В данное время практично все области трудовой деятельности человека связаны с использованием электрической энергии. Электрический ток представляет серьезную опасность для жизни человека, поэтому задача обеспечения электробезопасности имеет важное народнохозяйственное значение. Системой стандартов безопасности труда (ССТБ) электробезопасность определяется как система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества (ГОСТ 12.1.009 – 76).

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм, эле5ктрических ударов и профессиональных заболеваний. Электротравмы, электроудары могут вызвать временную или постоянную нетрудоспособность пострадавшего и даже иметь смертельный исход.

Степенью опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от параметров электрического тока, протекающего через тело человека (напряжения, приложенного к телу), пути тока через тело человека, продолжительности воздействия тока на человека, условий внешней среды, состояния организма

Основным фактором, определяющим исход поражения, является значение электрического тока, протекающего через тело человека. В ССБТ (ГОСТ 12.1.009 – 76) даются следующие определения поражающих током.

*Ощутимый ток* – электрический ток, вызывающий при прохождении через тело человека ощутимые раздражения.

*Неотпускающий ток* – электрический ток, вызывающий при прохождении через тело человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой проводник.

*Фибрилляционный ток* - электрический ток, вызывающий при прохождении через тело фибрилляцию сердца, т.е. беспорядочные хаотические сокращения волокон (фибрилл) мышц сердца.

Наименьшие значения токов, вызывающих соответствующую реакцию, называют пороговыми. Пороговые значения полученные в результате экспертного исследования на людях, приведены в табл.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Реакция | Переменный ток  50-60Гц. мА | Постоянный ток мА |
| Ощутимый | 0,6 – 1,5 | 5 - 7 |
| Неощутимый | 10 – 15 | 50 - 80 |
| Фибрилляционный | 80 - 100 | 100 - 150 |
| Удушье, тяжелый ожог, паралич сердца, смерть | Более 5000 (при этом фибрилляция может и не возникнуть) | |

Из табл.1 видно, что воздействие на человека постоянного и переменного тока различно – переменный ток промышленной частоты опаснее постоянного тока того же значения. Путь прохождения тока чрез тело человека существенно влияет на исход поражения. Объясняется это тем, что наибольшую опасность имеет протекание тока через жизненно важные органы: сердце, спинной и головной мозг, мышцы грудной клетки и т.д. экспериментально установлено. Какая доля тока проходит через сердце человека при различных вариантах включения его в электрическую цепь (табл.2).

Опыт показывает, что опасность поражение в большой мере зависит и от точки электрического контакта на теле человека. Установлено, что человек наиболее уязвим при воздействии электрического тока на особо чувствительные, используемые при лечении иглоукалыванием точки – на шее, висках, тыльной стороне ладони, подмышечных впадинах и т.д.

|  |  |
| --- | --- |
| Путь тока | Ток, проходящий через сердце, % |
| Рука – рука | 3,3 |
| Левая рука – нога | 3,7 |
| Правая рука – нога | 6,7 |
| Нога - нога | 0,4 |

Важное значение для оценки опасности поражения электрическим током имеет продолжительность протекания тока через человека. С увеличением продолжительности протекания повышается вероятность тяжелого или смертельного исхода. Кратковременное (несколько сотых секунды) воздействие даже значительных токов (100 мА более) может и не иметь тяжелых последствий.

5000

2000

1000

500

200

100

50

І, мА

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rk Ck |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | t, c |
| Rbh |  |  |  |  |  |  |  |  |

0,05 0,01 0,02 0,05 0,1 0,2 0,5 1 2 5

Рис.1. График 0,5% вероятности возникновения фибрилляции сердца Рис.2. Схема замещения сопротивления тела человека

На рис.1. приведен полученный экспериментально график, определяющий степень опасности поражения человека при воздействии электрического тока различных значений в течение различных интервалов времени.

Из графика следует, что для каждой пары значений тока и продолжительности его протекания, находящихся вне заштрихованной области, вероятность возникновения фибрилляции выше 0,5%.

