболочек век, слезотечение, гнойные выделения из глаз, спазмы век и частичное ослепление. Пострадавший испытывает сильную головную боль и резкую боль в глазах, усиливающуюся при свете, у него возникает так называемая светобоязнь.

В тяжелых случаях воспаляется роговая оболочка глаза и нарушается ее прозрачность, расширяются сосуды роговой и слизистой оболочек, суживается зрачок. Болезнь продолжается обычно несколько дней.

Предупреждение электроофтальмии при обслуживании электроустановок обеспечивается применением защитных очков с обычными стеклами, которые плохо пропускают ультрафиолетовые лучи и защищают глаза от брызг расплавленного металла.

**Механические повреждения** возникают вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

**Электрический удар** — это возбуждение живых тканей организма проходящим через них электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц.

Степень отрицательного воздействия этих явлений на организм может быть различна. Небольшие токи вызывают лишь неприятные ощущения. При токах, превышающих 10-15 мА, человек не способен самостоятельно освободиться от токоведущих частей и действие тока становится длительным (неотпускающий ток). При токе, равном 20-25 мА (50 Гц), человек начинает испытывать затруднение дыхания, которое усиливается с ростом тока. При действии такого тока в течение нескольких минут наступает удушье. При длительном воздействии токов величиной несколько десятков миллиампер и времени действия 15-20 с могут наступить паралич дыхания и смерть. Токи величиной 50-80 мА приводят к фибрилляции сердца, т.е. беспорядочному сокращению и расслаблению мышечных волокон сердца, в результате чего прекращается кровообращение и сердце останавливается. Действие тока величиной 100 мА в течение 2-3 с приводит к смерти (смертельный ток).

При невысоких напряжениях (до 100 В) постоянный ток примерно в 3-4 раза менее опасен, чем переменный частотой 50 Гц; при напряжениях 400-500 В опасность их сравнивается, а при более высоких напряжениях постоянный ток даже опаснее переменного.

Наиболее опасен ток промышленной частоты (20-100 Гц). Снижение опасности действия тока на живой организм заметно сказывается при частоте 1000 Гц и выше. Токи высокой частоты, начиная от сотен килогерц, вызывают только ожоги, не поражая внутренних органов. Это объясняется тем, что такие токи не способны вызывать возбуждение нервных и мышечных тканей.

В зависимости от исхода поражения электрические удары могут быть условно разделены на четыре степени:

* I — судорожное сокращение мышц без потери сознания;
* II — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимися дыханием и работой сердца;
* III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);
* IV — клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

**Клиническая смерть -** это переходный период от жизни к смерти, наступающий в момент прекращения деятельности сердца и легких. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, отсутствуют все признаки жизни: он не дышит, сердце его не работает, болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет.

Длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга. В большинстве случаев она составляет 4-5 мин, а при гибели здорового человека от случайной причины, в частности от электрического тока. — 7-8 мин.

Причинами смерти от электрического тока могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок.

Работа сердца может прекратиться в результате или прямого воздействия тока на мышцу сердца, или рефлекторного действия, когда сердце не подвержено прямому воздействия тока. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его фибрилляция.

Токи, которые вызывают фибрилляцию сердца, называются **фибрилляциоиными**, а наименьший из них — **пороговым фибрилляционным током.**

Фибрилляция обычно продолжается недолго и сменяется полной остановкой сердца.

Прекращение дыхания вызывается непосредственным, а иногда рефлекторным действием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания.

Как при параличе дыхания, так и при параличе сердца функции органов самостоятельно не восстанавливаются, необходимо оказание первой помощи (искусственное дыхание и массаж сердца). Кратковременное действие больших токов не вызывает ни паралича дыхания, ни фибрилляции сердца. Сердечная мышца при этом резко сокращается и остается в таком состоянии до отключения тока, после чего продолжает работать.

**Электрический шок** — своеобразная реакция нервной системы организма в ответ на сильное раздражение электрическим током: расстройство кровообращения, дыхания, повышение кровяного давления.

Шок имеет две фазы:

* I — фаза возбуждения;
* II — фаза торможения и истощения нервной системы.

Во второй фазе учащается пульс, ослабевает дыхание, возникают угнетенное состояние и полная безучастность к окружающему при сохранившемся сознании. Шоковое состояние может длиться от нескольких десятков минут до суток, после чего наступает легальный исход.

**3 Факторы, определяющие исход поражения электрическим током:**

**1 Сила тока**

Протекание через организм переменного тока промышленной частоты (50 Гц), широко используемого в промышленности и в быту, человек начинает ощущать при силе тока 0,6...1,5 мА (мА — миллиампер равен 0,001 А). Этот ток называют **пороговым ощутимым током.**

Большие токи вызывают у человека болезненные ощущения, которые с увеличением тока усиливаются. Например, при токе 3...5 мА раздражающее действие тока ощущается всей кистью, при 8... 10 мА — резкая боль охватывает всю руку и сопровождается судорожными сокращениями мыши кисти и предплечья.

При 10... 15 мА судороги мышц руки становятся настолько сильными, что человек не может их преодолеть и освободиться от проводника тока. Такой ток называется **пороговым неотпускающим током.**

При токе величиной 25...50 мА происходят нарушения в работе легких и сердца, при длительном воздействии такого тока может произойти остановка сердца и прекращение дыхания.

