

Лекция №2

Тема 2 Защита от поражения электрическим током.

Воздействие электрического тока на человека.

Электрический ток, проходя через организм человека, производит термическое, электролитические, механическое (динамическое) и биологическое действия.

Термическое действие - ожоги отдельных участков тела, нагрев до высокой температуры органов находящихся на пути тока, что вызывает в них серьёзные функциональные расстройства.

Электролитическое действие - разложение органической жидкости организма, например крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие - расслоение, разрыв различных тканей организма (мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов лёгочной ткани) в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного образования пара от перегретой тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие - раздражение живых тканей организма.

Указанные виды действия электрического тока на организм нередко приводят к различным электротравмам которые условно делят на местные, когда возникают местные поражения, и общие, когда поражается весь организм.

Примерное распределение электротравм в промышленности:

20%-местные;

25%-общие(электрические удары);

55%-смешанные

Т.е. местные возникают в 75%, а общие в 80%.

К местным электротравмам относятся:

Электрические ожоги - самая распространенная местная травма(возникает у 63% пострадавших), различают два вида ожога: токовый(или контактный)- в результате непосредственного прохождения и нагрева током(возникает обычно в электроустановках до 1000 в), и дуговой, обусловленный воздействием на человека электрической дуги(в электрических установках выше 1000 в, $t^{\circ}(\text{дуги}) > 3000^{\circ}\text{C}$).

Электрические знаки - резко очерченные пятна на коже серого или бледно-желтого цвета в точках входа и выхода тока из тела человека. Знаки имеют круглую или овальную форму и размеры 1-5мм. Электрические знаки появляются примерно у 11% пострадавших.

Металлизация кожи - проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек расплавленного металла(в результате электрической дуги).

Механические поражения - следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока. В

результате - разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и даже переломы костей.(возникают редко- примерно у 1%)

-

Общие электротравмы - электрические удары (электрический удар

- возбуждение живых тканей организма, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях мышц тела.)

- возникают примерно в 80% случаев поражения током. При этом нарушается работа сердца и органов дыхания (без потери или с потерей сознания). Возможна фибриляция сердца, когда волокна сердечной мышцы (фибриллы миокарды) - сокращаются хаотично, движение крови прекращается, наступает кислородное голодание и гибель клеток коры головного мозга (нейронов) через 5-6 минут после поражения. Если за это время восстановить работу сердца, то возможно оживление. Поэтому это состояние называется мнимой (клинической) смертью. В более поздние сроки наступает необратимая биологическая смерть.

Нарушение дыхания выражается в виде удушья (асфиксии) в результате судорожного сокращения мышц груди при прохождении тока. Удушья наступают от недостатка кислорода и избытка углекислоты.

Электрические удары наиболее опасны - они приводят к смертельным случаям в 85-87% от общего числа смертельных поражений.

Причинами смерти от поражения электрическим током могут быть прекращение работы сердца, остановка дыхания и электрический шок, или действие двух или трех причин вместе.

Электрический шок - тяжелая нервно- рефлексорная реакция организма на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.п. Шок длится от десятка секунд до суток.

Токи поражения (ГОСТ 12.1.009-76)

Электрические токи подразделяют на ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные.

- Ощутимый ток – электрический ток, вызывающий ощутимые раздражения при прохождении через организм человека
- Неотпускающий ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека, непреодолимое судорожное сокращение мышц руки, в которой зажат проводник, находящийся под напряжением.
- Фибрилляционный ток – вызывает при прохождении через организм фибрилляцию сердца.

Пороговый ток – наименьшее значение тока вызывающего соответствующую реакцию. Эти значения различны для переменного и постоянного токов. Кроме того, они неодинаковы для различных людей.

	Переменный 50 Гц , мА	Постоянный мА
Ощутимый	0.6-1.6	5-7

Неотпускающий	5-25	50-80
Фибрилляционный (от 50 мА до 5 А)	67-367	290-1600
Ток вызывающий немедленную остановку сердца, минуя состояние фибриляции	>5	>5

Пороговый ощутимый ток не вызывает поражения человека, и в этом смысле он не опасен. Однако длительное (в течение нескольких минут) прохождение этого тока через человека может отрицательно сказаться на состоянии его здоровья и поэтому недопустимо.

