

**П. А. ДОЛИН**

**ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА И ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШ ЕМУ**

*Библиотека*

***ЭЛЕКТРОМОНТЕРА***

*Выпуск 440*

**П. А. ДОЛИН**

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА И ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ

**Издание второе, переработанное и дополненное**

| Абонемент |

**Центральная гарадсиая  
библиотека**

«меня В. И. Ленина

**«э Н Е Р Г И 1976**

**6П2.1**

ДИ

**УДК 012.014.424**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Большам Я. М., Зевакин А. И., Каминский Е. А., Ларионов В. П., Мусаэлян Э. С., Розанов С. П., Семенов В. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Соколов Б. А., Устинов П. И.

Долин П. А.

Д 64 Действие электрического тока на человека и первая помощь пострадавшему. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976

128 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 440)

В книге рассматриваются действие электрического тока на орга­низм человека и факторы, влияющие иа исход поражения током, а также основные причины несчастных случаев в электроустановках. Приводятся основные меры защиты от поражения током и меры пер­вой доврачебной помощи пораженному током.

Первое издание книги вышло в 1972 г.

Брошюра рассчитана на электромонтеров, работающих с действу­**6П2.1**

ющими электроустановками.

**30102-459\* <■**

***Д*  37-76**

**051(01)-76**

© Издательство «Энергия», 1976 г.

Предисловие

С каждым годом в нашей стране растет число элек­трических установок в промышленности, сельском хозяй­стве, на транспорте и в других отраслях народного хо­зяйства, а также в быту, медицинских учреждениях и т.п.

В этих условиях большое значение приобретают во­просы защиты обслуживающего персонала и других лиц, связанных с эксплуатацией электроустановок, от опасно­сти поражения током.

Анализ производственных несчастных случаев, сопро­вождающихся временной утратой трудоспособности, по­казывает, что число травм, вызванных электрическим током, сравнительно невелико и составляет 0,5—1,0% общего числа несчастных случаев на производстве.

Совершенно иная картина будет, если рассматривать только случаи со смертельным исходом. При этом оказы­вается, что из общего числа смертельных несчастных случаев на производстве 20—40% происходит в резуль­тате поражения электрическим током, что, как правило, больше, чем по какой-либо иной причине.

Бот почему вопросам электробезопасности на произ­водстве необходимо уделять большое внимание.

Согласно статистическим данным 75—80% смертель­ных поражений током происходит в электроустановках напряжением до 1000 Вив первую очередь в установ­ках от 127 до 380 В. Объясняется это весьма широким распространением таких установок и тем, что с ними имеет дело практически каждый работающий на произ­водстве, в то время как установки более высоких напря­жений имеют ограниченное распространение и доступны сравнительно небольшому числу лиц электротехниче­ской специальности.

Чтобы обеспечить безопасные, а следовательно, и вы­сокопроизводительные условия труда при эксплуатации электрических установок, необходимо знать, как дейст­вует электрический ток на организм человека, какие ме­ры защиты от поражения током должны применяться в тех или иных условиях, как правильно оказать помошь человеку, пострадавшему от воздействия электрического тока, безопасно освободить пострадавшего от действия тока и оказать ему первую доврачебную медицинскую помощь.

Этим вопросам посвящена настоящая книга. Все замечания и пожелания автор просит направлять по ад­ресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия».

*Автор*

**ГЛАВА ПЕРВАЯ**

**ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

1. Виды поражений электрическим током

Действие электрического тока на организм в отличие от действия других материальных факторов носит свое­образный и разносторонний характер.

Проходя через организм, электрический ток, произво­дит термическое и электролитическое действия, являю­щиеся обычными физико-химическими процессами, при­сущими как живой, так и неживой материи; вместе с тем электрический ток производит и биологическое действие, которое является особым, специфическим процессом, свойственным лишь живой ткани.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

Электролитическое действие тока прояв­ляется в разложении крови и других органических жид­костей, вызывая значительные нарушения их физико- химических составов.

Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными со­кращениями мышц, в том числе мышц легких и мышцы сердца. В результате могут возникнуть различные нару­шения в организме, в том числе нарушение и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания. Раздражающее действие тока на ткани орга­низма, (а следовательно, и обусловленные им непроиз­вольные судорожные сокращения мышц) может быть прямым, т. е. когда ток проходит непосредственно по этим тканям, и в некоторых случаях — рефлекторным. т. е. через центральную нервную систему, когда путь тока лежит вне этих тканей.

Это многообразие действий электрического тока мо­жет привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или элек­трической дуги. Обычно это поражения кожи, реже — других мягких тканей, а также связок и костей. В боль­шинстве случаев электротравмы излечиваются и работо­способность пострадавшего восстанавливается полно­стью или частично. В отдельных случаях, обычно при тяжелых ожогах, травмы могут привести к гибели чело­века.

Различают следующие электрические травмы: элек­трические ожоги, электрические знаки, металлизация ко­жи, электроофтальмия и механические повреждения.

Электрический ожог—самая распространен­ная электротравма: ожоги возникают у большей части (60—65%) пострадавших от электрического тока, при­чем почти треть их сопровождается другими травмами.

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

Токовый ожог обусловлен прохождением тока непо­средственно через тело человека в результате контакта человека с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую. При этом, поскольку кожа человека обладает во много раз большим электрическим сопротивлением, чем другие ткани тела, в ней выделяется большая часть тепла. Этим и объясняется, что токовый ожог является, как правило, ожогом кожи в месте контакта тела с токоведущей частью.

Токовые ожоги возникают в электроустановках отно­сительно небольшого напряжения — не выше 1—2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I или II степе­ни, т. е. сравнительно легкими[[1]](#footnote-1); иногда возникают тяже­лые ожоги (рис. 1).

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

Дуговой ожог обусловлен воздействием на тело элек­трической дуги, обладающей высокой температурой (свыше 3500° С) и большой энергией. Этот ожог возника­ет обычно в электроустановках высокого напряжения —



Рис. 1. Токовый (контактный) ожог руки IV степени переменным током 220 В.

выше 1000 В и, как правило, носит тяжелый характер —• III или IV степени. Электрическая дуга может вызвать обширные ожоги тела, выгорание тканей на большую глубину, обугливание и бесследное сгорание больших участков тела (рис. 2).

Электрические знаки, которые именуются также знаками тока или электрическими метками, пред­ставляют собой четко очерченные пятна серого или блед­но-желтого цвета на поверхности кожи человека, под­вергнувшейся действию тока. Часто знаки имеют круг­лую или овальную форму с углублением в центре и размеры 1—5 мм. Бывают знаки в виде царапин, неболь­ших ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей (рис. 3). Иногда форма знака соответ­ствует форме токоведущей части, которой коснулся по­страдавший, а также может напоминать фигуру молнии (рис. 4). Пораженный участок кожи затвердевает подоб­но мозоли. В большинстве случаев электрические знаки

безболезненны и лечение их заканчивается благополуч­но; с течением времени верхний слой кожи сходит и по­раженное место приобретает первоначальные цвет, эла­стичность и чувствительность.



Рис. 2. Дуговой ожог голо­вы IV степени.

Рис. 3. Типичные электрические знаки. »

Металлизация кожи — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, рас­плавившегося под действием электрической дуги (рис. 5). Это может произойти при коротких замыканиях, отклю­чениях разъединителей и рубильников под нагрузкой и т. п.

В месте поражения кожа становится шероховатой и жесткой. Пострадавший испытывает в этом месте напря­жение кожи от присутствия в ней инородного тела и не­редко боль от ожога за счет тепла занесенного в кожу металла. С течением времени больная кожа сходит, по­раженный участок приобретает нормальный вид и исче­зают болезненные ощущения. Лишь при поражении глаз лечение может оказаться длительным и сложным, а в некоторых случаях пострадавший может лишиться зре­ния. Поэтому работы, при которых возможно возникно­вение электрической дуги (например, работы под напря­жением на щитках и сборках), должны выполняться в защитных очках. Вместе с тем одежда работающего дол­жна быть застегнута на все пуговицы, ворот закрыт, а рукава опущены и застегнуты у запястьев рук.



Рис. 4. Электрический знак в виде фигуры молнии.



Рис. 5. Металлизация кожи.

Нередко одновременно с металлизацией кожи проис­ходит ожог электрической дугой, который почти всегда вызывает более тяжелые повреждения.

Электроофтальмия — воспаление наружных оболочек глаз, возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энер­гично поглощаются клетками организма и вызывают в

них химические изменения. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги (возникшей, например, при коротком замыкании), которая является источником интенсивного излучения не только видимого света, но и ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Электроофтальмия развивается спустя 2—6 ч после ультрафиолетового облучения. При этом имеют место 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 на свету, т. е. у него возникает так называемая светобо­язнь. В тяжелых случаях воспаляется роговая оболочка глаза с нарушением ее прозрачности, расширяются со­суды роговой и слизистой оболочек, суживается зрачок. Продолжительность болезни — обычно несколько дней. В случае поражения роговой оболочки лечение оказыва­ется более сложным и длительным.

Предупреждение электроофтальмии при обслужива­нии электроустановок обеспечивается применением за­щитных очков с обычными стеклами, которые почти не пропускают ультрафиолетовых лучей и обеспечивают защиту глаз от брызг расплавленного металла.

Механические повреждения возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокра­щений мышц под действием тока, проходящего через че­ловека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. Механические по­вреждения являются, как правило, серьезными травма­ми, требующими длительного лечения. К счастью, они возникают очень редко.

Электрический удар — это возбуждение живых тка­ней организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожны­ми сокращениями мышц. При электрических ударах ис­ход воздействия тока на организм может быть различ­ным — от легкого, едва ощутимого судорожного со­кращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или легких, т. е. до смертельного по­ражения.

В зависимости от исхода воздействия тока на орга­низм электрические удары условно делятся на следую­щие четыре степени:

1. судорожное сокращение мышц без потери созна­

ния;

1. — судорожное сокращение мышц с потерей созна­ния, но с сохранившимися дыханием и работой сердца;

HI — потеря сознания и нарушение сердечной дея­тельности или дыхания (либо того и другого вместе);

1. — клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Клиническая (мнимая) смерть — переход­ный период от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения деятельности сердца и легких.

1. 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. Однако в этот период жизнь в организме еще полностью не угасла, ибо ткани его умирают не все сразу и не сразу угасают функции различных органов.

В первый момент почти во всех тканях организма продолжаются обменные процессы, хотя и на очень низ­ком уровне, резко отличающиеся от обычных, но доста­точные для поддержания минимальной жизнедеятель­ности.

Эти обстоятельства позволяют, воздействуя на более стойкие жизненные функции организма, восстановить угасающие или только что угасшие функции, т. е. ожи­вить умирающий организм.

Первыми начинают погибать очень чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга (нейроны), с деятельностью которых связаны сознание и мышление. Поэтому 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, например от электрического тока, — 7—8 мин.

Если же смерть наступила в результате тяжелой бо­лезни, т. е. когда организм исчерпал значительную часть своих жизненных сил, клиническая смерть может длить­ся всего несколько секунд.

Биологическая (истинная) смерть — не­обратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма

и распадом белковых структур; она наступает по истече­нии периода клинической смерти.

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

Прекращение работы сердца является ре­зультатом прямого воздействия тока на мышцу сердца, т. е. прохождения тока непосредственно в области серд­ца, а иногда и результатом рефлекторного действия, когда сердце не лежит на пути тока. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его фибрилляция.

Фибрилляция — это хаотические быстрые и разновре­менные сокращения волокон сердечной мышцы (фиб­рилл), при которых сердце перестает работать как насос, т. е. не в состоянии обеспечить движение крови по сосу­дам. В результате остановки или фибрилляции сердца в организме прекращается кровообращение, а следова­тельно, прекращается доставка кислорода кровью из легких к тканям и органам, что и вызывает гибель орга­низма.

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

Человек начинает испытывать затруднение дыхания уже при токе, равном 20—25 мА (50 Гц), которое усили­вается с ростом тока. При длительном действии такого тока — несколько минут — наступает так называемая ас­фиксия (удушье) — болезненное состояние в результате недостатка кислорода и избытка углекислоты в орга­низме.

При асфиксии последовательно утрачиваются созна­ние, чувствительность, рефлексы (т. е. способность орга­низма реагировать на поступившие из внешней или вну­тренней среды раздражения), затем прекращается ды­хание и, наконец, останавливается сердце — наступает клиническая смерть.

Прекращение дыхания возможно и в результате крат­ковременного (несколько секунд) воздействия большого тока — несколько сотен миллиампер и более, который может вызвать паралич легких.

Электрический шок—своеобразная тяжелая нервнорефлекторная реакция организма в ответ на силь­ное раздражение электрическим током, сопровождающа­яся глубокими расстройствами кровообращения, дыха­ния, обмена веществ и т. п.

Обычно при шоке сразу после воздействия тока на­ступает кратковременная фаза возбуждения, когда по­страдавший реагирует на возникшие боли, у него повы­шается кровяное давление и т. п. Вслед за этим наступа­ет фаза торможения и истощения нервной системы, когда резко снижается кровяное давление, падает и учащается пульс, ослабевает дыхание, возника­ет депрессия — угнетенное состояние и полная безучастность к окружающему при сохранившемся со­знании.

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.

1. Электрическое сопротивление тела человека

Тело человека является проводником электрического тока. При этом разные ткани тела по-разному проводят ток: одни лучше, другие хуже. Наибольшее сопротивле­ние электрическому току оказывает кожа, удельное объ­емное сопротивление которой достигает 3—20 тыс. Ом • м. Другие ткани, в том числе мышечная и жировая, спин­ной и головной мозг, а также кровь имеют по сравнению с кожей весьма малое сопротивление. В результате со­противление тела человека определяется главным обра­зом сопротивлением кожи.

**Строение кожи** весьма сложно. Кожа состоит из двух основных слоев: наружного — эпидермиса и внутренне­го— дермы (рис. 6).

Наружный слой кожи — эпидермис в свою оче­редь имеет несколько слоев, из которых верхний самый толстый называется роговым.

Роговой слой состоит из многих рядов омертвевших ороговевших клеток; он лишен кровеносных сосудов и нервов и является поэтому слоем неживой ткани. На разных участках тела роговой слой имеет толщину от 0,05 до 0,2 мм; на ладонях и подошвах, утолщаясь, он может образовывать мозоли, т. е. иметь значительную толщину.

