

Опасное действие электрического тока на человека

Эксплуатация основного и вспомогательного промышленного оборудования связана с применением опасной для человека электрической энергии.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие, вызывая местные и общие электротравмы (электрические удары).

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей.

Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает значительные нарушения их физикохимических составов.

Биологическое действие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, а также нарушением внутренних биоэлектрических процессов организма.

Местные травмы подразделяются следующим образом: электрические ожоги, электрические знаки (пятна), металлизация кожи (от электрической дуги), механические повреждения (от непроизвольных судорожных сокращений мышц), электроофтальмия (воспаление наружных оболочек глаз от электрической дуги).

Общие электрические травмы или электрические удары по тяжести делятся на четыре степени:

I степень характеризуется судорожным сокращением мышц без потери сознания;

II степень - сокращением мышц с потерей сознания, но при сохранившихся дыхании и работе сердца;

III степень - потерей сознания и нарушением сердечной деятельности или

дыхания (или того и другого сразу);

IV степень - клинической («мнимой») смертью, т.е. отсутствием дыхания и кровообращения (обычно 4...5 мин, иногда 7...8 мин).

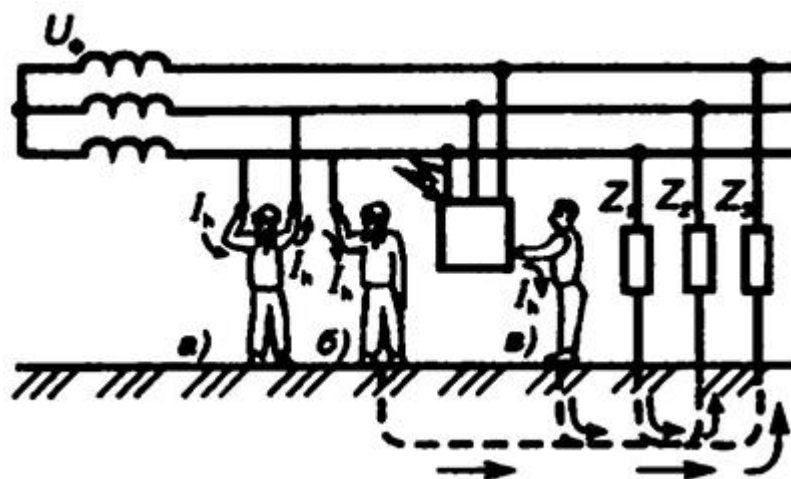
Биологическая (истинная) смерть - необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур - наступает по истечении периода клинической смерти.

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала; шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю; появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы включения человека в цепь; напряжения сети; схемы самой сети; режима ее нейтрали; степени изоляции токоведущих частей от земли; емкости токоведущих частей относительно земли и др.

Наиболее характерными являются две схемы включения человека в электрическую цепь: между двумя проводами и между одним проводом и землей. Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей (с сопротивлениями фаз относительно земли z_1 , z_2 , z_3).



Схемы включения человека в электрическую цепь

Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют двухфазным включением, а вторую - однофазным.

Двухфазное включение, т.е. прикосновение человека одновременно к двум фазам, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение - линейное, и поэтому через тело человека идет большой ток I_h (А):

$$I_h = \frac{1,73 U_\phi}{R_h} = \frac{U_L}{R_h}, \quad (2.11)$$

где U_L - линейное напряжение, т.е. напряжение между фазными проводами сети ($U_L = \sqrt{3}U_\phi$), В; U_ϕ - фазное напряжение, т. е. напряжение между началом и концом одной обмотки источника тока (трансформатора, генератора) или между фазным и нулевым проводами, В; R_h - сопротивление тела человека, Ом.

Нетрудно представить, что двухфазное включение одинаково опасно в сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралью. При таком включении опасность поражения не уменьшается и в том случае, если человек надежно изолирован от земли (резиновые галоши, боты, диэлектрический коврик, деревянный пол).

Однофазное включение происходит значительно чаще, но является менее опасным, чем двухфазное, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно меньше оказывается ток, проходящий через тело человека. На значение этого тока влияют режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции и емкость проводов относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и другие факторы.