Зависимость, представленная рис.1, может быть выражена формулой

Іфо,5% = 165/ t,

Где Іфо,5% - ток, вызывающий с вероятностью 0,5% фибрилляцию сердца, мА; t – продолжительность электрической цепи, можно определить его электрические параметры – сопротивление, емкость, частота свойства. Экспериментально было установлено, что сопротивление тела человек имеет активно-емкостный характер (схема замещения представлена на рис.2), где Rk – сопротивление кожи человека, Ск – емкость, образованная за счет диэлектрических свойств кожного покрова и Rвн – электрическое сопротивление внутренних органов. Поверхностный кожный покров, состоящий из наслоения ороговевших клеток имеет большое сопротивление – в сухом состоянии кожи оно может иметь значения до 500 кОм. Гораздо меньшее сопротивление электрическому току оказывают мышечные, жировые, костные ткани, кровь, нервные волокна. В целом сопротивление внутренних органов человека составляет 400-600 Ом. Это сопротивление может быть определено опытным путем, если при его измерении высокое сопротивление кожного покрова будет зашунтировано, например, смачиванием участка кожи, контактирующего с электродом, соленым раствором.

Емкость кожи незначительна и составляет 100-150 пФ. Емкостный характер сопротивления тела человека иллюстрируют приведенные на рис.3 осциллограммы тока через тело человека и приложенного к нему напряжения, снятые экспериментатором с принятием соответствующих мер предосторожности на самом себе. В ходе эксперимента к телу человека в течение 10 мс (полупериода промышленной частоты) было подключено переменное напряжение с действующим значением 200 В. при этом значение тока тело человека в отрицательную полуволну приложенного напряжения достигло 370 мА, а в положительную (в момент отключения) 118 мА. На осциллограмме хорошо заметно опережение током напряжения на 8 20” (около 0,5 мс).

UB 8 20 j,мА

118

t 1мс

200 370

t

В электрических расчетах за расчетное значение сопротивления тела человека принято Rh, 1000Ом. При этом емкостной составляющей сопротивления пренебрегают. Не учитывая также нелинейность сопротивления тела человека – его зависимость от приложенного напряжения, длительность протекания тока и др.

Для оценки опасности поражения электрическим током в какой-либо электроустановке необходимо руководствоваться критериями электробезопасности. За такие критерии приняты:

1. длительно допустимый ток Ihдл,доп, т.е. ток, который не вызывает никаких болезненных явлений даже при неограниченно длительном протекании через человека Ihдл,доп = 10 мА;
2. допустимый нефибрилляционный ток Іhдоп, ток с вероятностью 99,5%, не вызывающий фибрилляции сердца; Ih,доп является функцией времени и определяется графиком на рис.1 по табл.3;

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота | Допустимый ток Ih доп, мА в зависимости от продолжительности воздействия t,c | | | | | | | | | | |
| 0,01-0,08 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 50Гц | 650 | 500 | 250 | 165 | 125 | 100 | 85 | 70 | 65 | 55 | 50 |
| 400 Гц | 650 | 500 | 500 | 330 | 250 | 200 | 170 | 140 | 130 | 110 | 100 |
| Постоянный ток | 650 | 500 | 400 | 350 | 300 | 250 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 |

3) предельно допустимое напряжение прикосновения Uh доп, определяемое по закону Ома из Ih доп с учетом Rh = 1 кОм;

1. допустимая продолжительность воздействия электрического тока на человека для заданного значения Ih, определяемая по (1) или табл.3.

В настоящее время разрабатываются международные нормы, определяющие допустимые токи через человека. Примером норм является предложенный Международной электротехнической комиссией (МЭК) график физиологического воздействия на человека переменного тока 50-60 Гц (рис4.). на графике 1-область неощутимых токов, 2 – область ощутимых, но не вызывающих фибрилляцию сердца токов; 3 - ощутимых, но не вызывающих патологических (болезненных) явлений; 4 – ощутимых вызывающих опасность фибрилляции (вероятность менее50%); 5 – то же, что и 4, но с вероятностью более 50%.