Роговой слой обладает относительно высокой механи­ческой прочностью, плохо проводит тепло и электричест­во и служит как бы защитной оболочкой, покрывающей все тело человека, В сухом и незагрязненном состоянии роговой слой можно рассматривать как диэлектрик: его удельное объемное сопротивление достигает 105— [[2]](#footnote-2)

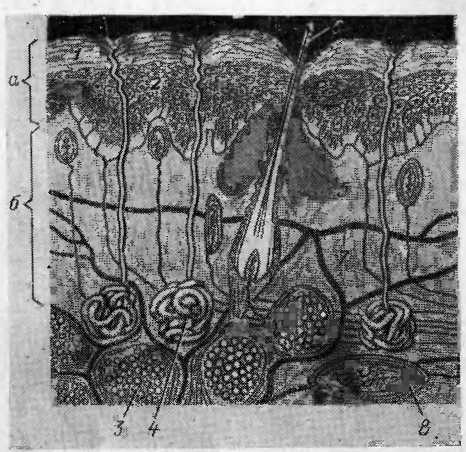


Рис. 6. Строение кожи человека (в разрезе).

*а* — наружный слой кожи — эпидермис; б — внутренний слой кожи — дерма; *1 —* роговой слой; *2 —* ростковый слой;

*3 —* подкожная жировая клетчатка; *4 —* потовые железы;

5 — сальные железы; *6 —* волос; 7 — кровеносные сосуды;

*8 —* чувствительные нервные окончания.

белковым веществом и становятся клетками рогового слоя, восполняя постоянно слущивающиеся с поверхно­сти кожи мертвые клетки.

Электрическое сопротивление росткового слоя благо­даря наличию в нем отмирающих и находящихся в ста­дии ороговения клеток может в несколько раз превы­шать сопротивление нижнего слоя кожи и внутренних тканей организма, хотя по сравнению с сопротивлением рогового слоя оно невелико.

Внутренний слой кож и — дерма состоит из прочных волокон, переплетающихся между собой и об­разующих густую сеть, которая и служит основой всей кожи. Между этими волокнами находятся кровеносные сосуды, нервы и корни волос. Здесь же расположены потовые и сальные железы, выводные протоки которых выходят на поверхность кожи, пронизывая эпидермис. Электрическое сопротивление дермы незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

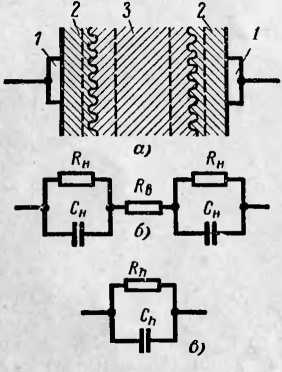
**Сопротивление тела человека** при сухой, чистой и неповрежденной коже, измеренное при напряжении до 15—20 В, колеблется в пределах примерно от 3000 до 100 000 Ом, а иногда и более. Если на участках кожи, где прикладываются электроды, соскоблить роговой слой, сопротивление тела упадет до 1000—5000 Ом, а при удалении всего верхнего слоя кожи (эпидермиса) — до 500—700 Ом. Если же под электродами полностью уда­лить кожу, то будет измерено сопротивление внутренних тканей тела, которое составит всего лишь 300—500 Ом.

Сопротивление тела человека, т. е. сопротивление между двумя электродами, наложенными на поверх­ность тела, можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух оди­наковых сопротивлений наружного слоя кожи, т. е. эпи­дермиса (которые в совокупности составляют так назы­ваемое наружное сопротивление тела человека), и одно­го, называемого внутренним сопротивлением тела, которое включает в себя два сопротивления внутреннего слоя кожи, т. е. дермы и сопротивление внутренних тка­ней тела (рис. 7,а).

Наружное сопротивление тела состоит из двух параллельно включенных сопротивлений актив­ного *RK* и емкостного *хс =* , которое обусловлено

тем, что в месте прикосновения токоведущих частей

(электродов) к телу человека образуются как бы кон­денсаторы с некоторой емкостью Сн (рис. 7,6). Обклад­ками каждого из этих конденсаторов являются токове­дущая часть и хорошо проводящие ток ткани тела че­ловека, лежащие под наружным слоем кожи, а диэлектриком, разделяющим обкладки, — этот слой (эпидермис).

Рис. 7. К определению сопро­тивления тела человека.

*а —* схема измерения сопротивле­ния; *б —* эквивалентная схема со­противления тела человека; *в —* уп­рощенная эквивалентная схема; / — электроды; 2—наружный слой кожи — эпидермис (роговой и рост­ковый слон); *3 —* внутренние тка­ни тела (включая нижний слой ко­жи—дерму); /?и — активное со­противление наружного слоя ко­жи; Сн — емкость образовавшего­ся конденсатора; Яв — внутреннее сопротивление тела; /?д — активное сопротивление тела; — емкость тела.

Внутреннее сопротивление тела счита­ется чисто активным *RB.* Его величина зависит от дли­ны и поперечного сечения участка тела, по которому проходит ток, и составляет примерно 500—700 Ом.

Эквивалентные схемы сопротивления тела человека показаны на рис. 7, б и в.

Полное сопротивление тела человека *Zh,* Ом, согласно упрощенной эквивалентной схеме (рис. 7, в) выражается следующей зависимостью: где *Rh* = 2 /?н + Кв— активное сопротивление тела че­ловека, Ом; *Сн «* 0,5 Сн — емкость тела человека, Ф; *f—*частота тока, Гц.

**У1 + (2л/СьЯ„)? ’**

(1)

В практике обычно пренебрегают емкостью *Ch,* ко­торая, как правило, незначительна, и считают сопро-

тИвление тела человека чисто активным и неизменным, равным

вызы-

*Rh* = 1000 Ом.

В действительных условиях сопротивление тела че­ловека не является постоянной величиной; оно зависит от ряда факторов, в том числе от состояния кожи, па­раметров электрической цепи, физиологических факто­ров, состояния окружающей среды и др.

Состояние кожи сильно влияет на величину сопротивления тела человека. Так, повреждение рого-’ вого слоя, в том числе порезы, царапины, ссадины и другие микротравмы, могут снизить сопротивление те­ла до значения, близкого к значению его внутреннего сопротивления, т. е. до 500—700 Ом, что безусловно увеличивает опасность поражения человека током.

Такое же влияние оказывает и увлажнение кожи водой или за счет пота. Влага, как правило, не прони­кает в глубь кожи, поскольку здоровая, неповрежден- ^ная кожа непроницаема для жидкости. Однако, запол­оняя углубления на коже и пространства между отсла- чьивающимися чешуйками эпидермиса, влага создает ^токопроводящие мостики на отдельных участках кожи \*Ъи повышает тем самым ее проводимость. При длитель­ном увлажнении наружный слой кожи разрыхляется, ^насыщается влагой и продуктами потовыделения, в ре­зультате чего сопротивление его почти полностью утра­чивается.

Таким образом, работа с электроустановками сыры­ми руками или в условиях, вызывающих увлажнение каких-либо участков кожи, а также при повышенной температуре воздуха или при других условиях, вающих усиленное потовыделение, усугубляет опас­ность поражения человека током.

Загрязнение кожи различными веществами и в осо­бенности хорошо проводящими электрический ток (ме­таллическая или угольная пыль, окалина и т. п.) со­провождается снижением ее сопротивления.

Таким образом, токарь по металлу, шахтер и лица Других специальностей, у которых руки загрязняются токопроводящей пылью и грязью, подвержены большей опасности поражения током.

На сопротивление тела оказывает влияние пло- I1J- адь контактов- а также место их при-

**2- >Лсятриьная горвдская бабйнотека**

имени В. И, Ленина

ложен и я, так как у одного и того же человека со­противление кожи неодинаково на разных участ­ках тела.

Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, рук на участке выше ладоней и в особенности на стороне, обращенной к туловищу, подмышечных впа­дин, тыльной стороны ладоней и др.

Загрубевшая, мозолистая кожа ладоней и подошв, несмотря на наличие в этих местах большого количест­ва потовых желез, имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков те­ла. В частности, сопротивление кожи ладони обычно в 2—3 раза и более превышает сопротивление кожи ее тыльной стороны и в 20—50 раз сопротивление кожи лица.

Естественно, чем меньше сопротивление кожи, а следовательно, тела в целом, тем больший ток прохо­дит через человека и тем опаснее исход поражения его током. Данное обстоятельство нередко приходится учи­тывать в практической деятельности. Например, при работе под напряжением на воздушной линии 127—380 В (по исправлению уличного освещения, заме­не перегоревшего предохранителя на вводе в дом и т. п.), кроме обычных защитных средств — диэлектрических перчаток, инструмента с изолированными рукоятками и т. п., необходимо надевать изолирующий шлем или обычный головной убор, поскольку случайное прикос­новение головой к проводам приводит к тяжелым по­следствиям. Рукава спецодежды должны быть опуще­ны и по возможности застегнуты у запястья.

Значение тока и длительность его прохождения через тело человека оказывают не­посредственное влияние на сопротивление тела: с уве­личением тока и времени его прохождения сопротивле­ние падает, поскольку при этом усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению ее сосудов, а следовательно, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

С ростом напряжения, приложенного к телу человека, происходит уменьшение в десятки раз сопро­тивления кожи, а следовательно, и сопротивления тела в целом, которое приближается к сопротивлению внут­ренних тканей тела, т. е. к своему наименьшему значе­нию 300—500 Ом (рис. 8). Это можно объяснить элек- тпическим пробоем рогового слоя кожи, который про­исходит при напряжении 50—200 В, увеличением тока, проходящего через кожу (за счет повышения прило­женного напряжения), и др.

Сопротивление человека зависит также от рода п частоты тока, что видно из формулы (1). При постоянном токе, т. е. при *f —* 0, полное сопротивление

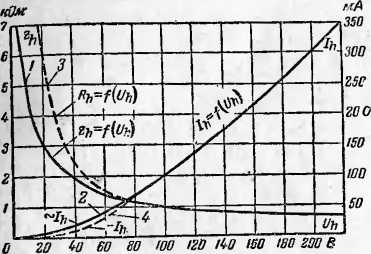


Рис. 8. Зависимость сопротивления тела че­ловека и тока, проходящего через него, от приложенного напряжения.

*1,* 2 —переменный ток 50 Гц; 3, *4 —* постоянный ток.

тела оказывается равным активному сопротивлению *Rh.* При переменном токе *Zh* меньше *Rh.* С увеличением частоты переменного тока *Zh* будет уменьшаться. При 2500—5000 Гц *Zh* ненамного отличается от внутреннего сопротивления 7?в, а при 10—20 кГц и больше можно считать, что наружный слой кожи практически утрачи­вает сопротивление электрическому току и, следова­тельно, *Zh — Rb.*

1. Основные факторы, влияющие на исход поражения током

Опасность воздействия электрического тока на че­ловека зависит от значения тока, проходящего через человека, длительности его воздействия, пути прохож­дения тока в теле человека, рода и частоты тока, инди­видуальных свойств человека и некоторых других

Сопротивление тела человека и значение приложен ного к нему напряжения также влияют на исход пора­жения, но лишь постольку, поскольку они определяют значение тока, проходящего через человека.

**а) Значение тока, проходящего через человека**

Основным фактором, обусловливающим исход пора­жения человека током, является значение тока, прохо­дящего через тело человека.

**Ощутимый ток.** Организм человека весьма чувстви­телен к электрическому току. Человек начинает ощу­щать воздействие проходящего через него тока малого значения: 0,6—1,5 мА при промышленной частоте (50 Гц) и 5—7 мА при постоянном токе.

Это воздействие ограничивается при токе 50 Гц сла­бым «зудом» п легким покалыванием, а при постоян­ном токе — ощущением нагрева кожи на участке, ка­сающемся токоведущей части. Поскольку большие токи также ощущаются человеком, указанные значения то­ков являются границами или порогами, с которых на­чинаются области ощутимых токов. Поэтому такие то­ки называются *пороговыми ощутимыми токами.*

Следует подчеркнуть, что указанные значения поро­говых ощутимых токов справедливо лишь для случаев прохождения тока через тело человека по пути рука — рука или рука —ноги, т. е. когда человек касается то­коведущих частей ладонями обеих рук или ладонью одной руки, стоя на токопроводящем основании. Если же контакт с токоведущими частями создается другими участками тела, имеющими более нежный кожный по­кров, в том числе тыльной стороной руки, лицом и пр., то человек начинает ощущать ток еще меньшего зна­чения.

Пороговый ощутимый ток не может вызвать пора- жения человека, и в этом смысле он не является опас­ным. Однако длительное прохождение его через чело­века отрицательно сказывается на здоровье, и поэтом} является недопустимым.

Кроме того, ощутимый ток может стать косвенной причиной несчастного случая, поскольку человек, по­чувствовав воздействие тока, теряет уверенность в сво­ей безопасности и может произвести неправильные дей­ствия. Особенно опасным является неожиданное дейст-

условиях. „ . „

ВИе ощутимого тока при работах вблизи токове­дущих частей, на высоте и в других аналогичных

Безопасный ток, который длительно (в тече­ние нескольких часов) может проходить через челове­при конструировании изолирующих защитных средств— штанг, клещей и пр., изолирующих устройств и приспо­соблений для работы под напряжением, экранирующих защитных костюмов и пр. Дело в том, что токи утечки через изоляцию устройств и приспособлений, а также емкостные токи системы человек — земля длительно проходят через человека и поэтому не должны превы­шать значений безопасного тока.

ка не нанося ему вреда и не вызывая никаких ощуще­ний очевидно, во много раз меньше порогового ощути­мого тока. Точные значения безопасного тока не

установлены, однако в практике его ограничивают не­сколькими микроамперами, и во всяком случае он не превышает 50 мкА при 50 Гц и 100 мкА при постоян­ном токе.

Значение безопасного тока необходимо учитывать

**Неотпускающий ток.** Увеличение тока сверх порога ощутимых токов вызывает у человека судороги мышц и неприятные болезненные ощущения, которые с ро­стом тока усиливаются и распространяются на все большие участки тела.

Так, при 3—5 мА и 50 Гц раздражающее действие то­ка ощущается всей кистью руки; при 8—10 мА боль рез­**ко** усиливается и охватывает всю руку, сопровождаясь непроизвольными сокращениями мышц кисти руки и i предплечья.