Начиная с величины **100 мА** протекание тока через человека вызывает **фибрилляцию** сердца — судорожные неритмичные сокращения сердца; сердце перестает работать как насос, перекачивающий кровь. Такой ток называется **пороговым фибрилляционным током.** Ток более 5 А вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

Величина тока, протекающего через тело человека (Iч), зависит от напряжения прикосновения Uпp и сопротивления тела человека

**Rч: Iч = Uпр / Rч**

2 Сопротивление тела человека — величина нелинейная, зависящая от многих факторов: сопротивления кожи (сухая, влажная, чистая, поврежденная и т.д.): величины тока и приложенного напряжения; длительности протекания тока.

Наибольшим сопротивлением обладает верхний роговой слой кожи:

* при снятом роговом слое Rч = 600-800 Ом;
* при сухой неповрежденной коже Rч = 10-100 кОм;
* при увлажненной коже Rч = 1000 Ом.

Сопротивление тела человека (R4) в практических расчетах принимается равным 1000 Ом. В реальных условиях сопротивление тела человека — величина непостоянная и зависит от ряда факторов.

С ростом тока, проходящего через человека, его сопротивление уменьшается, так как при этом увеличиваются нагрев кожи и потоотделение. По этой же причине снижается R4 с увеличением длительности протекания тока. Чем выше приложенное напряжение, тем больше ток, проходящий через тело человека Iч, тем быстрее снижается сопротивление кожи.

С ростом напряжения сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, следовательно, уменьшается и сопротивление тела в целом; оно приближается к сопротивлению внутренних тканей тела, т.е. к своему наименьшему значению (300-500 Ом). Это можно объяснить электрическим пробоем слоя кожи, который происходит при напряжении 50-200 В.

Загрязнение кожи различными веществами, особенно хорошо проводящими электрический ток (металлическая или угольная пыль, ока-чина и т.п.), снижает ее сопротивление.

Сопротивление разных участков тела человека не одинаково. Объясняется это различной толщиной рогового слоя кожи, неравномерным распределением потовых желез на поверхности тела и неодинаковой степенью наполнения сосудов кожи кровью. Поэтому величина сопротивления тела зависит от места приложения электродов. Действие тока на организм усиливается при замыкании контактов в акупунктурных точках (зонах).

На исход электротравм влияют и условия окружающей среды (температура, влажность). Повышенная температура, влажность повышают опасность поражения электрическим током. Чем ниже атмосферное давление, тем выше опасность поражения.

Психическое и физическое состояние человека также оказывает влияние на тяжесть поражения электрическим током. При заболеваниях сердца, щитовидной железы и т.п. человек подвергается более сильному поражению при меньших значениях тока, так как в этом случае уменьшается электрическое сопротивление тела человека и общая сопротивляемость организма внешним раздражениям. Отмечено, например, что у женщин пороговые значения токов примерно в 1.5 раза ниже, чем у мужчин. Это объясняется более слабым физическим развитием женщин. При применении спиртных напитков сопротивление тела человека снижается так же, как и сопротивляемость его организма и внимание.

**3 Частота тока**

Наиболее опасен ток промышленной частоты — 50 Гц. Постоянный ток и ток больших частот менее опасен, и пороговые значения для него больше. Так, для постоянного тока:

* пороговый ощутимый ток — 3...7 мА;
* пороговый неотпускающий ток — 50...80 мА;
* фибрилляционный ток — 300 мА.

*f.* Наиболее опасным является ток с частотой20-100Гц.При частотах меньше 20 или больше 100 Гц опасность поражения несколько уменьшается. Ток частотой более 500 кГц является неопасным с точки зрения электрического удара, но может вызвать ожоги. В принципе, можно считать, что опасность электрического тока в зависимости от частоты уменьшается обратно пропорционально  *f* .

**4 Путь протекания тока**

Важное значение имеет путь прохождения электрического тока через тело человека. Установлено, что ткани разных частей человеческого тела имеют различные удельные сопротивления. При прохождении тока через тело человека наибольшая часть тока проходит по пути наименьшего сопротивления, главным образом вдоль кровеносных и лимфатических сосудов. Различают 15 путей тока в теле человека. Наиболее частые: рука — рука; правая рука — ноги; левая рука — ноги; нога — нога; голова — ноги: голова — руки.

Наиболее опасным является путь тока вдоль тела, например от руки к ноге или через сердце, голову, спинной мозг человека. Однако известны смертельные поражения, когда ток проходил по пути «нога — нога» или «рука — рука».

Вопреки установившемуся мнению наибольшая величина тока через сердце оказывается не по пути «левая рука — ноги», а по пути «правая рука — ноги». Это объясняется тем, что большая часть тока входит в сердце по продольной его оси, лежащей по пути «правая рука — ноги».

Наиболее опасно двухфазноеприкосновение, при котором человек касается проводов двух разных фаз (в трехфазной сети), и исход поражения (часто смертельный при напряжении 380В) не зависит от режима нейтрали сети.



*5 Напряжение прикосновения Uпр*,которое,согласно ГОСТ12.1.009-76,

представляет напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Напряжение прикосновения, а также электрическое сопротивление тела человека существенно влияют на исход поражения, так как определяют значение тока, проходящего через тело человека, согласно закону Ома:

* 1. *Длительность воздействия* t.Предельно допустимый ток,который можетвоздействовать на человека без особых последствий в интервале времени t = 0,2 − 1с, определяется согласно ГОСТ 12.1.038-82 из выражения: I ≈ 50/t, мА. Вероятность тяжелого исхода возрастает при I менее 0,2с, что связано с особенностями кардиоцикла. Поэтому время срабатывания быстродействующей защиты ориентируется на этот промежуток времени.
	2. *Род тока*.Постоянный ток менее опасен,чем переменный,что виднопо значениям пороговых токов, но это справедливо для напряжений менее 250-300 В. Выпрямленный ток из-за наличия гармоник опаснее постоянного тока от аккумулятора.
	3. *Контакт в точках акупунктуры*.На теле имеются особые точки(точкиакупунктуры), куда подходят нервные окончания, в результате чего сопротивле-ние в этих местах резко (на два порядка) снижается по сравнению с соседними участками. Поэтому подвод тока к точкам акупунктуры резко увеличивает вероятность неблагоприятного исхода.
	4. *Фактор внимания*.Известно,что кровообращение центральнойнервной системы под влиянием напряженного внимания усиливается. Это вызывает повышенное потребление кислорода, что, в свою очередь, приводит
* увеличению числа электронов в процессах биохимических реакций обмена веществ. Усиленный поток электронов сложнее нарушить импульсом тока. Значит, биосистему автоматического регулирования при усиленном кровообращении нервной системы расстроить сложнее. Сосредоточенный, внимательный к опасности человек менее подвержен воздействию тока.
	1. *Индивидуальные свойства человека* (состояние здоровья,масса и полчеловека и др.).
	2. *Условия внешней среды*.По Правилам устройства электроустановок(ПУЭ) выделяют 3 класса помещений по опасности поражения электрическим током: Все помещения, в которых используются электроприборы и производятся работы, в отношении опасности поражения людей электрическим током подразделяются на следующие категории: **без повышенной опасности; с повышенной опасностью; особо опасные.**

В соответствии с ПУЭ, по степени опасности поражения людей электрическим током помещения подразделяются на следующие виды:

1. Помещения с повышенной опасностью.

Характеризуются наличием одного из условий:

-токопроводящей пыли;

-токопроводящих полов (металлические, земляные и т.д.);

-высокой температуры (выше 35°*С* более 1 суток);

-относительной влажности (выше 75% более 1 суток);

-возможности одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, технологическому оборудованию, имеющим соединение с землей, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой стороны.

2. Помещения особо опасные.

Характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность поражения электрическим током:

-особая сырость (влажность около 100%);

-химически активная или органическая среда, действующая на изоляцию (пары кислот, щелочей, плесень, грибки и т.п.);

-одновременное наличие двух и более условий для помещений повышенной опасности.

3. Помещения без повышенной опасности.

В них отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

**4. Анализ опасности поражения электрическим током**

Анализ опасности поражения практически сводится к определению значения тока, протекающего через тело человека в различных условиях, в которых он может оказаться при эксплуатации электроустановок, или напряжения прикосновения. Опасность поражения зависит от ряда факторов: схемы включения человека в электрическую цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, степени изоляции токоведущих частей от земли, емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Наиболее характерными являются две схемы включения:

-между двумя фазами электрической сети, между одной фазой и землей. Кроме того, возможно прикосновение к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением, а также включение человека под шаговое напряжение.

Точка соединения обмоток питающего трансформатора (генератора) называется нейтральной точкой, или нейтралью. Нейтраль источника питания может быть изолированная и заземленная.

Заземленной называется нейтраль генератора (трансформатора), присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

Изолированной называется нейтраль генератора или трансформатора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление (приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы).

Выбор схемы сети, а следовательно, и режима нейтрали источника тока производят исходя из технологических требований и условий безопасности.

При напряжении до 1000 В широкое распространение получили обе схемы трехфазных сетей: трехпроводная с изолированной нейтралью и четырехпроводная с заземленной нейтралью.

По технологическим требованиям предпочтение часто отдается четырехпроводной сети, она использует два рабочих напряжения — линейное и фазное. Так, от четырехпроводной сети 380 В можно питать как силовую нагрузку — трехфазную, включая ее между фазными проводами на линейное напряжение 380 В, так и осветительную, включая ее между фазным и нулевым проводами, т. е. на фазное напряжение 220 В. При этом становится значительно дешевле электроустановка за счет применения меньшего числа трансформаторов, меньшего сечения проводов и т. п.

По условиям безопасности выбирают одну из двух сетей исходя из положения: по условиям прикосновения к фазному проводу в период нормального режима работы сети более безопасной является сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период — сеть с заземленной нейтралью. Поэтому сети с изолированной нейтралью целесообразно применять, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции сети и когда емкость сети относительно земли незначительна. Это могут быть мало разветвленные сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором квалифицированного персонала. Примером могут служить сети небольших предприятий, передвижные установки.

Сети с заземленной нейтралью применяют там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию электроустановок (из-за высокой влажности, агрессивной среды и пр.) или нельзя быстро отыскать и устранить повреждение изоляции, когда емкостные токи сети вследствие значительной ее разветвленности достигают больших значений, опасных для жизни человека. К таким сетям относятся сети крупных промышленных предприятий, городские распределительные и пр.

Существующее мнение о более высокой степени надежности сетей с изолированной нейтралью недостаточно обоснованно.

Статистические данные указывают, что по условиям надежности работы обе сети практически одинаковы.

При напряжении выше 1000 В вплоть до 35 кВ сети по технологическим причинам имеют изолированную нейтраль, а выше 35 кВ — заземленную.

Поскольку такие сети имеют большую емкость проводов относительно земли, для человека одинаково опасно прикосновение к проводу сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралью. Поэтому режим нейтрали сети выше 1000 В по условиям безопасности не выбирается.

Под двухфазным прикосновением понимается одновременное прикосновение к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением (рис. 1).



Рис. 1. Схема двухфазного прикосновения человека к сети

Двухфазное прикосновение более опасно. При двухфазном прикосновении ток, проходящий через тело человека по одному из самых опасных для организма путей (рука—рука), будет зависеть от прикладываемого к телу человека напряжения, равного линейному напряжению сети, а также от сопротивления тела человека:



где

* Uл — линейное напряжение, т. е. напряжение между фазными проводами сети;
* Rчел — сопротивление тела человека.