При эксплуатации электроэнергетических установок напряжением выше 1 кВ – открытых распределительных устройств (ОРУ), воздушных линий электропередачи и др.необходимо учитывать воздействие на человека электромагнитного поля. в результате специальных исследований состояния здоровья персонала, обслуживающего электроустановки высокого напряжения, была отмечена тенденция его ухудшения, выражающаяся в плохом самочувствии работающего, повышенной утомляемости, вялости, головной доли, плохом сне и т.д.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергией, поглощенной этим объектом при нахождении его в поле. Различают следующие виды воздействия электромагнитного поля:

А) непосредственное (биологическое), проявляющееся при длительном и систематическом пребывании в электрическом поле, напряженность которого превышает допустимое значение;

Б) воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к заземленным частям оборудования и конструкциям, а также к изолированным от земли корпусам машин и механизмов;

В) воздействие тока, проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами (ток стекания).

С помощью рассмотренных выше критериев электробезопасности можно правильно оценить опасность поражения человека током в каждой конкретной электроустановке и наметить необходимые мероприятия по обеспечению электробезопасности.

2.Электротравмы.

Тело человека является проводником электрического тока. При протекании через организм человека электрический ток может произвести поражающее действие различного характера: термическое (ожоги, нагрев тела), механическое (разрыв тканей, повреждение скелета), световое (поражение глаз), электролитическое (разложение крови и других органических жидкостей), биологическое (паралич, дисфункция нервной системы) и комплексное, включающее в себя одновременно несколько перечисленных действий.

Электрические травмы – это четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения.

**Электрические ожоги** возникают при различных коротких замыканиях, сопровождающихся искрением, сильным нагревом проводников, загоранием электрической дуги. Электрические ожоги могут иметь различную тяжесть (I–IV степени). Ожоги I и II степеней (покраснение кожи, образование пузырей) чаще имеют место в электроустановках напряжением до 1 кВ, более тяжелые ожоги – III и IV степеней (омертвение всей толщи кожи, обугливание тканей) вызываются, как правило, электрической дугой в электроустановках напряжением выше 1 кВ.

**Электрические знаки** – особые отметки – пятна серого или бледно-желтого цвета на коже человека. Которые образуются в результате теплового действия тока при прикосновении к металлическим токоведущим частям.

**Металлизация кожи** – это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц расплавленного и испаренного при загорании дуги металла. Металлизированный участок кожи человека приобретает серый цвет, становится жестким и шершавым, вызывает болезненные ощущения.

**Механические повреждения** являются результатом непроизвольных судорожных сокращений мышц, вызванных протеканием через человека электрического тока. судорожные сокращения мышц могут привести к разрыву кожи, кровеносных сосудов и нервов, сухожилий и даже вывихами суставов и переломом костей.

**Электрический удар** – поражение электрическим током организма в целом, вызывающее в нем нарушение физиологических процессов, проявляющееся в судорожном сокращение мышц, потере сознания, частичном или полном прекращении дыхания и сердечной деятельности. В наиболее тяжелых случаях электрический удар может привести к смертельному исходу. Смерть человека при электрическом ударе может наступить от удушья (в результате спазм дыхательных мышц грудной клетки), от остановки или фибрилляции (беспорядочного сокращения)сердца или от электрического шока (тяжелой нервно-рефлекторной реакции организма)сердца или от электрического шока (тяжелой нервно-рефлекторной реакции организма). При возникновении фибрилляции сердце человека прекращает перекачку крови и самостоятельно на может возвратиться к нормальной работе. Поэтому при отсутствии квалифицированной медицинской помощи человек погибает через несколько минут от кислородного голодания. В первую очередь в случае клинической смерти, т.е. остановки или флбрилляции сердца, за 6-8 мин погибают сокоорганизованные клетки коры головного мозга. Следовательно, если после клинической смерти пострадавший не будет за 6-8 мин оживлен путем реанимации, наступает интеллектуальная смерть (гибель клеток мозга), а затем и биологическая – гибель всех остальных клеток.

**Электрический шок –** реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся опасными расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.п. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить или гибель организма в результате полного угасания жизненно важных функций, или полное выздоровление как результат своевременного активного лечебного вмешательства.