ч При 10—15 мА боль становится непереносимой, а су­дороги мышц рук оказываются настолько значительны­ми, что человек не в состоянии их преодолеть. В резуль­тате он не может разжать руку, в которой зажата токо­ведущая часть, не может отбросить от себя провод, т. е. он не в состоянии самостоятельно нарушить контакт с токоведущей частью и оказывается как бы прикованным к ней. Такой же эффект производят и токи большего зна­чения. Все эти токи носят названиелеотпускающих, а наименьший из них— 10—15 мА при 50 Гц (50—80 мА при постоянном токе) — является порогом неотпуска­ющих токов и называется *пороговым неотпускающим током.*

ту сердце, а затем легкие, причем поражение сердца наступает быстро: обычно не более чем через 2 с с нача­ла воздействия тока.

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

При частоте 50 Гц фибрилляционными являются токи в пределах от 100 мА до 5 А, а пороговым фибрилляци­онным током 100 мА. При постоянном токе порогом фиб­рилляции считается ток 300 мА, а верхним пределом фи- брилляционного тока 5 А.

Следует подчеркнуть, что эти данные справедливы

Пороговый неотпускающий ток условно можно счи­тать безопасным для человека в том смысле, что он не вызывает немедленного поражения его. Однако при дли­тельном прохождении ток растет за счет уменьшения сопротивления тела, в результате чего усиливаются бо­ли и могут возникнуть серьезные нарушения работы легких и сердца, а в некоторых случаях наступает смерть.

При постоянном токе неотпукающнх токов, строго го­воря, нет, т. е. челевек при любых значениях тока може! самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Од­нако в момент отрыва возникают весьма болезненные сокращения мышц, аналогичные тем, которые наблюда­ются при переменном токе примерно такого же значения.

Опыты показали, что наибольший постоянный ток, при котором человек еще в состоянии выдержать боль, возникающую в момент отрыва рук от электродов, со­ставляет 50—80 мА. Этот ток и принят условно за порог неотпускающих токов при постоянном напряжении. Зна­чения пороговых неотпускающих токов у разных людей различны. Они различны также у мужчин, женщин **и** де­тей. Средние значения их составляют: для мужчин 16 мА при 50 Гц и 80 мА при постоянном токе, для женщин (соответственно) 11 и 50 мА, для детей 8 и 40 мА.

**Ток, превышающий пороговый неотпускающий ток,** усиливает болевые раздражения и судорожные сокраще­ния мышц, которые распространяются на большие уча­стки тела человека.

Ток 25 — 50 мА при 50 Гц воздействует на мышцы не только рук, но и туловища, в том числе на мышцы грудной клетки. В результате дыхательные дви­жения грудной клетки сильно затрудняются. Длительное воздействие этого тока может вызвать прекращения ды­хания, после чего спустя некоторое время наступит смерть от удушья. Этот ток одновременно вызывает су­жение кровеносных сосудов, что приводит к повышению артериального давления крови и затруднению работы сердца. В случае длительного воздействия тока наступа­ет ослабление деятельности сердца и как итог этого —• потеря сознания.

Ток больше 50 мА вплоть до 100 мА (50 Гц) действует значительно сильнее тока 25—50 мА. Иначе говоря, явления нарушения работы легких и сердца на­ступают через меньший промежуток времени. Кроме то- воздействие этого тока на сердечно-сосудистую систе- Г / оказывается более выраженным и опасным. Однако при этом токе, как и при токе 25—50 мА, первыми (по времени) поражаются, как правило, легкие, а затем сердце.

фибрилляционныйток. Ток 100 мА и более (при 50 Гц), проходя через тело человека по тому же пути (рука — рука или рука — ноги), распространяют свое раздража­ющее действие на мышцу сердца, расположенную глубо­ко в груди. Это обстоятельство является весьма опасным для жизни человека, поскольку спустя 1—2 с с момента замыкания цепи этого тока через человека может насту­пить фибрилляция сердца. При этом прекращается кро­вообращение и, следовательно, в организме возникает недостаток кислорода; это в свою очередь быстро приво­дит к прекращению дыхания, т. е. наступает смерть. Та­ким образом, при токе 100 мА и более прекращает рабо­при условии длительного прохождения тока через чело­века (не менее 2—3 с) по пути рука — рука или рука — ноги. Если же ток проходит кратковременно, то значение порогового фибрилляпионного тока возрастает.

При ином пути фибрилляционные токи могут иметь большие или меньшие значения. Так, например, в случае прикосновения к токоведущей части непосредственно грудью фибрилляция сердца может наступить при токе, значительно меньшем 100 мА, поскольку в этом случае значительная часть этого тока будет проходить непо­средственно через сердце.

**Ток больше 5 А** как при 50 Гц, так и при постоянном токе фибрилляцию сердца, как правило, не вызывает. При таких токах происходит немедленная остановка сер­дца, минуя состояние фибрилляции.

Если действие тока было кратковременным (до 1—2 с) и не вызвало повреждения сердца в результата нагрева, ожога и т. п., после отключения тока сердце, как правило, самостоятельно возобновляет нормальную деятельность. В практике наблюдались случаи выжива­ния людей после того, как через них проходил ток в несколько ампер и даже в несколько десятков ампер.

Однако при больших токах, даже в случае кратковре­менного воздействия их, наряду с остановкой сердца происходит и паралич дыхания. При этом после отклю­чения тока дыхание как правило, самостоятельно не вос­станавливается и требуется немедленная помощь постра­давшему в виде искусственного дыхания.

Из сказанного следует, что при больших токах смер тельные поражения являются обычно следствием прек ращения дыхания, как и при токах до 100 мА.

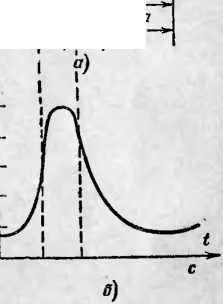
Длительное (несколько секунд) действие большого тока сопровождается не только остановкой сердца и прекращением дыхания, но и обширными и глубокими ожогами тела, разрушением внутренней структуры тка ней организма и другими тяжелыми повреждениями от­дельных органов, в том числе и сердца, которые сами по себе могут привести к гибели организма.

1. **Длительность прохождения тока через человеке**

Существенное влияние на исход поражения оказыва ет длительность прохождения тока через тело человека чем продолжительнее действие тока, тем больше вероят­ность тяжелого или смертельного поражения.

Объясняется это рядом причин и, в частности, тем, что с увеличением времени воздействия тока на живую ткань этот ток увеличивается (за счет уменьшения со противления тела), накапливаются последствия прохож­дения тока через организм и, наконец, повышается веро ятность совпадения момента прохождения тока через сердце с уязвимой для него фазой *Т* сердечного цикла (кардиоцикла).

Последнее обстоятельство заключается в следующем. Каждый цикл сердечной деятельности состоит из двух периодов: одного, называемого диастолой, когда желудо­чки сердца, находясь в расслабленном состоянии, запол­няются кровью, и другого, именуемого систолой, когда сердце, сокращаясь, выталкивает кровь в артериальные сосуды (рис. 9, а).

оме того, в этих периодах выделяются отдельные стки соответствующие различным фазам деятельно­сти сердцами *р* возникает при сокращении предсердий обеспечивает заполнение расслабленных желудоч­ков0 кровью), пик *QRS—* при сокращении желудоч­ков сердца, благодаря че­му кровь выталкивается в аорты, зубец *Т* в пе­риод, когда заканчива­ется сокращение желу­дочков и они перехо­дят в расслабленное со­стояние.

**/?**

/?

*О* **S**

*Диастола*

*О*

*\ т*

\S|/> *о*

*Систола*

*&J0D*

§ s *во*

1.60

| 40

8

*Период нирдиоцинпа ! 0.75-Щс*

Рис. 9. К вопросу об опасности совпадения времени прохожде­ния тока через сердце с фазой *Т* кардноцикла.

Установлено, что чув­ствительность сердца к электрическому току не­одинакова в разные фазы его деятельности. Наибо­лее уязвимым сердце ока­зывается в фазе *Т,* про- v' должителыюсть которой (т. е. время, занимаемое зубцом *Т* в кардиограм­ме) составляет около

*а* — электрокардиограмма здоро­вого человека (в схематизирован­ном виде); б —общий характер зависимости опасности поражения током (т. е. вероятности возникно­вения фибрилляции сердца) от мо­мента прохождения тока через сердце.

0,2 с. Поэтому если во время фазы *Т* через серд­це проходит ток, то, как правило, возникает фиб-

рилляция сердца; если же время прохождения тока не совпадает с фазой *Т,* вероятность возникнове­ния фибрилляции резко уменьшается. Например, опыты над животными

показали, что ток промышленной частоты разного зна­чения (вплоть до 10 А) и длительностью 0,2 с, как пра­вило, не вызывает фибрилляции сердца, если время про­хождения его совпадает с периодом сокращения пред­сердий (пик *Р)* или желудочков (пик *QRS).* При сов­падении же тока с фазой *Т* смертельное поражение на­ступает при 0,6—0,7 А той же длительности.

Таким образом, опасность поражения током вследст­вие фибрилляции сердца зависит от того, с какой фазой сердечного цикла совпадает время прохождения тока че­рез область сердца. Общий характер этой зависимости выражается кривой, приведенной на рис. 9,6.

Разумеется, если длительность прохождения тока равна или превышает время кардиоцикла (0,75—1 с), то ток «встречается» со всеми фазами работы сердца, в том числе с наиболее уязвимой фазой Г; это весьма опасно для организма.

Если же время воздействия тока меньше продолжи­тельности кардиоцикла на 0,2 с или более, то вероят­ность совпадения момента прохождения тока с фазой *Т,* а следовательно, и опасность поражения резко умень­шаются.

Импульсные токи, а также токи, обусловлен­ные разрядом конденсатора, характеризующиеся кратко­временностью действия, значительно менее опасны, чем ток промышленной частоты с той же амплитудой. Так, например, опыты с собаками и обезьянами показали, что импульсный ток длительностью 1 мкс с амплитудой 30—75 А в большинстве случаев не вызывает смертель­ного исхода.

Однако импульсы большей длительности или с боль­шим током приводят к остановке сердца или параличу дыхания.

В практике зарегистрирован ряд несчастных случаев без смертельного исхода, когда через человека происхо­дил разряд конденсатора при наибольшем токе (в пер­воначальный момент) 30—40 А. В то же время зареги­стрированы случаи смертельных поражений током испы­тательных генераторов импульсных напряжений при стандартном импульсе (длина фронта 1,5 мкс и хвоста — 40 мкс) с амплитудой 50—500 кВ и энергией разряда, равной нескольким киловатт-секундам.

Предполагается, что при импульсных токах очень большое влияние на исход поражения оказывает путь тока.

При непосредственном воздействии импульсного тока на сердце, легкие и спинной мозг смерть наступает при относительно небольших значениях тока.

Влияние длительности прохождения тока через чело­века *lh* (мА) на исход поражения можно оценить следу­ющей эмпирической формулой, соответствующей требо- 26

ваниям проекта «Временных норм допустимых напряже­ний прикосновения и токов через тело человека» [Л. 5]:

*где f* продолжительность прохождения тока, с.

Эта формула действительна в пределах времени **0 1 1 о** с. Она позволяет определять предельно допу­

стимые токи, проходящие через человека по пути ру­ка ноги, необходимые при расчетах защитных уст­

ройств от поражения током — защитных заземлений, занулений, защитных отключений в электроустановках переменного тока (50 Гц) напряжением до 1000 В как с изолированной, так и заземленной нейтралью и выше 1000 В до 35 кВ включительно с изолированной ней­тралью.

**в) Путь тока в теле человеке**

Путь, по которому ток проходит в теле человека, **иг­**рает существенную роль в исходе поражения. Так, если на пути тока оказываются жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг, то опасность поражения весьма велика, поскольку ток воздействует непосредст­венно на эти органы. Если же ток проходит иными путя­ми, то воздействие его на жизненно важные органы мо­жет быть лишь рефлекторным, т. е. через центральную нервную систему, благодаря чему вероятность тяжелого исхода резко уменьшается.

Кроме того, поскольку путь тока зависит от того, ка­кими участками тела пострадавший прикоснулся к токо­ведущим частям, влияние пути на исход поражения про­является еще и потому, что сопротивление кожи на раз­ных участках тела различно.

Возможных путей тока в теле человека, которые име­нуются также петлями тока, очень много. Однако наи­более часто встречающимися являются следующие четыре петли: правая рука—ноги, левая рука—ноги, рука—рука и нога—нога.

В большинстве случаев цепь тока через человека воз­никает по пути правая рука—ноги. Однако если рас­сматривать лишь те случаи прохождения тока через че­ловека, которые сопровождаются сравнительно тяже­лыми повреждениями, требующими клинического лечения, то наиболее распространенным окажется путь

Таблица 1

Характеристика путей тока в теле человека

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Путь тока | Частота возникно­вения данного пути тока, % | Доля терявших сознание во время воздействия тока. % |
| Рука—рука | 40 | 83 |
| Правая рука—ноги | 20 | 87 |
| Левая рука—ноги | 17 | 80 |
| Нога—йога | 6 | 15 |
| Голова—ноги | 5 | 88 |
| Голова—руки | 4 | 92 |
| Прочие | 8 | 65 |
| Всего | 100 | 78,2 |

Примечание. В таблицу включены случаи, потребовавшие клиничес­кого лечения пострадавших.

рука—рука, который возникает примерно в 40% случа­ев. Путь правая рука—ноги занимает второе место — 20%. Другие петли возникают еще реже (табл. 1). Опас­ность различных петель можно приближенно оценить по количеству случаев потери сознания во время воздейст­вия тока, выраженному в процентах.

Наиболее опасными являются петли голова— руки и голова—ноги, когда доля терявших сознание во время воздействия тока составляла соответственно 92 и 88%. Опасность этих случаев усугубляется тем, что ток может проходить через головной и спинной мозг. К счастью, эти петли возникают относительно редко.

Следующим по опасности является путь правая ру­ка— ноги, который по частоте возникновения занимает второе место.

Наимение опасным является путь нога — нога который именуется нижней петлей и возникает при воз­действии на человека так называемого шагового напря­жения. Опыты, проводившиеся с животными, подтверди­ли меньшую опасность этой петли. Так, например, соба­ки оставались живыми при прохождении тока от одной задней ноги к другой, к которым было приложено напря­жение 900 В в течение 12 с; во втором случае напряже­ние 6000 В прикладывалось кратковременно дважды. Опытам подвергались и кролики, к задним ногам кото­рых подводилось напряжение 180—400 В на 0,5—12,5 с. Кролики также оставались живыми.