В сети с линейным напряжением Uл = 380 В при сопротивлении тела человека Rчел = 1000 Ом ток, проходящий через тело человека, будет равен:



Этот ток для человека смертельно опасен. При двухфазном прикосновении ток, проходящий через тело человека, практически не зависит от режима нейтрали сети. Следовательно, двухфазное прикосновение одинаково опасно как в сети с изолированной, так и с заземленной нейтралью (при условии равенства линейных напряжений этих сетей).

Случаи прикосновения человека к двум фазам происходят сравнительно редко.

Однофазным прикосновением называется прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением.

Оно происходит во много раз чаще, чем двухфазное прикосновение, но менее опасно, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно меньше оказывается и ток, проходящий через тело человека. Кроме того, на этот ток большое влияние оказывают режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции проводов сети относительно земли, сопротивление пола (или основания), на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.



Рис. 2. Схема прикосновения человека к одной фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью

В сети с заземленной нейтралью (рис. 2) цепь тока, проходящего через тело человека, включает в себя сопротивления тела человека, его обуви, пола (или основания), на котором стоит человек, а также сопротивление заземления нейтрали источника тока. С учетом указанных сопротивлений ток, проходящий через тело человека, определяется из следующего выражения:



где

* Uф — фазное напряжение сети, В;
* Rчел — сопротивление тела человека, Ом;
* Rоб — сопротивление обуви человека, Ом;
* Rп — сопротивление пола (основания), на котором человек стоит, Ом;
* Ro — сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом.

При наиболее неблагоприятных условиях (человек, прикоснувшийся к фазе, имеет на ногах токопроводящую обувь — сырую или подбитую металлическими гвоздями, стоит на сырой земле или на проводящем основании — металлическом полу, на заземленной металлоконструкции), т. е. когда Rоб = 0 и Rп = 0, уравнение принимает вид:



Поскольку сопротивление нейтрали Ro обычно во много раз меньше сопротивления тела человека, то им можно пренебречь. Тогда



Однако при этих условиях и однофазное прикосновение, несмотря на меньший ток, весьма опасно. Так, в сети с фазным напряжением Uф = 220 В при Rчел = 1000 Ом ток, проходя через тело человека, будет иметь значение:

 

Такой ток смертельно опасен для человека.

Если человек имеет на ногах непроводящую обувь (например, резиновые галоши) и стоит на изолирующем основании (например, на деревянном полу), то



где

* 45 000 — сопротивление обуви человека (резиновые голоши ), Ом;
* 100 000 — сопротивление пола (дерево), Ом.

Ток такой силы не опасен для человека.

Из приведенных данных видно, что для безопасности работающих в электроустановках большое значение имеют изолирующие полы и непроводящая ток обувь

В сети с изолированной нейтралью (рис. 3) ток, проходящий через тело человека в землю, возвращается к источнику тока через изоляцию проводов сети, которая в исправном состоянии обладает большим сопротивлением.

С учетом сопротивлений обуви Rоб и пола или основания Rп, на котором стоит человек, включенных последовательно сопротивлению тела человека Rчел, ток, проходящий через тело человека, определяется уравнением:



где Rиз — сопротивление изоляции одной фазы сети относительно земли, Ом.



Рис. 3. Схема прикосновения человека к одной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью

При наиболее неблагоприятном случае, когда человек имеет проводящую ток обувь и стоит на токопроводящем полу, т. е. при Rоб = 0 и Rп = 0, уравнение значительно упростится:



Для этого случая в сети с фазным напряжением Uф = 220 В и сопротивлением изоляции фазы Rиз = 90 000 Ом при Rчел = 1000 Ом ток, проходящий через человека, будет равен:



Этот ток значительно меньше тока (220 мА), вычисленного нами для случая однофазного прикосновения при аналогичных условиях, но в сети с заземленной нейтралью. Он определяется в основном сопротивлением изоляции проводов относительно земли.

При прочих равных условиях прикосновение человека к одной фазе сети с изолированной нейтралью менее опасно, чем в сети с заземленной нейтралью. Однако этот вывод справедлив лишь для нормальных (безаварийных) условий работы сетей, при наличии незначительной емкости относительно земли.

В случае же аварии, когда одна из фаз замкнута на землю, сеть с изолированной нейтралью может оказаться более опасной. Объясняется это тем, что при такой аварии в сети с изолированной нейтралью напряжение неповрежденной фазы относительно земли может возрасти с фазного до линейного, в то время как в сети с заземленной нейтралью повышение напряжения окажется незначительным.

Однако современные электрические сети ввиду их разветвленности и значительной протяженности создают большую емкостную проводимость между фазой и землей. В этом случае опасность прикосновения человека к одной и двум фазам практически одинакова. Каждое из этих прикосновений весьма опасно, так как ток, проходящий через тело человека, достигает очень больших значений.

Металлические нетоковедущие части ЭУ (корпуса электрических машин и аппаратов, оболочки кабелей и др.) обычно не находятся под напряжением. Они могут оказаться под напряжением лишь в результате повреждения изоляции. В этом случае при заземленном корпусе происходит замыкание на землю и прикосновение человека к корпусу неопасно. Если же человек коснется незаземленного корпуса оказовшегося под напряжением , то это равноценно к однофазному прикосновению к токоведущим частям. Во всех случаях контакта человека с частями ЭУ, в нормальном режиме или случайно находящимися под напряжением, это напряжение прикладывается по всей электрической цепи, куда входят сопротивления тела человека, обуви, пола или грунта, на котором он стоит.

Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, называется ***напряжением прикосновения***:



Напряжение прикосновения определяется как падение напряжения в сопротивлении тела человека.

В случае двухфазного прикосновения к токоведущим частям напряжение прикосновения равно рабочему напряжению ЭУ (линейному напряжению или близкому к нему). При однофазном прикосновении к токоведущим частям напряжение прикосновения определяется фазным напряжением относительно земли и параметрами сети.

При прикосновении к заземленным нетоковедущим частям ЭУ напряжение прикосновения зависит от напряжения корпуса относительно земли.

Под напряжением шага понимается напряжение между двумя точками цепи тока, находящихся одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек. Величина шага обычно принимается равной 0,8 м.

Шаговое напряжение возникает вокруг места перехода тока от поврежденной электроустановки в землю. Наибольшая величина будет около места перехода, а наименьшая — на расстоянии более 20 м, т. е. за пределами, ограничивающими поле растекания тока в грунте.

На расстоянии 1 м от заземлителя падение напряжения составляет 68% полного напряжения, на расстоянии 10 м — 92%, на расстоянии 20 м потенциалы точек настолько малы, что практически могут быть равны нулю.

Такие точки поверхности почвы считаются находящимися вне зоны растекания тока и называются «землей».

Опасность напряжения шага увеличивается, если человек, подвергшийся его воздействию, падает. И тогда напряжение шага возрастает, так как путь тока проходит уже не через ноги, а через все тело.

Случаи поражения людей из-за воздействия напряжения шага относительно редки. Они могут произойти, например, вблизи упавшего на землю провода (в такие моменты до отключения линии нельзя допускать людей и животных на близкое расстояние к месту падения провода). Наиболее опасны напряжения шага при ударе молнии.

Оказавшись в зоне шагового напряжения, выходить из нее следует небольшими шагами в сторону, противоположную месту предполагаемого замыкания на землю, и в частности лежащего на земле провода

**5 Средства способы и системы защиты**

Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего электроустановки, используются как отдельные защитные средства и способы, так и их сочетание, т. е. системы защиты. Защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок - изоляция проводов, ограждения, блокировка и защитные средства.

Изоляция проводов характеризуется её электрическим сопротивлением. Высокое сопротивление изоляции проводов относительно земли и корпусов электроустановок создает безопасные условия для обслуживающего персонала. Во время работы электроустановок состояние электрической изоляции ухудшается за счёт нагревания, механических повреждений, влияния климатических условий и окружающей производственной среды (химически активных веществ и кислот, температуры, давления, большой влажности или чрезмерной сухости). Различают изоляцию рабочего места и изоляцию в электроустановках. Изоляция рабочего места как способ защиты используется при невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения. На рабочем месте изолируют от земли пол, настил, площадка и т. п., все металлические детали, потенциал которых отличается от потенциала токоведущих частей и прикосновение к которым является предусмотренным или возможным.

Изолированное рабочее место оборудуют таким образом, чтобы работник ни при каких условиях не смог одновременно прикоснуться к обслуживаемому электрооборудованию и каким-либо заземлённым элементам здания или другого оборудования.

В электроустановках применяются следующие виды изоляции:

– рабочая изоляция – электрическая изоляция токоведущих частей (проводов, шин и т. п.), обеспечивающая предотвращение коротких замыканий в электроустановке и защиту человека от поражения током;

– дополнительная изоляция – электрическая изоляция нетоковедущих в нормальном состоянии частей электроустановки, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции токоведущих частей, для защиты человека в случае повреждения (пробоя) рабочей изоляции;

– двойная изоляция – электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции;

– усиленная изоляция – улучшенная рабочая изоляция с такой же степенью защиты от поражения электрическим током, как и у двойной изоляции.

В настоящее время промышленность выпускает электроустановки различных классов защиты от поражения электрическим током.

Для электроустановок, имеющих только рабочую изоляцию, установлен нулевой класс. В производственных условиях эти установки должны в обязательном порядке иметь зануление или заземление, а также другие виды защиты. Бытовые электроприборы этого класса не имеют дополнительной электрической защиты, поэтому их использование допускается только в помещениях без повышенной опасности.

Электроустановкам, имеющим двойную изоляцию, присвоен II-й класс. Все электроинструменты с движущимся рабочим органом, ручные светильники, а также большинство электроприборов имеют II-й класс за­щиты от поражения электрическим током. Корпусные части таких инструментов защищают от поражения электрическим током не только при пробое изоляции внутри корпуса, но и при случайном прикосновении рабочего органа к токоведущим частям обрабатываемого изделия. Они без дополнительных средств защиты могут применяться в помещениях любых категорий опасности. Электроустановки, имеющие двойную изоляцию и металлический корпус, запрещается занулять или заземлять. На паспортной табличке таких изделий помещается специальный знак – квадрат внутри квадрата. Усиленная изоляция используется только в тех случаях, когда двойную изоляцию затруднительно применять по конструктивным причинам, например в выключателях, щеткодержателях и др.

Ограждения применяются сплошные и сетчатые. Они должны быть огнестойкими. В установках напряжением выше 1000 В должны соблюдаться наименьшие допустимые расстояния от токоведущих частей до ограждений, которые нормируются ПУЭ

Блокировка применяется в электроустановках, в которых производятся работы на ограждаемых токоведущих частях. Она автоматически обеспечивает снятие напряжения с токоведущих частей электроустановок при проникновении к ним без санкционированного доступа.

***Защита от поражения электротоком***

Электрические сети и установки должны быть выполнены так, чтобы их токоведущие части были недоступны для случайного прикосновения.

Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

В установках напряжением до 1000 В достаточную защиту обеспечивает применение изолированных проводов. В случае, когда невозможно достигнуть надежной изоляции или ограждения токоведущих частей, применяются блокировки (электрические и механические) для автоматического отключения опасного напряжения при попадании человека в опасную зону. Конструктивное выполнение ограждений зависит от напряжения установки. Ограждения должны быть выполнены так, чтобы снять их и открыть можно было при помощи ключей или инструмента. Не допускаются сетчатые ограждения токоведущих частей в жилых, общественных и других бытовых помещениях. Ограждения должны быть здесь сплошные.

***Применение малых напряжений***

ПОТ РМ 016-2001/РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» устанавливает ограничения напряжения ручных токоприемников для помещений различных категорий.

Для помещений особо опасных:

-ручной инструмент – напряжение до 50 В;

-переносные светильники – напряжение 12 В;

-шахтерские лампы – напряжение 2,5 В.

Для помещений с повышенной опасностью:

-ручной инструмент – напряжение 50 В;

-светильники – напряжение 50 В.

При невозможности применять напряжение 50 В разрешается использовать электроинструмент на *U* = 220 В при наличии устройства защитного отключения или надежного заземления корпуса электроинструмента с обязательным использованием защитных средств (перчатки, коврики).

В качестве источников малых напряжений используются безопасные разделительные трансформаторы. Применение автотрансформаторов в качестве источников малого напряжения для питания переносного электроинструмента запрещается.

***Выравнивание потенциала***

Этот метод находит применение при работах на линиях электропередач, подстанциях. На подстанциях высокого напряжения выравнивание потенциалов осуществляется расположением заземлителей по контуру вокруг заземленного оборудования на небольшом расстоянии друг от друга, а внутри контура прокладывают в земле горизонтальные полосы.

Расстояние от границ заземлителя до ограды электроустановки с внутренней стороны должно быть не менее 3 м. Поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка на поверхности грунта внутри контура имеет значительный потенциал. Вследствие этого разность потенциалов между точками, находящимися внутри контура, снижена и коэффициент напряжения прикосновения намного меньше единицы. Коэффициент напряжения шага также меньше максимально возможной величины.

***Защита от опасности перехода напряжения с высшей стороны на***

***низшую***

Появление в сети напряжения, намного превышающего номинальное, может привести как к выходу из строя токоприемников, изоляция которых не рассчитана на это напряжение, так и к поражению персонала током, так как при этом обычно происходит замыкание на корпус и появляются опасные напряжения прикосновения и шага.

Защита сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью от возможного перехода в эту сеть высшего напряжения осуществляется при помощи установки пробивного предохранителя.

В сетях с заземленной нейтралью предохранители не устанавливаются. Безопасность в них обеспечивается правильным выбором сопротивления заземления *R*З.

***Защита от потери внимания, ориентировки и неправильных действий***

Эта защита осуществляется путем применения блокировок, сигнализации, специальной окраски оборудования, маркировки, знаков безопасности.

Для защиты от напряжения, появившегося на корпусах электроустановок в результате нарушения изоляции, используются защитное заземление, зануление и защитное отключение.

**6 Защитное заземление, зануление, отключение**

*Защитное заземление* – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Цель защитного заземления – снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, нормально не находящихся под напряжением. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается напряжение прикосновения и, как следствие, ток, проходящий через человека, при прикосновении к корпусам.

Защитное заземление может быть эффективным только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления растеканию тока в земле. Это возможно только в сетях с изолированной нейтралью, где при коротком замыкании ток *I*З почти не зависит от сопротивления *R*З, а определяется в основном сопротивлением изоляции проводов.

*Заземляющее устройство бывает выносным и контурным*. Выносное заземляющее устройство применяют при малых токах замыкания на землю, а контурное – при больших.

Согласно ПУЭ, заземление установок необходимо выполнять:

-при напряжении выше 50 В переменного тока, 120 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках;

-при напряжении выше 25 В переменного тока и выше 60 В постоянного тока – в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;

-во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях.

Для заземляющих устройств, в первую очередь, должны быть использованы естественные заземлители:

-водопроводные трубы, проложенные в земле;

-металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей;

-металлические оболочки кабелей (кроме алюминиевых);

-обсадные трубы артезианских скважин.

Запрещается в качестве заземлителей использовать трубопроводы с горючими жидкостями и газами, трубы теплотрасс.

*Естественные заземлители* должны иметь присоединение к магистрали заземления не менее чем в двух разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяют:

-стальные трубы с толщиной стенок 3,5 мм, длиной 2-3 м;

-полосовую сталь толщиной не менее 4 мм;

-угловую сталь толщиной не менее 4 мм;

-прутковую оцинкованную сталь диаметром не менее 12 мм, длиной до 5 м и более.

Все элементы заземляющего устройства соединяются между собой при помощи сварки, места сварки покрываются битумным лаком. Допускается присоединение заземляющих проводников к корпусам электрооборудования с помощью болтов.

*Зануление* – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник – проводник, соединяющий зануляемые части с нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

*Зануление* применяется в сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью (системы *TN*). В случае пробоя фазы на металлический корпус электрооборудования возникает однофазное короткое замыкание, что приводит к быстрому срабатыванию защиты и тем самым автоматическому отключению поврежденной установки от питающей сети. Такой защитой являются: плавкие предохранители или максимальные автоматы, установленные для защиты от токов коротких замыканий; автоматы с комбинированными расцепителями.

*Защитное отключение* – это система защиты, автоматически отключающая электроустановку при возникновении опасности поражения человека электрическим током (при замыкании на землю, снижении сопротивления изоляции, неисправности заземления или зануления). Защитное отключение применяется тогда, когда трудно выполнить заземление или зануление, а также в дополнение к нему в некоторых случаях.