В работе подробно рассмотрены случаи прохождения тока через тело человека: в трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью при нормальной работе сети, при аварийном режиме; в трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью при нормальном режиме работы сети и в аварийном режиме.

В случае электрического соединения токоведущей части непосредственно с землей или нетоковедущими проводящими конструкциями, а также предметами, неизолированными от земли, - электрическом замыкании на землю - происходит растекание тока в земле. Зоной растекания тока является зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю (IЗ,А), может быть условно принят равным нулю.

В зоне растекания тока человек может оказаться под так называемым шаговым напряжением (Uш, В), из-за разности потенциалов между двумя точками, расположенными на расстоянии шага:

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_{\text{З}} \rho a}{2\pi x(x + a)}, \quad (2.12)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом м; a - длина шага человека (принимается $a = 0,8\text{м}$); x - расстояние от центра зоны растекания тока до ближайшей к центру опорной точки человека, м.

При замыкании тока на землю через корпус заземленного оборудования, корпус также окажется под потенциалом (напряжением). В случае прикосновения к корпусу человек в этом случае оказывается под напряжением прикосновения ($U_{пр}$, В) представляющим собой напряжение (разность потенциалов) между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек:

$$U_{пр} = \frac{I \rho}{2\pi x} \cdot \frac{x - x_1}{x}, \quad (2.13)$$

где x , - радиус заземлителя (расстояние от центра зоны растекания до заземлителя), м.

Исход воздействия тока в рассмотренных и других ситуациях зависит как от перечисленных выше факторов, так и от длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока и индивидуальных свойств человека.

При расчетах сопротивление тела человека R_h принимается равным 1000 Ом. Человек начинает ощущать переменный ток величиной 0,6...1,5 мА. Ток 10...15 мА (при частоте $f = 50$ Гц) вызывает судороги мышц, которые человек сам преодолеть не может. Этот ток называется пороговым неотпускающим.

При токе величиной 100 мА и длительности воздействий более 0,5 с ток может вызвать остановку или фибрилляцию сердца. Сопротивление тела человека резко падает в зависимости от продолжительности воздействия тока. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20... 100 Гц. Токи частотой выше 500 000 Гц электрического удара не вызывают, но могут быть причиной термического ожога. Постоянный ток человек ощущает при 6...7 мА, пороговый неотпускающий постоянный ток составляет 50...70 мА, а фибрилляционный - 300 мА.

Все производственные помещения согласно ПУЭ (Правилам устройства электроустановок) делятся по степени риска поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

Помещения без повышенной опасности - это сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха и с изолирующими (например, деревянными) полами, т.е. те помещения, в которых отсутствуют условия, свойственные помещениям двух других классов.

Сюда относятся обычные конторские помещения, инструментальные кладовые, лаборатории, а также некоторые производственные помещения, в том числе цехи приборостроительных заводов, размещенные в сухих и беспыльных помещениях с изолирующими полами и нормальной температурой.

Помещение с повышенной опасностью характеризуется наличием одного из следующих пяти условий, создающих повышенную опасность: сырости, когда относительная влажность воздуха длительное время превышает 75 % (сырые помещения); высокой температуры, когда температура воздуха значительное время (свыше суток) превышает 35 °С (жаркие помещения); токопроводящей пыли, когда по условиям производства в помещениях выделяется токопроводящая технологическая пыль (угольная, металлическая и т.п.) в таком количестве, что она оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т.п. (помещения пыльные, с токопроводящей пылью); токопроводящих полов — металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.д.; возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой это лестничные клетки различных зданий с токопроводящими полами, складские неотапливаемые помещения (даже если они размещены в зданиях с

изолирующими полами и деревянными стеллажами) и подобные им помещения.

Помещения особо опасные характеризуются наличием одного из следующих трех условий, создающих особую опасность: особой сырости, когда относительная влажность воздуха близка к 100 %, а стены, пол, предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой (особо сырые помещения); химически активной или органической среды, т.е. помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, которые имеют разрушительное воздействие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования (помещения с химически активной или органической средой); одновременного наличия двух и более условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

К особо опасным помещениям относятся многие производственные помещения, в том числе и цехи машиностроительных заводов, испытательные станции, гальванические цехи, мастерские. К таким помещениям относятся и участки работ на земле или под навесом.