**г] Род и частота тока, проходящего через человека**

**Постоянный ток** примерно в 4—5 раз безопаснее пе­ременного с частотой 50 Гц. Это вытекает из сопоставле­ния пороговых ощутимых токов (5—7 мА для постоянно- г0 и Q 6—1,5 мА для переменного тока 50 Гц), а также неотпускающих (50—80 мА для постоянного и 10—15 мА для переменного 50 Гц) и, наконец, предельно выдержи­ваемых напряжений: человек, удерживая цилиндриче­ские электроды в руках, в состоянии выдержать (по бо­левым ощущениям) приложенное к нему напряжение не более 21—22 В при 50 Гц и не более 100—105 В постоян­ного тока.

Проходя через тело человека, постоянный ток вызы­вает по сравнению с переменным током того же значе­ния слабые сокращения мышц и менее неприятные ощу­щения. Обычно —это ощущение нагрева кожи при ма­лых токах или внутреннего нагрева при больших токах. Лишь в момент замыкания и размыкания цепи тока че­рез человека он испытывает кратковременное болезнен­ное ощущение вследствие внезапного судорожного со­кращения мышц, подобное тому, которое возникает при переменном токе такого же значения.

Значительно меньшая опасность поражения постоян­ным током подтверждается и практикой эксплуатации электроустановок: случаев смертельного поражения лю­дей током в установках постоянного тока в несколь­ко раз меньше, чем в аналогичных установках перемен­ного тока.

Все сказанное о сравнительной опасности поражения постоянным и переменным токами справедливо лишь для небольших напряжений: до 250—300 В. При более вы­соких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный с частотой 50 Гц.

**Переменный ток.** С увеличением частоты переменного тока, проходящего через человека, полное сопротивле­ние тела человека *Zh* уменьшается, что видно из уравне­ния (1). Следовательно, при этом происходит увеличе­ние тока через человека.

Поскольку опасность поражения растет вместе со значением тока, проходящего через человека, можно сде­лать вывод, что увеличение частоты тока ведет к повы­шению этой опасности. Однако действительность пока­зывает, что этот вывод справедлив лишь в пределах ча­

стот от 0 до 50—60 Гц; дальнейшее же повышение час­тоты, несмотря на рост тока, проходящего через челове- ка, сопровождается снижением опасности поражения то, ком, которая полностью исчезает при частоте 450— 500 кГц. Правда, эти токи сохраняют опасность ожогов как в случае возникновения электрической дуги, так ц при прохождении их непосредственно через человека. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1000—2000 Гц.

**д) Индивидуальные свойства человека**

Установлено, что физически здоровые и крепкие лю­ди легче переносят электрические удары, нежели боль­ные и слабые.

Повышенной восприимчивостью к электрическому то­ку отличаются лица, страдающие рядом заболеваний, в первую очередь болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервны­ми болезнями и др.

ПоэтомуГправила техники безопасности при эксплуа­тации электроустановок предусматривают отбор по со­стоянию здоровья персонала для обслуживания действу­ющих электроустановок.1 С этой целью производится ме­дицинское освидетельствование лиц при поступлении на работу и периодически 1 раз в два года в соответствии со списком болезней и расстройств, препятствующих до­пуску к работе по обслуживанию действующих электро­установок. Правда этот отбор преследует и другую цель — не допустить к обслуживанию действующих элек­троустановок людей с недостатками здоровья, которые могут мешать их производственной работе или послу­жить причиной ошибочных действий, опасных для дру­гих лиц (неразличение цвета сигнала из-за порока зре ния, невозможность подать четкую команду из-за болез­ни горла или заикания и т.п.).

5 Кроме того, правила техники безопасности разреша­ют допускать к обслуживанию действующих электроус­тановок лишь людей взрослых не моложе 18 лет, имею­щих определенные знания в области электробезопасно сти, соответствующие объему и условиям выполняемы\* ши работ.

**ГЛАВА ВТОРАЯ**

**МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ током**

1. Условия и основные причины поражения током

Все случаи поражения человека током в результате электрического удара 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 замыкания цепи тока через тело человека, напря­жения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (т. е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изо­ляции токоведущих частей от земли, а также от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Следовательно, указанная опасность не является од­нозначной: в одних случаях замыкание цепи тока через тело человека будет сопровождаться прохождением через него малых токов и окажется неопасным, в дру­гих— токи могут достигать больших значений, способ­ных вызвать смертельное поражение человека.

Наиболее типичными являются два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек касается одновременно двух проводов и когда он касается лишь одного провода. Разумеется, во втором случае предпола­гается наличие электрической связи между сетью и зем­лей. Такая связь может быть обусловлена несовершенст­вом изоляции проводов относительно земли, наличием емкости между проводами и землей, заземлением ней­трали источника тока (генератора, трансформатора) и, наконец, замыканием провода на землю в результате какой-либо неисправности.

Применительно к сетям переменного тока первую схе­му обычно называют двухфазным прикосновением, а вторую — однофазным.

Двухфазное прикосновение (рис. 10) более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в

данной сети напряжение — линейное и поэтому через че- ловека пойдет больший ток, А:

*ил* \_ 1,73Е7ф

(3)

*Rh Rh*

где <7Л= /ЗС/ф — линейное напряжение, т. е. напряже­ние между фазными проводами сети, В; 17ф— фазное

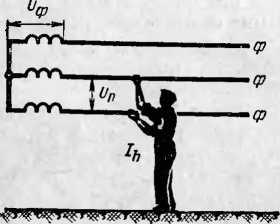
напряжение, т. е. напря­жение между началом и концом одной обмотки (или между фазным и нулевым проводами), В.

Рис. 10. Прикосновение челове­ка к двум фазам.

В сети с линейным на­пряжением *Un=380* В (а следовательно, с фазным напряжением (7ф=220В) при сопротивлении тела человека 7?л=1000 Ом ток через человека будет равен:

, 1,73-220 380

/д

1000

1000

= 0,38 А = 280 мА.

Этот ток для человека является смертельно опасным

При двухфазном прикосновении ток, проходящий че­рез человека, практически не зависит от режима нейтра­ли сети, следовательно, двухфазное прикосновение явля­ется одинаково опасным как в сети с изолированной, так и с заземленной нейтралями (при условии, что ли­нейные напряжения этих сетей одинаковы).

Также очевидно, что при двухфазном прикосновении опасность поражения не уменьшится и в том случае, если человек будет надежно изолирован от земли, т.е. если он будет иметь на ногах диэлектрические галоши или боты либо будет стоять на изолирующем (деревянном) полу или на диэлектрическом ковре.

Случаи прикосновения человека к двум фазам про­исходят редко и обычно в электроустановках до 1000 В.

Причинами их, как правило, являются: работы под „ояжением на щитах и сборках, на воздушных линиях /например, при замене сгоревшего предохранителя на одев здание) и т. п.; применение неисправных индиви­дуальных защитных средств — диэлектрических перча­ток с проколами или разрывами резины, монтерского инструмента с поврежденной изоляцией рукояток и пр.; эксплуатация электрического оборудования с неограж- денными голыми токоведущими частями (открытые рубильники, незащи­щенные зажимы сва­рочных трансформато­ров, двигателей и т. п.).

*U(p*

Однофазное прикос­новение происходит, как показывает опыт эксплуатации электро­установок, во много раз чаще, чем двухфазное прикосновение, но яв­ляется менее опасным, поскольку напряже-

*и„*■кикз

*иф*

л

1 Л *Z*

ние, под которым ока-

зывается человек, не превышает фазного, т. е. меньше линейного в 1,73 раза. Соответ­ственно меньше оказывается и ток, проходящий через человека. Кроме того, на этот ток большое влияние ока­зывают режим нейтрали источника тока, сопротивление

Рис. 11. Прикосновение человека а одной фазе трехфазной сети с за­земленной нейтралью.

изоляции проводов сети относительно земли, сопротив­ление пола (или основания), на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.

Рассмотрим более подробно, как влияют указанные факторы на ток через человека, прикоснувшегося к од­ной из фаз трехфазных сетей — с заземленной и изоли­рованной нейтралями.

В сети с заземленной нейтралью (рис. 11) цепь тока, проходящего через человека, включает в себя, кроме сопротивления тела человека, еще и сопротивление его обуви, сопротивление пола (или основания), на кото­ром стоит человек, а также сопротивление заземления нейтрали источника тока (генератора или трансформато­

ра). Причем все эти сопротивления включены последова­тельно.

С учетом указанных сопротивлений ток, проходящий через человека, определяется из следующего уравнения:

/А (4)

*Rn* 4\* *Коб* 4\* *Rn* 4- *Ro*

где *U$—* фазовое напряжение сети, В; *Rh—* сопротив­ление тела человека, Ом; /?Об — сопротивление обуви че­ловека, Ом; *Rn —* сопротивление пола (основания), на котором стоит человек, Ом; *Ro —* сопротивление зазем­ления нейтрали источника тока, Ом.

Наиболее неблагоприятный случай будет, когда че­ловек, прикоснувшийся к фазе, имеет на ногах токопро­водящую обувь — сырую или подбитую металлическими гвоздями и стоит непосредственно на сырой земле или на проводящем основании— на металлическом полу, на заземленной металлической конструкции, т. е. когда можно принять /?Об—0 и *Ra=C.* В этом сучае уравне­ние (4) примет вид:

7 =

*h Rh+R0 ’*

Однако поскольку сопротивление заземления нейтра­ли *Ro* обычно во много раз меньше сопротивления тела человека (как правило, *Ro* не превышает 10 Ом), то им без ущерба для точности подсчета можно пренебречь. Тогда ток через человека, прикоснувшегося к одной фа­зе сети с заземленной нейтралью, в самом неблагопри­ятном случае будет:

= (5)

*Rh*

Сравнив данное уравнение с уравнением (3)’, мы лишний раз убедимся в большей опасности двухфазного прикосновения, при котором ток через человека оказы­вается почти в 2 раза больше, чем при наиболее небла­гоприятных условиях однофазного прикосновения.

Однако при этих условиях и однофазное прикосно­вение, несмотря на меньший ток, часто является весьма опасным. Так, в сети с фазным напряжением £/ф=220 В 34

**ори** Ом ток через человека согласно (5) бу-

**дет\*** 9со

*К = —* = 0,22 А = 220 мА,

" 1000

который также смертельно опасен для человека.

В случае, если человек имеет на ногах непроводя­щую ток обувь (например, резиновые галоши) и стоит на изолирующем основании, например на деревянном полу, то, принимая /?об=45 000 Ом и /?П=ЮОООО Ом, полу­чаем согласно (4)

220

1000 + 45 000 4- 100000

= 0,0015 А = 1,5 мА.

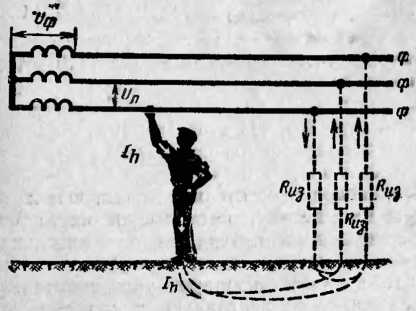
Этот ток не является опасным для человека.

В действительных условиях резиновая обувь и сухие деревянные полы обладают значительно большими со­противлениями по сравнению с принятыми нами, т. е. ток, проходящий через человека, будет еще меньше.

Настоящий пример показывает, какое исключитель­ное значение для безопасности лиц, работающих в элек­троустановках, имеет непроводящая ток обувь и в осо­бенности изолирующий пол. Этим и объясняется, в част­ности, то обстоятельство, что на объектах, имеющих су­хие деревянные полы, несчастные случаи от электриче­ского тока бывают исключительно редко.

В сети с изолированной нейтралью (рис. 12) ток, проходящий через человека в землю, воз­

вращается к источнику тока через изоляцию проводов сети, которая в исправном состоянии обладает большим сопротивлением.



3\*

Рис. 12. Прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралькх

3S

С учетом сопротивлений обуви /?ос и пола или осно­вания /?п, на котором стоит человек, включенных после­довательно сопротивлению тела человека *Rh,* ток, прохо­дящий через человека, определяется для этого случая следующим уравнением:

Л> = ' (6)

*Rh + R06 + Rn* + 'Hr- о

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

При наиболее неблагоприятном случае, когда чело­век имеет проводящую ток обувь и стоит на токопрово­дящем полу, т. е. при /?об\_0 и /?п=0, уравнение (6) значительно упростится:

**Л** *(7\*

*Для* этого случая в сети с фазным напряжением Пф=220 В и сопротивлением изоляции фазы *Ru3—* =90 000 Ом при /?л=1000 Ом ток через человека будет:

220

1000 + 30 000

= 0,007 А = 7 мА.

Этот ток значительно меньше тока (220 мА), вычис­ленного нами для случая однофазного прикосновения при аналогичных условиях, но в сети с заземленной ней­тралью (см. стр. 35). Из этого можно сделать вывод, что в сети с изолированной нейтралью условия безопас­ности находятся в прямой зависимости от сопротивления изоляции проводов относительно земли: чем лучше изо­ляция, тем меньше ток, проходящий через человека. В сети с заземленной нейтралью положительная роль изоляции проводов практически полностью утрачена.

Кроме того, в сети с изолированной нейтралью, как и в сети с заземленной нейтралью, ток через человека, прикоснувшегося к фазе, ограничивается сопротивлени­ем обуви и пола. Так, приняв в рассматриваемом приме-

*r* б=45 000 Ом и Z?„= 100 000 Ом, получим по фор- £ле°(6):

— = 0,00125 А = 1,25 мА.

/» — 1000 + 45 000+ 100 000 + 30 000

Таким образом, 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.

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 может быть незначительным.

В сетях напряжением выше 1000 В вследствие боль­шей емкостной проводимости между фазами и землей опасность прикосновения человека к одной и двум фа­зам практически одинакова. Каждое из этих прикосно­вений является весьма опасным, так как ток, проходя­щий через человека, достигает очень больших значений.

Из сказанного следует также, что поскольку опас­ность прикосновения к фазе в разных электрических сетях различна, необходимо при выборе схемы сети и режима ее нейтрали оценивать сеть и по условиям безопасности.

**Выбор схемы сети,** а следовательно, и режима нейтра­ли источника тока производят, исходя из технологиче­ских требований и из 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, поскольку она позволя­ет использовать два рабочих напряжения — линейное и фазное. Так, например, от четырехпроводной сети 380 В можно питать как силовую нагрузку — трехфазную или однофазную, 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[[3]](#footnote-3). При этом достигается зна­чительное удешевление электроустановки в целом за счёт применения меньшего числа трансформаторов, мень­шего сечения проводов и т. п.