В зависимости от того, что является входной величиной, на изменение которой реагирует защитное отключение, выделяют схемы защитного отключения: на напряжение корпуса относительно земли; на ток замыкания на землю; на напряжение или ток нулевой последовательности; на напряжение фазы относительно земли; на постоянный и переменный оперативные токи; комбинированные.

Устройства, реагирующие на напряжение нулевой последовательности, применяются в трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и малой протяженностью. Устройства защитного отключения, реагирующие на ток замыкания, применяются для установок, корпуса которых изолированы от земли (ручной электроинструмент, передвижные установки и т.д.).

Устройство, реагирующее на ток нулевой последовательности, применяется в сетях с заземленной и изолированной нейтралью.

**7. Статическое электричество**

*Статическое электричество -* это совокупность явле­ний, связанных с возникновением, сохранением и релакса­цией (снятием) свободного электрического заряда на по­верхности и в объеме веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках.

Количественно статическое электричество характеризу­йся *напряженностью Е,* измеряемой в В/м.

Образование зарядов статического электричества, про­исходит:

при контакте и трении друг с другом двух предметов из различных материалов;

транспортировании потока жидкости и газа по трубо­проводам;

распылении порошков;

эксплуатации станков и машин с ременной передачей;

снятии копии на ксероксе;

облучении экрана монитора потоком заряженных частиц.

Опасность воздействия статического электричества про­является в препятствовании нормальному ходу технологического процесса, создании помех кработе электронного оборудования и приборов, возможности образования элек­трической искры. Разряд электрической искры представля­ет опасность в отношении воспламенения горючей среды во всех случаях, когда выделяемая искрой энергия превышает минимальную энергию зажигания этой среды. В качестве примера в табл. 1 приведена минимальная энергия зажи­гания некоторых парогазовых смесей.

Таблица 1

**Минимальная энергия зажигания парогазовых смесей**

|  |  |
| --- | --- |
| Парогазовая смесь | Минимальная энергия зажигания, МДж |
| Водород | 0,011 |
| Ацетилен | 0,017 |
| Этилен | 0,07 |
| Метанол | 0,14 |
| Диэтиловый эфир | 0,19 |
| Природный газ | 0,3 |
| Пары нефтепродуктов | 0,25 |
| Ацетон | 1,5 |

Воздействие разрядов статического электричества на ор­ганизм человека зависит от энергии разряда (табл. 2) и приводит к заболеваниям нервной системы, угнетенному и шоковому состоянию.

Таблица 2

**Воздействие разрядов статического электричества на человека**

|  |  |
| --- | --- |
| Энергия разряда, Дж | Воздействие |
| 10 | Ожог |
| 1 | Болевой укол |
| 0,1 | Острый укол |
| 0,01 | Укол |
| 0,001 | Едва ощутимый укол |
| 0,0001 | Не ощущается |

При работе оператора за монитором происходит осаждение частиц пыли на поверхности его тела, что может служить причиной кожных заболеваний, порчи контактных линз и развития катаракты.

Допустимые уровни напряженности электрических но­лей устанавливает ГОСТ .12.1.045-84 в зависимости от вре­мени пребывания на рабочих местах.

Предельно допустимый уровень напряженности элек­трических полей составляет 60 кВ/м в течение 1 ч.

При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания человека без средств защиты зависит от фактического уровня напряженности на рабочем месте:



где t - допустимое время пребывания, ч; Епред = 60 кВ/м -предельно допустимый уровень напряженности; Ефакт -фактический уровень напряженности, кВ/м.

Для предупреждения возникновения и накопления за­рядов статического электричества, создания условий рассеи­вания зарядов и устранения опасности их воздействия при­меняют средства коллективной и индивидуальной защиты. К средствам коллективной защиты относят: заземление оборудования и коммуникаций, на которых могут появляться заряды (сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 100 Ом);

снижение объемного электрического сопротивления пу­тем введения в твердые диэлектрики электропроводящих наполнителей, например, таких как графит, алюминиевая пудра и др.);

снижение поверхностного электрического сопротивленияза счет применения электропроводящих покрытий, например, эмалей ХС-928, АК-562, ХС-5132. Эмали наносят в два слоя, чтобы толщина составляла 100-170 мкм; К применение мокрых процессов и повышение относительной влажности воздуха до 70 % и более.

Для предупреждения накопления зарядов статической электричества на теле человека предусматривают:

электропроводящие покрытия полов из бетона толщиной до 3 см, пенобетона, ксилолита, электропроводной резины ма­рок ИР-53, КР-388, антиэлектростатического линолеума;

антиэлектростатическую обувь;

антиэлектростатические кольца и браслеты, соединенные с землей.

**8 Молниезащита**

*Молния -* это электрический искровой заряд в атмосфе­ре между заряженными облаками или между облаками и земной поверхностью длиной несколько километров, диаметром десятки сантиметров и длительностью десятые доли секунды.

Опасность поражения молнией здания, сооружения заключается:

в первичном проявлении, т. е. прямом ударе молнии;

во вторичном проявлении, т. е. электростатической и электромагнитной индукции (возникновении разности потенциалов и искрения на металлических конструкциях оборудовании, трубах и т. д.);

заносе высокого потенциала по проводам линий электропередач, токопроводящим коммуникациям, рельсам и др

Последствиями воздействия молнии являются взрывы, пожары, разрушения зданий, сооружений, оборудования, поражение людей и животных.