Точные значения безопасного тока, который длительно (в течение нескольких часов) может проходить через человека, не нанося ему вреда и не вызывая никаких ощущений, не установлены.

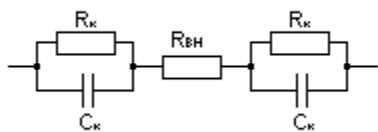
Пороговый неотпускающий ток условно можно считать безопасным для человека, поскольку он не вызывает немедленного поражения. Однако при длительном прохождении тока могут возникнуть серьезные нарушения работы легких и сердца, а в некоторых случаях наступает смерть.

Исход поражения человека электрическим током.

Зависит от многих факторов. К ним относятся:

Сопротивление тела человека состоит из активного и емкостного сопротивлений кожи на входе и выходе тока и активного сопротивления внутренних тканей.

Эквивалентная схема сопротивления тела человека имеет вид:



Сухая неповрежденная кожа имеет сопротивление (при 15-20 в) примерно до 100 кОм, а сопротивление внутренних тканей 300-500 Ом.

Сопротивление человека неодинаково у различных людей и меняется у одного и того же человека в различных условиях. Сопротивление кожи резко уменьшается при её повреждении (даже до 500-700 Ом), увлажнении (на 15-50%), загрязнении (особенно токопроводящими веществами). Снижается сопротивление человека при ухудшении его состояния - утомление, голод, болезнь, опьянение увеличивают риск тяжелого поражения.

Сопротивление тела человека сильно зависит от приложенного напряжения, длительности протекания тока, рода и частоты тока.



При длительном протекании тока сопротивление тела снижается за счет усиления кровообращения под электродами, потовыделения. При небольших напряжениях (20-30 В) за 1-2 минуты сопротивление снижается на 25% и более (при более высоких напряжениях снижение более значительное).

В результате увеличения частоты тока Z_h уменьшается (из-за снижения емкостного сопротивления) и в пределе (при $f=\infty$) стремится к $R_{вн}=300$ Ом.

Следовало бы считать, что увеличение частоты приведет к повышению опасности поражения током. В действительности оказалось, что это предположение справедливо лишь в диапазоне 0-50 Гц, дальнейшее повышение частоты (несмотря на рост тока из-за снижения сопротивления тела) сопровождается снижением опасности поражения, и полностью исчезает при частоте 450-500 Гц. Т.е. ток такой частоты не может вызвать смертельного поражения из-за прекращения работы сердца, легких. Сохраняется опасность ожогов.

Основными параметрами, от которых зависит исход поражения человека электрическим током, являются напряжение, значение тока и длительность его воздействия.

ГОСТ 12.1.000-88 “ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов”.

Аварийный режим в производственных установках

		t, c										
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	>1
Переменный 50 Гц	$U_{пр}$	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	$I_h \text{ доп}$	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Постоянный	$U_{пр}$	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	$I_h \text{ доп}$	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15

В качестве критериев электробезопасности определяет следующие параметры и их значения.

- 1 длительность воздействия тока на человека – t, c
- 2 предельный нефибрилляционный ток, который с вероятностью 99.5% не вызывает фибрилляции у подопытных животных (вес тела и сердца которых примерно соответствует человеку) – $I_h \text{ доп, mA}$

- 3 максимально- допустимое напряжение прикосновения, приложенное к человеку - $U_{\text{пр доп}}$, В

Наибольшие допустимые напряжения прикосновения $U_{\text{пр}}$ и токи I_h при нормальном режиме работы электроустановки

	$U_{\text{пр}}$ В	I_h мА	Эти нормы установлены для продолжительности действия не более 10 минут в сутки.
Переменный 50 Гц	2	0.3	
Постоянный	8	1.0	

Классификация помещений и условий работы.

По опасности поражения током установлены 3 класса помещений и 1 класс работы на открытом воздухе (ГОСТ 12.1.007-78)

- 1 помещение с повышенной опасностью; характеризуется одним из признаков: проводящая пыль; токопроводящие полы; сырость $\geq 75\%$; температура $\geq 35^\circ\text{C}$ длительно (2 час. и более); возможность одновременного прикосновения к заземленным частям здания (коммуникациям) и корпусу электрооборудования.
- 2 Особоопасные помещения. Признаки: сырость 100%; химически активная среда; два и более признаков повышенной опасности.
- 3 Без повышенной опасности - отсутствуют указанные признаки.