По условиям безопасности выбор одной из двух схем производится с учетом выводов, полученных при рассмо­трении этих сетей, а именно: *по условиям прикосновения к фазному проводу в период нормального режима рабо­ты сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период — сеть с заземленной нейтралью.* Поэтому сети с изолиро­ванной нейтралью целесообразно применять в тех слу­чаях. когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции проводов и когда емкость сети отно­сительно земли незначительна. Такими являются мало разветвленные сети, не подверженные воздействию аг­рессивной среды и находящиеся под постоянным надзо­ром квалифицированного персонала. Примером могут служить сети электротехнических лабораторий, неболь­ших предприятий и т. п.

Сети с заземленной нейтралью следует применять там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию про­водов (из-за высокой влажности, агрессивной среды и пр ), когда нельзя быстро отыскать или устранить повре­ждение изоляции либо когда емкостные токи сети вслед­ствие значительной ее разветвленности достигают больших значений, опасных для человека. Примером та­ких сетей могут служить городские и поселковые распре­делительные сети (кабельные и воздушные), сети круп­ных предприятий и др.

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 является одинаково опасным прикосновение к проводу сети как с изолиро­ванной, так и с заземленной нейтралью. Поэтому режим нейтрали сети выше 1000 В по условиям безопасности не выбирается.

**Основными причинами несчастных случаев от элек­трического тока** являются следующие:

I Случайное п р и к о с н о в е н и е к токоведу­щим частям, находящимся под напряжением. Это можёт быть в результате; ошибочных действий при производ­стве работ вблизи или непосредственно на частях, нахо­дящихся под напряжением; неисправности защитных средств, посредством которых пострадавший прикасался к токоведущим частям; потери ориентировки пострадав­шим, который ошибочно принял части, находящиеся под напряжением, за отключенные.

1. Появление напряжения на металли­**ческих** конструктивных частях электро­оборудования, которые нормально не находятся под напряжением, — на корпусах, кожухах, ограждени­**ях и** т. п. Напряжение на этих частях может появиться как результат: повреждения изоляции токоведущих ча­**стей** электрооборудования (вследствие механических воздействий, электрического пробоя, естественного ста­рения и т. п.); падения провода, находящегося под на­пряжением, на конструктивные части электрооборудова­**ния;** замыкания фазы сети на землю.
2. Появление напряжения на отключен­ных токоведущих частях, на которых произво­дится работа. Это может быть в результате: ошибочно­го включения отключенной установки под напряжение; замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями (например, каса­**ние** проводов пересекающихся воздушных линий); раз­ряда молнии непосредственно в электроустановку или вблизи нее; наведения напряжения от влияния соседних электроустановок, находящихся в работе.
3. Возникновение шагового напряжения на участке земли, где находится человек. Шаговое на­пряжение может возникнуть в результате: замыкания фазы на землю; выноса потенциала протяженным токо­проводящим предметом (трубопроводом, железнодорож­ными рельсами и т. п.); неисправностей в устройствах рабочего или защитного заземлений, а также повторно- гб'заземления нулевого провода сети.

**’ Основными мерами защиты от поражения током** являются:

обеспечение недоступности токоведущих частей, на­ходящихся под напряжением, для случайного прикосно­вения;

контроль за состоянием изоляции электроустановок;

защитное разделение сети;

устранение опасности поражения током при появле­нии напряжения на корпусах, кожухах и других нетоко­ведущих частях электрооборудования. Эта опасность устраняется с помощью защитного заземления, зануле­ния, защитного отключения, выравнивания потенциала, двойной изоляции, а также благодаря применению ма­лых напряжений;

применение специальных защитных средств — пере­носных приборов и приспособлений;

организация безопасной эксплуатации электроуста­новок.

Выбор той или иной меры защиты зависит от ряда обстоятельств: от вида электроустановки, значения при­меняемого напряжения, характера помещения, в кото­ром размещается электроустановка, и т. п.

1. Классификация помещений по опасности ^сражения электрическим током

Состояние окружающей воздушной среды, а также окружающая обстановка могут усиливать или ослаб­лять опасность поражения током. Так, сырость, токопро­водящая пыль, едкие пары и газы разрушающе действу­ют на изоляцию электроустановок, резко снижая ее со­противление и создавая угрозу перехода напряжения на корпуса, станины, кожухи и тому подобные нетоковеду­щие части электрооборудования, к которым может при­касаться человек.

Вместе с тем при этих условиях, как и при высокой температуре окружающего воздуха, понижается элек­трическое сопротивление тела человека, что еще более увеличивает опасность поражения его током.

Воздействие тока на человека усугубляется также наличием токопроводящих полов и близко расположен­ных к электрооборудованию металлических заземленных предметов, так как одновременное прикосновение чело­века к этим предметам и корпусу электрооборудования, случайно оказавшемуся под напряжением, будет сопро­вождаться прохождением через человека большого тока.

В зависимости от наличия тех или иных условий, по­вышающих опасность воздействия тока на человека, разным помещениям присуща разная степень опасности поражения током — одним большая, другим — меньшая.

Действующие правила делят все помещения по сте­пени опасности поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

**К помещениям без повышенной опасности** относятся сухие, беспыльные помещения с нормальной температу­рой воздуха, с изолирующими (например, деревянными) полами и в которых отсутствуют или очень мало зазем­ленных предметов. Иначе говоря, это помещения, в ко­торых отсутствуют признаки, свойственные помещениям с повышенной опасностью и особо опасным.

Примером помещений без повышенной опасности мо­гут служить обычные жилые комнаты, конторы, лабора­тории, а также некоторые производственные помещения, в том числе сборочные цехи часовых и приборных заво­дов, размещенные в сухих, беспыльных помещениях с изолирующими полами и нормальной температурой.

**К помещениям с повышенной опасностью** относятся

сырые, в которых относительная влажность возду­ха длительно превышает 75%[[4]](#footnote-4);

жаркие, в которых температура воздуха длитель­но превышает +30° С;

пыльные с токопроводящей пылью, в ко­торых по условиям производства выделяется токопрово­дящая технологическая пыль (например, угольная, ме­таллическая и т. п.) в таком количестве, что она оседа­ет на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов и т. п.;

с токопроводящими полами — металличе­скими, земляными, железобетонными, кирпичными, из метлахской плитки и т. п.;

в которых возможно одновременное прикосновение человека к имеющим сое­динение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрообо­рудования — с другой.

Примером помещения с повышенной опасностью мо­гут служить лестничные клетки различных зданий с про­водящими полами, цехи по механической обработке .ме­талла, даже если они размещены в сухих отапливаемых зданиях с изолирующими полами, поскольку там всегда имеется возможность одновременного прикосновения к корпусу электродвигателя и к станку и т. п.

**К** помещениям особо опасным относятся;

особо сырые, т. е. в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (стены, пол и пред­меты, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

с химически активной средой, т. е, в кото­рых по условиям производства содержатся пары или об­разуются отложения, действующие разрушающе на изо­ляцию и токоведущие части электрооборудования;

имеющие два или более признака, свой­ственных помещениям с повышенной опасностью (например, сырое помещение с токопро­водящими полами, жаркое и пыльное помещение с то­копроводящей пылью и т. п.).

Особо опасными помещениями являются большая часть производственных помещений, в том числе все це­хи машиностроительных и металлургических заводов, электростанций и химических предприятий, водонасос­ные станции, помещения аккумуляторных батарей, галь­ванические цехи и т. п. Сюда же относятся и участки работ на земле под открытым небом или под навесом.

**Выбор типов электрооборудования** и конструкций электроустановок должен производиться с учетом со­стояния окружающей воздушной среды и класса поме­щения по опасности поражения током с тем, чтобы <?ни успешно противостояли воздействию окружающей сре­ды и обеспечивали высокую степень безопасности при их обслуживании.

Так, например, электродвигатели, электрические ап­параты, токопроводы и другое оборудование, устанавли­ваемое в сырых, особо сырых и пыльных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой,, должны быть закрытого типа и иметь соответствующее исполнение: капле- или брызгозащищенное, пыленепро­ницаемое, продуваемое и т. п.

Открытая электропроводка в сырых и особо сырыд помещениях должна выполняться на специальных роли­ках (предназначенных для сырых мест) или на изоля­торах, а также в стальных трубах или кабелями. Aнaлo^ гично должна выполняться открытая электропроводка и в помещениях с химически активной средой, за исклю­чением способа прокладки на роликах, который в этих помещениях недопустим.

Скрытая проводка в трубах стеклянных, бумажно­металлических, полутвердых, изоляционных, резиноби­тумных не применяется в сырых, особо сырых и жарких помещениях, а также в помещениях с химически актив­ной средой.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных напряжение тока для питания стационарных светильников местного освещения, а также общего осве­щения, но подвешенных на высоте менее 2,5 м от пола, не должно превышать 42 В. Защитное заземление элек­троустановок при напряжении выше 380 В переменного тока и 440 В постоянного тока обязательно в помеще­ниях без повышенной опасности, а в помещениях с по­вышенной опасностью и особо опасных — при напряже­ниях выше 42 В переменного тока и 110 В постоянного тока и т. п.

1. Недоступность телеведущих частей для случайного прикосновения

Недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения может быть обеспечена рядом способов, в том числе изоляцией токоведущих частей, размещени­ем их на недоступной высоте, ограждением и др.

**Изоляция токоведущих частей** имеет основную функ­цию — препятствовать прохождению тока нежелатель­ными путями. В то же время она нередко обеспечивает защиту от случайного прикосновения к токоведущим ча­стям. Это касается в первую очередь проводов, прокла­дываемых в жилых, общественных и производственных зданиях, а также различного рода установочных мате­риалов, применяемых в осветительных сетях: штепсель­ных розеток, выключателей, предохранителей, патронов для ламп и т. п. (рис. 13).

**Ограждение токоведущих частей** может быть предус­мотрено конструкцией электрооборудования и являться поэтому обязательной частью последнего. Примером мо­гут служить многие типы электрических машин, аппара­тов и приборов, у которых корпуса, кожухи и оболочки надежно защищают токоведущие части от случайного 'Прикосновения к ним (рис. 14).

При сооружении электроустановок голые провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты и т. п., имеющие незащищенные и доступные при­косновению токоведущие части, помещают в специаль­ные ящики, шкафы, камеры и тому подобные устройст­ва, закрывающиеся сплошными или сетчатыми огражде­ниями (рис. 15 и 16).

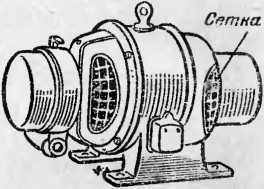
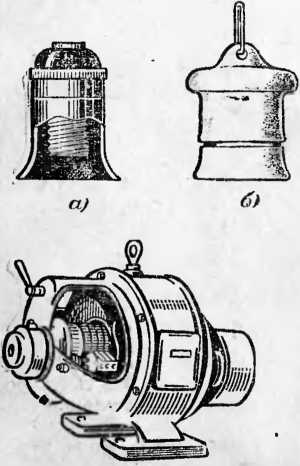


Рис. 14. Электродвигатели.

Рис. 13. Патрон для электриче­ских ламп накаливания с пласт­массовым (а) и фарфоровым (б) корпусами, надежно защи­щающими токоведущие части от случайного прикосновения

а — открытого типа — токовсдущие и вращающиеся части доступны для слу­чайного прикосновения; *б —* защищенного типа — токоведущие и вращающие­ся части недоступны для случайного прикосновения.

Сплошные ограждения обязательны для электроустановок, размещаемых в местах, где могут на­ходиться люди, не связанные с обслуживанием электро­установок, — в бытовых, общественных и производст­венных (неэлектрических) помещениях.

Сетчатые ограждения применяются в элек­троустановках, доступных лишь квалифицированному электротехническому персоналу. В закрытых установкахвысокою напряжения, т. е. размещенных в помещениях, ограждения должны иметь высоту не менее 1,7 м, а в открытых установках 2,0 м.

**Размещение токоведущих частей на недоступной для прикосновения высоте** производится в тех случаях, когда изоляция и ограждение их оказываются невозможными

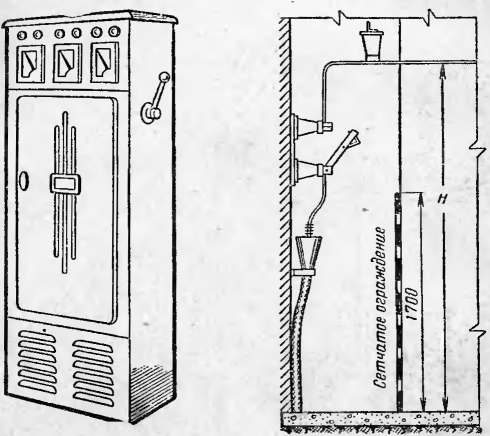
Рис. 15. Электрический распре­делительный шкаф (металличе­ский), обеспечивающий сплош­ное укрытие токоведущих ча­стей от случайного прикоснове­ния.

Рис. 16. Сетчатое ограждение и расположенные на недоступ­ной высоте токоведущие части в электроустановке выше 1000 В.

или нецелесообразными. Так, провода воздушных элек­трических линий, прокладываемых вне зданий, невоз­можно оградить. Нецелесообразно их и изолировать, так как изоляция проводов быстро разрушается под ат­мосферными воздействиями н не может защитить от йоражеиия током. Поэтому на воздушных линиях при­меняются, как правило, голые провода, которые подве­шиваются над землей на такой высоте, чтобы исклю­чалась возможность прикосновения к ним прохожих и транспорта. Такой минимальной высотой считается 6 м Для линий напряжением до 1000 В (рис. 17), 7 м для ли­ний до ПО кВ, 7,5 м для линий 150 кВ и 8 м для линий более высокого напряжения.

Если линия проходит по ненаселенной местности, то высота подвеса проводов над землей может быть умень­шена па 1—0,5 м. В местах, недоступных для людей (скалы, утесы и пр.), провода могут быть подвешены еще ниже.