*Молниезащита. -* это комплекс защитных конструктив­ных элементов (молниеприемника, несущей конструкции, токоотвода и заземляющих устройств), предназначенных для обеспечения безопасности людей, животных, сохранно­сти зданий и сооружений от взрывов и пожаров при воздействии молнии.

*Молниеприемник* непосредственно воспринимает прямой - удар молнии. Молниеотводы по типу молниеприемников бывают:

стержневые - в виде вертикально установленных стержней;

тросовые - в виде горизонтально подвешенных проводов.

Рекомендуется применять стальные молниеприемники сечением 50-100 мм2 для стержневых и одно-проволочных тросовых молниеотводов, не менее 35 мм2 - для стальных мноогопроволочных тросов.

*Несущая конструкция* несет на себе молниеприемник и токоотвод, объединяет все элементы молниеотвода в единую механически прочную конструкцию.

*Токоотвод* соединяет молниеприемник с заземлителем и предназначен для пропускания тока молнии.

*Заземлитель* служит для отвода тока молнии от молниеприемника с токоотвода в землю. В качестве заземлителей используют:

горизонтальные электроды (полосовая сталь шириной 20-40 мм, толщиной не менее 4 мм, а также сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм);

вертикальные электроды (стальные трубы, стержни и профильная сталь).

Защитное действие молниеотвода характеризуется его *зоной защиты.* (А или Б), т. е. пространством вблизи мол­ниеотвода, вероятность попадания молнии в которое не превышает определенного значения (зона типа А обладаем степенью надежности 99,5 % и выше, типа Б - 95 % и выше)

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h≤ 150м (рис. 4) представляет собой конус, вершина которого находится на высоте h0 < h, а основание образует круг радиусом rх.



Рис. 4. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150м

1 - граница зоны защиты на уровне земли;

2 - граница зоны защиты на высоте hх

Для зоны типа А эти размеры определяют по формулам:

Высота вершины конуса зоны молниезащиты, h0 м,

h0 = 0,85h;      где    - h высота молниеотвода

Радиус границы зоны молниезащиты на уровне земли, м,

r0 = (1,1 - 0,002h)h;

Радиус границы зоны молниезащиты на на высоте hx над землей, м,

rх = (1,1 - 0,002h)(h - hx/0,85),

для зоны типа Б Высота вершины конуса зоны молниезащиты, h0 м,

h0 = 0,92h;   где    - h высота молниеотвода

   Радиус границы зоны молниезащиты на уровне земли, м,

   r0 = 1,5h;

Радиус границы зоны молниезащиты на на высоте hx над землей, м

  rх = 1,5(h - hx/0,92).

При известных значениях hx и rх высота молниеотвода для зоны типа Б

   - h высота молниеотвода

h = (rх + 1,63hx)/1,5.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ≤ 150 м при расстоянии L между опорами приведена на рисунке 5. Высоту опор hоп выбирают с учетом стрелы прогиба. Для стального троса сечением 35...50 мм2 стрела прогиба составляет 2м при расстоянии между опорами L< 120м и 3 м при 120м≤L≤ 150м. Высоту опор получают сложением расчетной высоты молниеотвода h и принятой стрелы прогиба. Следовательно, при L < 120 м высота опор hоп = h + 2 м, при L = 120...150 м hоп = h + 3 м.

Размеры зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ≤ 150 м рассчитывают по формулам:

для зоны типа А Высота зоны защиты над землей, h0 м,

h0 = 0,85/h;

Радиус зоны защиты на уровне земли

r0 = (1,35 - 0,0025h)h;

Радиус зоны молниезащиты на на высоте hx

rх = (1,35 - 0,0025h)(h - hx/0,85);

Высота зоны защиты над землей, h0 м для зоны типа Б

h0 = 0,92h;

Радиус зоны защиты на уровне земли

 r0 = 1,7 h;

Радиус зоны молниезащиты на на высоте hx

 rх = 1,7(h - hx/0,92).



Рис. 5. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 150м:

1— граница зоны защиты на уровне земли; 2— граница зоны зашиты на уровне hх

При известных hx и rх высота одиночного тросового молниеотвода для зоны типа Б будет равна

h = (rx+ l,85hx)/l,7.

Здания и сооружения, подлежащие молниезащиты, подразделяют на три категории:

*к I категории* относят здания и сооружения, в которых хранятся и перерабатываются в открытом виде взрывчатые вещества или внутри которых длительно сохраняется или систематически образуются смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или другими окислителями, способными взорваться от электрической искры. 3ащита таких зданий и сооружений осуществляется отдельно стоящими молниеотводами. Если сооружение имеет газоотвод­ные трубы или вентиляционные устройства, через которые поступают взрывоопасные смеси газов и паров, то молние­отводы располагают так, чтобы их молниеприемники нахо­дились вне взрывоопасной зоны.

Размеры зон взрывоопасности, подлежащих защите, указа­ны в табл 5.19. Здания и сооружения I категории подлежат защите от первичного и вторичного проявления молнии;

*ко II категории* относят здания и сооружения, в кото­рых взрывчатые или легковоспламеняющиеся вещества хранятся прочно закупоренными, а взрывоопасные смеси газов, паров или пыли могут возникать только во время аварий. Защита зданий и сооружений осуществляется как отдельно стоящими молниеотводами, так и молниеотвода­ми, устанавливаемыми на защищаемых объектах. Здания и сооружения II категории могут не защищаться от вторично­го проявления молнии;

*к III категории* относят все прочие здания и сооруже­ния, в которых воздействие молний может вызвать пожар, разрушения и поражения людей и животных. Защита зда­ний и сооружений осуществляется как отдельно стоящими молниеотводами, так и молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемых объектах. Защита от вторичного проявления молний зданий и сооружений III категории не требуется.