Первая помощь при электротравме.

- 1 Пострадавшего быстро освободить от воздействия электрического тока, отключив ток, или отделив человека от контакта с источником с помощью изолирующего предмета (сухая одежда, палка и т.д.). При напряжении более 1000 В пользоваться только изолирующими средствами
- 2 Если пульс и дыхание у человека устойчивые, то обеспечить свежий воздух, покой.
- 3 Если дыхание отсутствует или неустойчиво (дышит со всхлипами), то необходимо проводить искусственное дыхание. При отсутствии пульса необходим непрямой массаж сердца.
- 4 Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Искусственное дыхание проводится активным методом- выдохом воздуха из своих легких в легкие пострадавшего (“изо рта в рот”). В выдыхаемом воздухе содержится около 18% кислорода (во вдыхаемом около 21%).

Перед началом запрокинуть голову пострадавшего назад, а затем 10-12 раз в минуту резко выдыхать воздух в его легкие. Выдох пострадавший производит самостоятельно за счет сжатия грудины.

Непрямой массаж сердца.

При надавливании грудины человека она сжимает сердце, выталкивает тем самым кровь из сердца в кровеносные сосуды. При отпуске грудины кровь вновь входит в сердце. Частота надавливаний- 60 раз в минуту. Место надавливания – на 1-2 см выше окончания грудины.

Проверка эффективности проводится прекращением помощи на несколько секунд. При самостоятельном дыхании и пульсе помощь не возобновляют. В противном случае её продолжают до прибытия врача.

Признаками оживления являются: цвет лица - розовый, дыхание устойчивое, сужение зрачков (указывает на питание мозга кислородом).

Врач возобновляет нормальную работу сердца с помощью дефибрилятора: 2 электрода на область сердца накладывают со стороны груди и спины. Осуществляют разряд конденсатора за время 0.01 мс при напряжении 4.5-6 кВ. Этим обеспечивается ток значением 15-20 А, который прекращает хаотическое сокращение сердца, восстанавливает ритмичные.

Средства и способы электрозащиты

Защитные средства и способы должны выполнять следующие функции:

1. Не допускать прикосновение человека к токоведущим элементам электроустановки
2. Не допускать появления напряжения на элементах электроустановок, на которых это напряжение должно отсутствовать при нормальном режиме эксплуатации.
3. Защищать человека при прикосновении к токоведущим частям.
4. Защищать при прикосновении к нетокведущим частям, оказавшимся под напряжением

Все защитные меры по их принципам действия можно разделить на 3 группы:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей оборудования;
2. Снижение напряжения прикосновений до допустимых;
3. Ограничение времени воздействия электрического тока на организм человека.

По характеру защитные меры можно подразделить:

1. организационные – определяющие вероятность прикосновения человека к электроустановке (инструктаж, организация рабочего места, режим труда, применение СИЗ, плакаты, сигнализация и т.д.);
2. организационно-технические – определяющие вероятность появления напряжения на электроустановках (изоляция, ограждение токоведущих частей электроустановок, применение блокировок, переносные заземлители);
3. технические – определяющие вероятность того, что ток, проходящий через человека, не превысит допустимого значения:

С точки зрения электробезопасности электроустановки подразделяются:

- по напряжению
 1. до 1000 В
 2. свыше 1000 В;
- по режиму нейтрали
 1. с изолированной нейтралью
 2. с заземлённой нейтралью

Способы и средства электрозащиты (ГОСТ 12.1.019-79)

- 1 Изоляция токопроводящих частей электроустановок (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная с устройством её непрерывного контроля.)
- 2 Компенсация емкостных токов
- 3 Защитное заземление
- 4 Зануление
- 5 Защитное отключение с самоконтролем
- 6 Выравнивание потенциалов
- 7 Малое напряжение (42 В переменного, 110 постоянного тока)
- 8 Электрическое разделение сетей
- 9 Ограждения
- 10 Сигнализация, блокировка, знаки безопасности
- 11 Средства индивидуальной защиты

Эти способы и средства применяют отдельно или в сочетании в зависимости от $U_{ном}$, рода тока, режима нейтрали трансформатора, возможных включений человека в цепь тока (двухфазное, однофазное прикосновение к токоведущим частям, попадание под напряжение в зоне растекания тока).