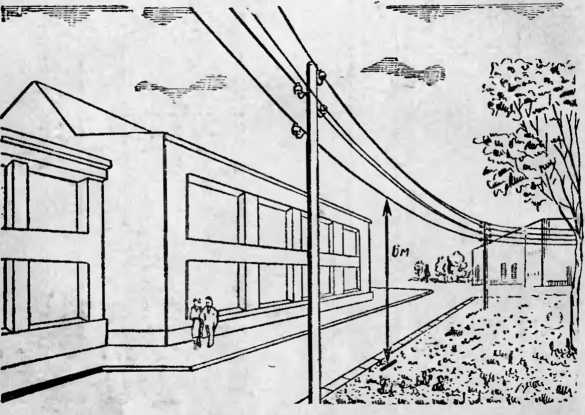


Рис. 17. Наименьшая допустимая высота размещения над землей проводов воздушной линии напряжением до 1000 В в населенной местности (6 м).

Внутри производственных зданий (в цехах фабрик и заводов, в мастерских) неогражденные голые токове­дущие части — троллейные провода, контактные сети и т. п. должны прокладываться на высоте не менее 3,5 м от пола (рис. 18).

В электротехнических помещениях, доступных, лишь квалифицированному персоналу, в распределительных устройствах, ца подстанциях высота размещения над. Полом голых неогражденных токоведущих частей, на­ходящихся под напряжением, принимается от 2,5 до 3,4 м в зависимости от напряжения (размер *Н* на рис. 16).

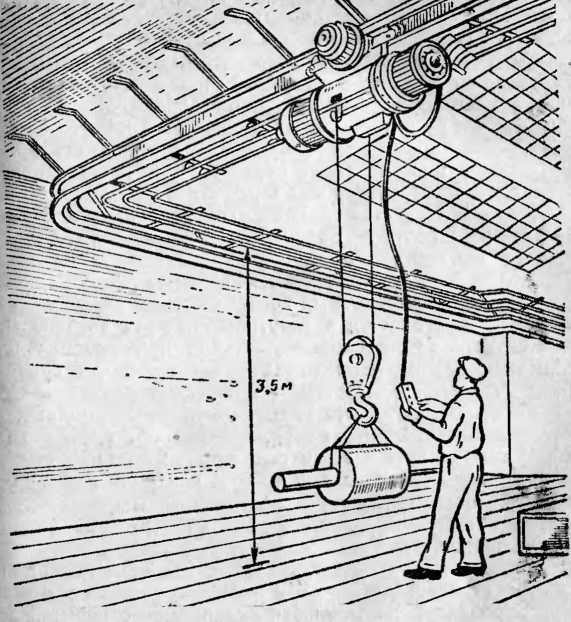


Рис. 18. Расположение голых неограждеиных токоведущих частей в производственных помещениях на недоступной для случайного прикосновения высоте (не менее 3,5 м от пола).

1. Контроль состояния изоляции электроустановок

Исправная работа и безопасность обслуживания электроустановок в большой мере зависят от состояния электрической изоляции их токоведущих частей. Состоя­ние изоляции характеризуется ее электрической прочно­стью, диэлектрическими потерями и электрическим со­противлением.

Электрическая прочность изоляции определяется ис­пытанием ее на пробой повышенным (против рабоче­го) напряжением, диэлектрические потери — специаль­ными испытаниями, а сопротивление — измерениями с помощью специальных приборов.

Состояние изоляции проверяется перед вводом в эк­сплуатацию вновь смонтированной или вышедшей из ре­монта электроустановки, а также после длительного пребывания ее в нерабочем положении. Кроме того, пе­риодически производится профилактический контроль изоляции в межремонтные периоды, т. е. не связанный с выводом электроустановки в ремонт.

Существует и так называемый непрерывный (или постоянный) контроль за значением сопротивления изо­ляции — измерение сопротивления изоляции работающей установки, т. е. находящейся под рабочим напряжением. Как правило, непрерывный контроль сопротивления изо­ляции осуществляется в электроустановках до 1000 В.

Контроль за состоянием изоляции производится по нормам и в сроки, установленные действующими прави­лами [Л. 2]. При этом в электроустановках выше 1000 В выполняются все виды испытания изоляции: ис­пытание повышенным напряжением, определение ди­электрических потерь и измерение сопротивления.

В электроустановках до 1000 В контроль состояния изоляции ограничивается измерением ее сопротивления и испытанием изоляции некоторых элементов повышен­ным напряжением.

Контроль за значением сопротивления изоляции электроустановок до 1000 Вив первую очередь в сетях с изолированной нейтралью имеет прямое отношение к обеспечению безопасности персонала. Как известно, в таких сетях опасность поражения человека током в случае прикосновения его к проводу (или какому-либо предмету, оказавшемуся под фазным напряжением) за­висит от сопротивления изоляции проводов относитель­но земли: чем больше сопротивление, тем меньше ток, проходящий через человека. Поэтому очень важно по ус­ловиям безопасности поддерживать сопротивление изо­ляции проводов на возможно высоком уровне, а следова­тельно, своевременно проверять ее состояние.

Периодическое измерение сопротив­ления изоляции производится, как правило, на отключенной установке с помощью специальных прибо­ров для непосредственного измерения сопротивления, называемых омметрами или мегаомметрами.

Принципиальная схема простейшего омметра приве­дена на рис. 19. При постоянном значении э. д с. бата­реи *Е* ток, проходящий через гальванометр *Г* (шкала которого градуирована в килоомах), будет обратно про­порционален сопротивлению цепи, состоящей из добавоч­ного сопротивления *Rr* и измеряемого сопротивления *Rx.* Для проверки состояния батареи замыкают ключ *К,* при этом стрелка прибора должна занять нулевое по­ложение.

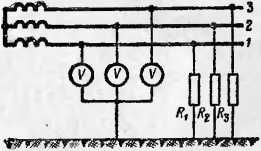
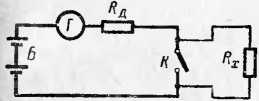


Рис. 19. Схема простейшего омметра.

Рис. 20. Схема включения вольт­метров для постоянного контроля сопротивления изоляции трехфаз­ной сети с изолированной нейт­ралью.

*Е* — батарея; *Г* — гальванометр, градуированный в килоомах; Дд — добавочное сопротивление; *Rx —* измеряемое сопротивление; *К —* кнопка.

*Ri—Rs* — сопротивления изоляции фаз сети относительно земли.

Сопротивление изоляции зависит от приложенного к изоляции испытательного напряжения: чем меньше напряжение, тем больше измеряемое сопротивление. По­этому измерение сопротивления изоляции электроуста­новок целесообразно производить при напряжении, рав­ном по возможности рабочему и пе менее 100 В. Вследствие этого описанный омметр, испытательное напряжение которого несколько вольт, может приме­няться лишь для предварительных неответственных из­мерений.

Более точные измерения сопротивления изоляции обеспечивают мегаомметры — приборы, в которых ис­точником измерительного тока служат индукторы — ма­ленькие магнитоэлектрические генераторы, приводимые в действие вращением рукоятки от руки и вырабатыва­ющие ток напряжением до 2500 В.

Непрерывный контроль сопротивле­ния изоляции сети с изолированной нейтралью можно осуществить в простейшем случае с помощьютрех вольтметров, включенных между проводами и зем­лей (рис. 20). В сетях высокого напряжения вольтметры включаются через трансформаторы напряжения.

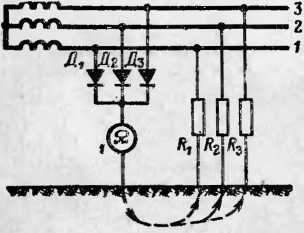
Если сопротивления изоляции всех проводов сети одинаковы, то каждый из вольтметров будет показы­вать фазное напряжение сети. При снижении сопротив­ления изоляции одного из проводов будет уменьшаться и показание вольтмет­ра, подключенного к этому проводу, в то время как показания двух других вольтмет­ров будут возрастать. Если возникнет «глу­хое» замыкание прово­да на землю, соответст- f вующий вольтметр даст нулевое показание, а два других покажут линейное напряжение сети.

Рис. 21. Вентильная схема непре­рывного контроля сопротивления изоляции трехфазиой сети с изо­лированной нейтралью.

Недостатком этого способа является то, что он не позволяет су­дить о значении сопро­тивления изоляции. Кроме того, возникшая через вольтметры (или трансформаторы напряжения) связь с землей может значительно снизить сопротивле­ние изоляции проводов.

*Д1—Дз —* вентили, преобразующие пере­менный ток в постоянный; *1* — омметр; *К»—Ra —* сопротивления изоляции фаз относительно земли. \*

Более совершенная схема непрерывного контроля со­противления изоляции, измеряющая общее сопротивле­ние изоляции сети, приведена на рис. 21. Она имеет три вентиля, подключенных к каждой из фаз сети и преоб­разующих переменный ток в постоянный. Этот ток зави­сит от сопротивления изоляции сети и измеряется стре­лочным прибором, градуированным в килоомах (или ме­гаомах). Схема может быть снабжена токовым реле, которое при определенном токе будет замыкать цепь светового или звукового сигнала, свидетельствующего о снижении сопротивления изоляции сети ниже некоторо­го, заранее обусловленного предела.

Действующие правила [Л. 2] предпи­сывают производить периодический кон-

троль- состояния изоляции электроустановок до 1000 В не реже 1 раза в 3 года.

Измерение сопротивления изоляции выполняется на отключенной установке с помощью мегаомметра на но­минальное напряжение 1000 В.

Сопротивление изоляции силовых и осветительных электропроводок измеряется при снятых плавких встав­ках предохранителей на участке между смежными пре­дохранителями (или за последними предохранителями) между каждым проводом и землей, а также между дву­мя каждыми проводами. При этом в силовых сетях должны быть отключены электроприемники, а также ап­параты, приборы, а в осветительных сетях должны быть вывинчены лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки присоединены. Сопротивление изо­ляции силовых и осветительных электропроводок долж­но быть не ниже 0,5 .МОм.

Сопротивление изоляции распределительных уст­ройств, щитов и токопроводов измеряется для каждой секции распределительного устройства отдельно и должно составлять также не менее 0,5 МОм.

Испытанию повышенным напряжением должны под­вергаться: изоляция элементов приводов выключателей и разъединителей, вторичных цепей аппаратов, а также изоляция силовых и осветительных электропроводок. Испытательное напряжение — переменное (50 Гц) 1000 В, прикладывается к изоляции на 1 мин. При от­сутствии нужного для испытания источника испытатель­ного напряжения разрешается производить испытание изоляции силовых кабелей, а также силовых и освети­тельных электропроводок мегаомметром на 2500 В.

1. Защитное заземление

Назначение и область применения. Защитным за­землением называется преднамеренное электриче­ское соединение е землей или ее эквивалентом металли­ческих нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние, вынос потен­циала и т. д.).

Замыкание на корпус или, точнее, электриче­ское замыкание на корпус — это случайное электриче­ское соединение токоведущей части с металлическими

**4\* 5t‘**

нетоковедущими частями электроустановки. Замыкание на корпус может быть результатом, например, случайно­го касания токоведущей части корпуса машины, повреж­дения изоляции, падения провода, находящегося под на­пряжением, на указанные нетоковедущие металлические части и т. п.

Задача защитного заземления — устране­ние опасности поражения током в случае прикоснове-

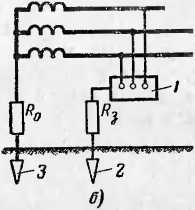
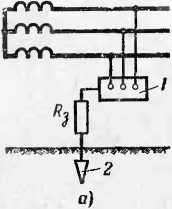


Рис. 22. Принципиальные схемы защитного за­земления.

*а —* в сети с изолированной нейтралью до 1000 В и выше; *б —* в сети с заземленной нейтралью выше 1000 В; *1 —* заземляемое оборудование; *2 —* заземли­тель защитного заземления; *3 —* заземлитель рабо­чего заземления (заземления нейтрали источника то­ка); *R3* в До — сопротивления защитного и рабочего заземлений соответственно.

ния к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напря­жением.

Область применения защитного зазем­ления— трехфазные сети до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали (рис. 22).

Защитное заземление следует отличать от так назы­ваемого рабочего заземления — преднамеренного элект­рического соединения с землей отдельных точек электри­ческой сети (например, нейтральной точки, фазного провода и т. п.), необходимого для надлежащей работы установки в нормальных или аварийных условиях. Ра­бочее заземление осуществляется непосредственно или через специальные аппараты — пробивные предохрани­тели, разрядники, резисторы и т. п.

**Принцип действия защитного заземления** — сниже­ние напряжения между корпусом, оказавшимся под на­пряжением, и землей до безопасного значения.

Поясним это на примере сети до 1000 В с изолиро­ванной нейтралью.

Если корпус электрооборудования не заземлен и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение челове­ка к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе (см. рис. 12). В этом случае ток, проходящий через че­ловека, определится приведенным ранее уравнением (6).

При малом сопротивлении обуви, пола и изоляции проводов относительно земли этот ток может достигать опасных значений.

Например, в сети с линейным напряжением 67Л=66О В (следо­вательно, 17ф=380 В) при 7?об=0, /?п=0, 7?из=4500 Ом и 7?ft = = 1000 Ом ток через человека будет равен:

380

'\* = ^ = °-15А=150мА-

Такой ток для человека смертельно опасен.

Напряжение, под которым окажется человек, прикоснувшийся к корпусу, так называемое напряжение прикосновения, составит:

7/пр = *lh Rh* = 0,15-1000 = 150 В.

Если же корпус заземлен (рис. 23), то ток, проходя­щий через человека при ^об=^п=0, можно определить из следующего выражения:

й D . Яиз *(Rh + R3) '*Rh+ 3 “V

Это выражение получено следующим путем. С заземленного кор­пуса (рис. 23) ток стекает в землю через заземлитель (/3) и через человека (/л). Общий ток определяется выражением (7)

'общ ~ *г, >*

Яобщ4~  
0

где — общее сопротивление параллельно соединенных сопротив­лений заземления *Rs* н человека *Rh-*

*RhR3*

*Ro6m*

*Rh +Rs*

Из схемы на рис. £3 можно написать: 7г1Л/1 = /3Лз==/е«щ/?овд> от­куда ток через человека Судет:

**7?«бщ l/ф 7?ибщ**7?й *\_ , Rm Rh*

*1ц — 1* общ

**''общ Т „**

Подставив в это уравнение значение Рост и произведя простей­шие преобразования, получим окончательно выражение (8).

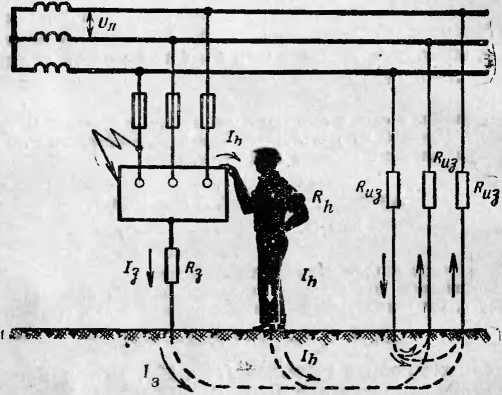


Рис. 23. К вопросу о принципе действия защитного зазем­ления.

При весьма малом значении 7?3 по сравнению с % и /?и8, что обычно имеет место в практике, это выражение упростится: где /?а — сопротивление заземления корпуса, **Ом.**

При 7?з=4 Ом ток через человека в рассматрива­емом примере будет:

4 =\* 3'^ - -4 = -0,001 А - 1,0 мА.

**п 1000-4500**

Такой ток безопасен для человека.

Напряжение прикосновения также будет незначи­тельным: *Unp=* 1,0 В.

**Заземляющим устройством** называется совокупность заземлителя — металлических проводников, находящих­ся в непосредственном соприкосновении с землей, и за­земляющих проводников, соединяющих заземляемые части с заземлителем.

Заземлители бывают искусственные, предназна­ченные исключительно для целей заземления, и естест­венные, находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Для искусственных заземлителей применяются обыч­но вертикальные и горизонтальные электроды, т. е. оди­ночные заземлители.

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы диаметром 3—5 см и угловая сталь раз­мером от 40X40 до 60X60 мм длиной 2,5—3 м. В по­следние годы находят применение стальные прутки диа­метром 10—12 мм и длиной до 10 м.

Для соединения вертикальных электродов между со­бой и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не ме­нее 4X12 мм нли сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Для погружения в землю вертикальных электродов предварительно роют траншею глубиной 0,7—0,8 м, пос­ле чего забивают трубы или уголки с помощью механиз­мов (рис. 241. Стальные стержни диаметром 10—12 мм, длиной 4— 4,5 м ввертывают в землю с помощью специ­ального приспособления, а более длинные заглубляют вибраторами. Верхние концы погруженных в землю вер­тикальных электродов соединяют стальной полосой с по­мощью сварки

В таких же траншеях прокладывают и горизонталь­ные электроды

Траншеи засыпают землей, очищенной от строитель­ного мусора, а затем тщательно утрамбовывают, что обеспечивает лучшую проводимость грунта, а следова­тельно, уменьшает расход металла на устройство зазем­ления. В качестве естественных заземлителей' могут ис­пользоваться: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взры­воопасных газов); обсадные.трубы артезианских колод-

цев, скважин, шурфов и т. п.; металлические конструк­ции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; металличе­ские шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.

Алюминиевые оболочки кабелей и алюминиевые про­водники не допускается использовать в качестве естест­венных заземлителей.

В электрических распределительных устройствах вы­сокого напряжения в качестве естественного заземлите­ля используются заземления опор отходящих воздушных линий с грозозащитными тросами при условии, что тро­сы не изолированы от опор.

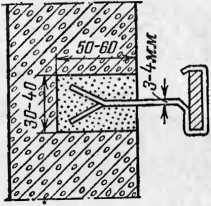
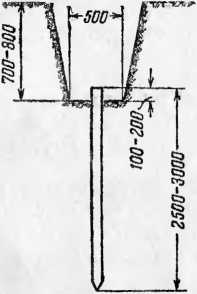


Рис. 24. Установка стержневого электро­да в траншее.

Рис. 25. Пример опоры для крепления полосово­го заземляющего провод­ника на стене.

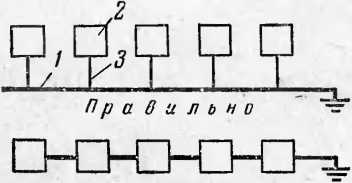
Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, поэтому ис­пользование их для целей заземления экономически весьма целесообразно и должно поощряться.

Заземляющие проводники, т. е. проводни­ки, соединяющие заземляемое оборудование с заземли­телем, выполняются обычно из полосовой стали. Про­кладка их производится по стенам и другим конструкци­ям зданий на металлических опорах — крюках, штырях и т. п. (рис. 25).

В качестве заземляющих проводников допускается использовать различные металлические конструкции, в 56

том числе: фермы и колонны зданий, подкрановые пути, шахты лифтов, подъемников и элеваторов, стальные тру­бы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, открыто проложенные стационарные трубопроводы раз­личного назначения (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных газов, канализации и центрального отоп­ления) .

Присоединение заземляемого оборудо­вания к магистралям заземления, т. е. к ос­новному заземляющему проводнику, идущему от зазем-



*Неправильно*

Рис. 26. Схемы присоединения заземля­емых объектов к заземляющей магист­рали.

*1* — заземляющая магистраль; 2—заземляе­мое оборудование; *3 —* проводник-ответвление к заземляющей магистрали.

лителя, осуществляется с помощью отдельных провод­ников (рис. 26). При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Соединения заземляющих проводников между собой, а также с заземлителями и заземляемыми конструкци­ями выполняются, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования — сваркой или с помощью болтов (рис. 27).

Ответвления от магистралей к электроприемникам напряжением до 1000 В допускается прокладывать скрыто непосредственно в стене, под полом с предвари­тельной защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений.

Отличительной окраской заземляющей сети является черный цвет, которым должны быть ок­рашены все открыто расположенные заземляющие про­рудники, конструкции и полосы сети заземления. При не­обходимости допускаются и другие цвета окраски.

Оборудование, подлежащее заземлению, —это ме­таллические нетоковедущие части электрооборудования, которые вследствие неисправности изоляции могут ока­заться под напряжением и к которым возможно прикос­новение людей и животных. При этом в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных, а также в

наружных установках за­земление является обяза­тельным при напряжении электроустановки выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока, а в по­мещениях без повышен­ной опасности — при на­пряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и вьйпе постоянного тока.

Рис. 27. Заземление корпуса электродвигателя.

В частности, за­землению подле­жат: металлические кор­пуса электрических ма­шин, трансформаторов, аппаратов, светильников, ручных инструментов;

Металлические оболочки и броня кабелей должны быть заземлены в начале и конце трассы.

приводы электрических аппаратов, разъединителей, вы­ключателей; каркасы щитов, пультов и шкафов; метал­лические конструкции распределительных устройств; ме­таллические кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и броня силовых и кон­трольных кабелей; стальные трубы электропроводок **и** т. п.

Заземлению не подл еж а т: арматура изолято­ров всех типов; осветительная арматура, установлен­ная Jia деревянных опорах воздушных линий; корпуса электроприемников с двойной изоляцией; рельсовые Пу­ти (кроме крановых), выходящие за территорию про­мышленного предприятия, электростанции, подстанции! съемные или открывающиеся части (двери и **т. п),** размещенные на металлических заземленных каркасах, ограждениях, шкафах и т. п.

9. Зануление

**Назначением принцип действия. Занулением** называется преднамеренное электрическое соединение **с** нулевым защитным проводником металлических нетоко­ведущих частей, которые могут оказаться под напряже­нием вследствие замыкания на корпус и по другим при­

чинам.

Принципиаль­ная схема зану­лен и я в сети трехфаз­ного тока показана на рис. 28.

Задача зануле- н и я—устранение опас­ности поражения током в случае прикоснове­ния к корпусу и другим нетоковедущим метал­лическим частям элек­троустановки, оказав­шимся под напряжени­ем вследствие замыка­ния на корпус. Решает­ся эта задача иным способом, нежели при защитном заземлении: быстрым отключением поврежденной электро­установки от сети. Од­нако поскольку корпус оказывается заземленным

Рис. 28. Принципиальная схема зануления.

/ — корпус потребителя электроэнер­гии; 2—аппараты защиты потребите­ля от токов короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматы и т. п.); *ф —* фазный провод; *Оз —* ну­левой защитный провод; *Ro —* сопротив­ление заземления нейтрали источника тока; 7?п — сопротивление повторного заземления нулевого защитного приво­да; *1К —* ток однофазного короткого замыкания.

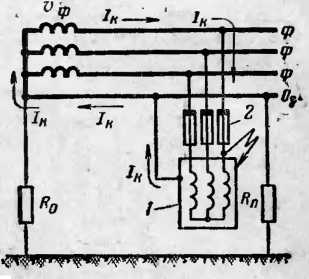
через нулевой защитный про-

**вод** (рис. 28), то в аварийный период, т. е. с **момента**

возникновения замыкания на корпус и до отключения установки от сети, проявляется защитное свойство **этого** заземления подобно тому, как это имеет место при за­

щитном заземлении.

Принцип действия зануления — превраще­ние замыкания на корпус в однофазное короткое замы­кание (т. е. замыкание между фазным и нулевым прово­дами) с целью вызвать большой ток, способный обеспе­чить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети. **Такой** защитой являются: плавкие предохранители или



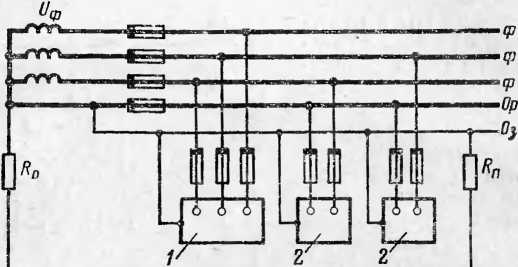


Рис. 29. Электрическая сеть с нулевым рабочим *(Ор)* и нуле­вым защитным (Оз) проводами.

максимальные автоматы, устанавливаемые перед потре­бителями энергии для защиты их от токов короткого замыкания (к. з.); магнитные пускатели с встроенной тепловой защитой, предназначенные для дистанционно­го пуска и остановки электродвигателей; контакторы в сочетании с тепловыми реле, осуществляющие защиту

*1 —* трехфазный приемник тока; *2 —* однофазный приемник тока.

потребителя от перегрузки; и, наконец, автоматы с ком­бинированными расцепителями, осуществляющие защи­ту потребителей одновременно от токов к. з. и от пере­грузки.

Область применения зануления—трех­фазные четырехпроводные сети до 1000 В с глухозазем- ленной нейтралью. Обычно это сети 380/220 В и 220/127 В, а также сети 660/380 В.

Из рис. 28 видно, что схема зануления требует нали­чия в сети нулевого защитного проводника, заземления нейтрали источника тока и повторного заземления ну­левого защитного проводника.

**Назначение нулевого защитного проводника.** Разли­чают нулевой защитный и нулевой рабочий проводники (рис. 29).

Нулевым защитным проводником называется про­водник, соединяющий зануляемые части с глухозазем-ленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом.

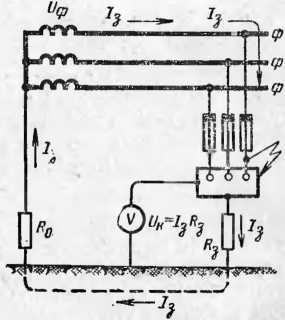
Нулевым рабочим проводником называ­ется проводник, служащий для питания током электро­приемников и соединенный с глухозаземленной нейт­ральной точкой обмотки источника тока или ее эквива­лентом. Нулевой рабочий провод должен иметь изоляцию, равноцен­ную изоляции фазных проводов; сечение его должно быть рассчита­но, как и сечение фаз­ных проводов, на дли­тельное прохождение рабочего тока. Исполь­зование металлоконст­рукций зданий, трубо­проводов и оборудова­ния в качестве нулевого рабочего провода за­прещается.

Рис. 30. К вопросу о необходимо­сти нулевого защитного провода в трехфазной сети до 1000 В с за­земленной нейтралью.

Назначение ну­левого защитно- г о провода в схеме зануления — создание для тока однофазного к. з. цепи с малым со­противлением, чтобы этот ток был достаточным для быстрого срабатывания защиты, т. е. быстрого отключения поврежденной уста­новки от питающей сети.

Для подтверждения этого рассмотрим следующий случай. Пусть мы имеем схему без нулевого защитного провода, роль которого выполняет земля (рис. 30). Бу­дет ли работать такая схема?

При замыкании фазы на корпус по цепи, образовав­шейся через землю, будет проходить ток, А:

**1/ф**

благодаря чему на корпусе относительно земли возни­кает напряжение, В:

**Ок =/.«. = О\***где С/ф — фазное напряжение, В; *Ro, R3—*сопротивле­ния заземлений нейтрали и корпуса, Ом.

Сопротивления обмотки трансформатора и проводов сети малы по сравнению *с RQ* и *R3,* поэтому их в расчет не принимаем.

чтобы вы-

может не

Ток /э может оказаться недостаточным, звать срабатывание защиты, т. е. установка Отключаться.

проходящий

Например, при 64=220 В и 2?0=#3=4 Ом ток, через землю, будет:

/з=ГГТ = 27\*5А’

а напряжение корпуса относительно земли

4  
*UK =* 220—— = НОВ.

4 -г 4

Если ток срабатывания защиты больше 27,5 Л, то отключения не произойдет и корпус будет находиться под напряжением относительно земли 110 В до тех пор, пока установку не отключат вручную. Безусловно, что при этом возникает угроза поражения людей током в случае прикосновения к поврежденному оборудованию. Чтобы устранить эту опасность, надо обеспечить автоматиче­ские отключение установки, т. е. увеличить ток, прохо­дящий через защиту, что достигается уменьшением со­противления цепи за счет введения в схему защитного нулевого провода.

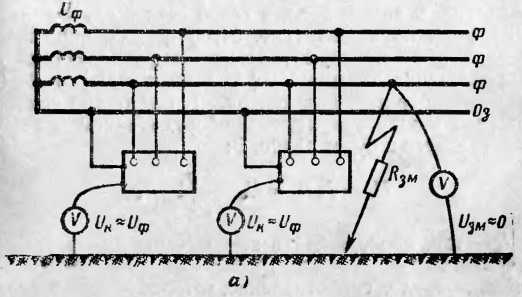
Согласно требованиям «Правил устройства электро­установок» (ПУЭ) [J1.1] нулевой защитный провод дблжен иметь проводимость не меньше половины про­водимости фазного провода. В этом случае ток одно­фазного к. з. будет достаточным для быстрого отклю­чения поврежденной установки.

Из сказанного вытекает еще один вывод: *в трехфаз­ной сети до 1000 В с заземленной нейтралью без нулево­го защитного провода невозможно обеспечить безопа­сность при замыкании фазы на корпус, поэтому такую сеть применять запрещается.*

В качестве нулевых защитных проводов применяют­ся голые или изолированные проводники, которые реко­мендуется прокладывать совместно или в непосредствен­ной близости с фазными проводами.

Для этой цели могут быть использованы также раз-1 личные металлические конструкции зданий, подкрано- вые пути, стальные трубы электропроводок, трубопро­воды и т. п. Рекомендуется использовать нулевые рабо­чие провода одновременно и как нулевые защитные. При этом нулевые рабочие провода должны обладать достаточной проводимостью (не менее 50% проводи­мости фазного провода) и не иметь предохранителей й выключателей.

Назначение заземления нейтрали — снижение до бе­зопасного значения напряжения относительно земли ну-



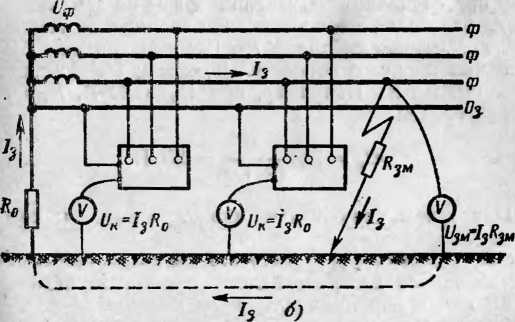


Рис. 31. Случай замыкания фазы на землю в трехфазной че\*. тырехнроводной сети до 1000 В с изолированной (в) и зазем­ленной (6) нейтралью.

левого защитного провода (и всех присоединенных к нему корпусов) при случайном замыкании фазы на зем­лю. Дело в том, что в четырехпроводной сети с изоли­рованной нейтралью при случайном замыкании фазы на землю (рис. 31, а) между нулевым защитным проводом и землей, а следовательно, между каждым зануленным корпусом и землей возникает напряжение *UK,* близкое по значению к фазному напряжению сети LAj>, которое будет существовать до отключения всей сети вручную или до ликвидации замыкания фазы на землю. Безуслов­но, что такое положение весьма опасно.

В сети с заземленной нейтралью при таком повреж­дении будет совершенно иное, практически безопасное положение. В самом деле, в такой сети в случае замы­кания фазы на землю (рис. 31,6) фазное напряжение Дф разделится пропорционально сопротивлениям 7?зм (сопротивление замыкания фазы на землю) и *Ro* (со­противление заземления нейтрали), благодаря чему на­пряжение между зануленным оборудованием и землей резко снизится и будет равно, В:

**^ = /.«0=^^^-.**

где /3 — ток, проходящий в землю через место замыка­ния фазы, А.

Как правило, сопротивление, которое оказывает грунт току при случайном замыкании фазы на землю /?зм, во много раз больше сопротивления специально выполнен­ного заземления нейтрали *Ro.* Поэтому напряжение за­нуленных корпусов относительно земли *UK* оказывается незначительным. Например, при 17ф=220 В, 0м и /?зы= ЮО Ом

*UK* = 220—-— = 8,5 В.  
4+100

При таком напряжении прикосновение к корпусу неопасно.

Следовательно, *трехфазная четырехпроводная сеть с изолированной нейтралью таит опасность поражения током и поэтому применяться не должна.*

Согласно указаниям ПУЭ сопротивление заземле­ния нейтрали должно быть не больше 4 Ом. Лишь для источников тока небольшой мощности (до 100 кВ-А)

сопротивление заземления нейтрали может достигать 10 Ом.

**Назначение повторного заземления нулевого защит­ного провода —** уменьшение опасности поражения людей током, возникающей при обрыве нулевого защитного провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва.

В самом деле при случайном обрыве нулевого за­щитного провода и замыкании фазы на корпус (за местом обрыва) отсутствие повторного заземления при­ведет к тому, что напряжение относительно земли обор­ванного участка нулевого защитного провода и всех присоединенных к нему корпусов окажется равным фазному напряжению сети (рис. 32, а).

Это напряжение, безусловно опасное для человека, будет существовать длительно, поскольку поврежден­ная установка автоматически не отключится и ее будет трудно обнаружить, чтобы отключить вручную.

Если же нулевой защитный провод будет иметь пов­торное заземление, то при его обрыве сохранится цепь тока /3 через землю (рис. 32,6), благодаря чему напря­жение зануленных корпусов относительно земли, нахо­дящихся за местом обрыва, снизится до значения, В:

где /3 — ток, проходящий через землю, A; *Rn—* сопро­тивление повторного заземления нулевого защитного провода, Ом.

Однако корпуса, присоединенные к нулевому защит­ному проводу до места обрыва, также окажутся под напряжением относительно земли, которое будет рав­но, В:

*Uq — ^0 — ^ф*

*Ro*

*Ro* + Rn

Вместе эти напряжения равны фазному:

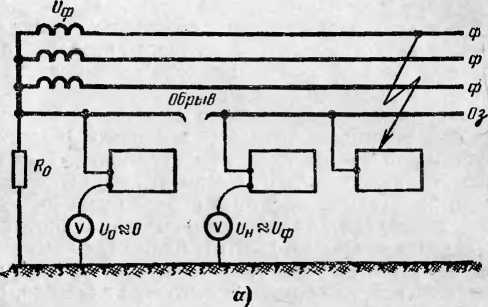
*— Уф-*

Если *Ro=Rn,* то корпуса, присоединенные к нулево­му защитному проводу, как до, так и после обрыва бу­дут иметь одинаковое напряжение:

*UK = U0 =* 0,5Ць.

Этот случай является наименее опасным, так как при других соотношениях 7?0 и часть корпусов будет находиться под напряжением, меныним 0,5 С7<ъ, а остальные корпуса — под напряжением, большим 0,5 *U$.*

Следовательно, *повторное заземление значительно уменьшает опасность поражения током, возникающую в результате обрыва нулевого защитного провода, но не*



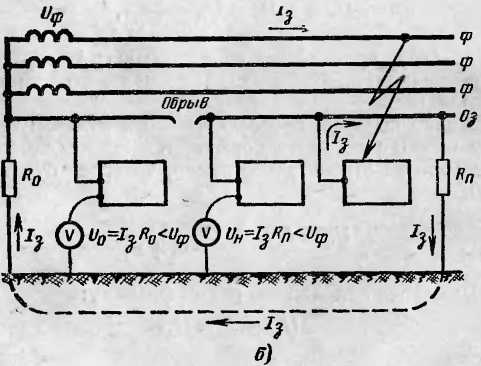


Рис. 32. Случай замыкания фазы на корпус при обрыве нулевого защитного провода.

*а —* в сети без повторного заземления нулевого защитного про­вода; б —в сети с повторным заземлением нулевого защитного провода.

*может устранить ее полностью, т. е. не может обеспе­чить тех условий безопасности, которые существовали до обрыва.*

В связи с этим требуется тщательная прокладка ну­левого защитного провода, чтобы исключить возмож­ность его обрыва по любой причине. Поэтому в нулевом защитном проводе запрещается ставить предохраните­ли, рубильники и другие приборы, которые могут нару­шить его целостность.

Лишь в случае использования нулевого рабочего провода одновременно и как защитного допускается установка в этом проводе выключателя, который вместе с отключением нулевого рабочего провода должен от­ключать все провода, находящиеся под напряжением.

Согласно требованиям ПУЭ сопротивление повтор­ного заземления нулевого защитного провода не должно превышать 10 Ом; лишь в сетях, питаемых источниками тока мощностью 100 кВ-А и менее, сопротивление каж­дого повторного заземления может достигать 30 Ом при условии, что в этой сети количество повторных заземле­ний не менее трех.

**Занулению подлежат** те же металлические конструк­тивные нетоковедущие части электрооборудования, ко­торые подлежат защитному заземлению корпуса ма­шин и аппаратов, баки трансформаторов и др. (см. § 8).

У однофазных электроприемников: светильников, ручного электроинструмента, включаемых между фаз­ным и нулевым рабочим проводами, зануление корпу­сов надлежит выполнять с помощью отдельного (треть­**его)** проводника, который должен соединять корпус электроприемпика с нулевым защитным проводом линии (рис. 33,*а).* Присоединять корпуса электроприемников



Рис. 33. Зануление однофазного электроприемника, включенного меж­ду фазным и нулевым рабочим проводами.

о — правильно; б — неправильно.

к нулевому рабочему проводу недопустимо, потому что в случае его обрыва (перегорания предохранителя) все корпуса, присоединенные к нему, окажутся под фазным напряжением относительно земли (рис. 33, б).

Если нулевой рабочий провод является одновремен­но нулевым защитным (поэтому в нем нет предохрани­телей и выключателей), то и в этом случае присоедине­ние к нему корпусов однофазных электроприемников должно выполняться отдельным (третьим) проводником (рис. 34,о). Нельзя использовать для этой цели нуле-

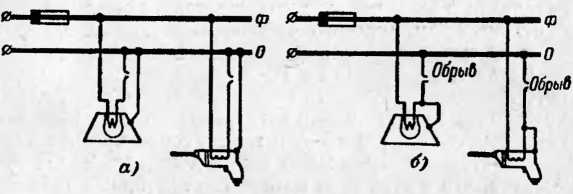


Рис. 34. Зануление однофазного электроприемника, включенного между фазным проводом и нулевым рабочим проводом, являющимся одновременно нулевым защитным проводом 0.

*а —* правильно; *б —* неправильно.

вой рабочий провод, идущий в электроприемник, так как при случайном его обрыве корпус окажется под фазным напряжением (рис. 34,6).

В сети, где применяется зануление, нельзя заземлять корпус приемника, не присоединив его к нулевому за­щитному проводу.

Объясняется это тем, что в случае замыкания фазы на заземленный, но не присоединенный к нулевому за­щитному проводу корпус (рис. 35) образуется цепь тока /3 через сопротивление заземления этого корпуса *R3* и сопротивление заземление нейтрали источника тока *Ro.*

В результате между этим корпусом и землей возни­кает напряжение, В: -

*UK = I3R3.*

Одновременно возникает напряжение между нуле­вым защитным проводом и землей, т. е. между всеми

Корпусами, присоединенными к нулевому защитному проводу, и землей, В:

*и о* = /з Яо-

При равенстве сопротивлений заземлений, т. е. при R.,—*Ro,* напряжения *UK* и *Uo* будут одинаковыми и рав­ными половине фазного напряжения. Например, в сети 380/220 В напряжение между каждым корпусом и зем­лей будет равно 110 В.

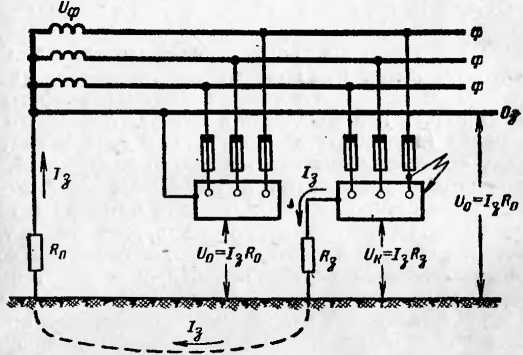


Рис. 35. Схема, иллюстрирующая недопустимость заземления и за­нуления разных корпусов электрооборудования в одной сети.

Такое положение безусловно является опасным, тем более что указанные напряжения могут существовать длительно, пока поврежденная установка не будет от­ключена от сети вручную, ибо защита этой установки (предохранители, автоматы) из-за малого значения то­ка /3, как правило, не способна отключить ее автомати­чески. При этом отыскание поврежденной установки (для отключения ее вручную) среди множества исправ­ных установок оказывается довольно трудным делом, поскольку корпуса всех установок находятся под напря­жением.

Следует отметить, что одновременное зануле­ние и заземление одного и того же корпу­са, а точнее сказать — заземление зануленного корпуса не только не опасно, а наоборот, улучшает условия безо­пасности, так как создает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

1. Защитное отключение

Назначение и принцип действия. Защитным отключе­нием называется быстродействующая защита, обеспечи­вающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

Опасность поражения человека током может воз­никнуть: при замыкании фазы на корпус электрооборудо­вания; при снижении сопротивления изоляции фаз от­носительно земли ниже определенного предела (в ре­зультате повреждения изоляции, замыкания фазы на землю и пр.); при появлении в сети более высокого на­пряжения (в результате замыкания в трансформаторе между обмотками высшего и низшего напряжений, за­мыкания между проводами линий разных напряжений и пр.); при случайном прикосновении человека к токо­ведущей части, находящейся под напряжением, и т. п.

В этих случаях в сети происходит изменение некото­рых электрических параметров, например могут изме­ниться ток утечки в землю, напряжение фаз относитель­но земли, напряжение нулевой последовательности и др Могут возникнуть также напряжение между корпусом оборудования и землей, ток замыкания на землю, ток к. з. и др.

Любой из этих параметров, а точнее говоря, измене­ние его до определенного предела, при котором возника­ет опасность поражения человека током, может служить импульсом, вызывающим срабатывание устройства за­щитного отключения, т. е. автоматическое отключение поврежденной электроустановки от источника питания.

**Основными частями устройства защитного отключе­ния** являются: прибор защитного отключения и автома­тический выключатель.

Прибор защитного отключения — совокуп­ность отдельных элементов, которые реагируют на из­менение какого-либо параметра электрической сети и дают сигнал на отключение автоматического выклю­чателя.

Этими элементами являются: датчик — устройство, воспринимающее изменение параметра и преобразующее его в соответствующий сигнал (как правило, датчиком служит реле соответствующих типов, например\* реле тока или напряжения); усилитель, предназначенный для усиления сигнала датчика, если сигнал оказывается недостаточно мощным, чтобы вызвать отключение вы­ключателя; цепи контроля, служащие для периодиче­ской проверки исправности схемы устройства защитного отключения; вспомогательные элементы — сигнальные лампы, измерительные приборы (например, омметр), характеризующие состояние электроустановки и т. п.

Автоматический выключатель служит для включения и отключения цепей под нагрузкой и при к. з. Он должен автоматически отключать защищаемую электроустановку при поступлении сигнала от прибора защитного отключения.

В сетях до 1 кВ в качестве автоматических выключа­телей в устройствах защитного отключения успешно применяются: контакторы, снабженные электромагнит­ным управлением в виде удерживающей катушки; маг­нитные пускатели — трехфазные контакторы перемен­ного тока, снабженные тепловыми реле для автомати­ческого отключения при перегрузках потребителей; автоматы — наиболее сложные отключающие аппараты до 1000 В, в том числе быстродействующие автоматы.

Типы устройств. Каждое устройство защитного от­ключения в зависимости от электрического параметра сети, на которое оно реагирует, может быть отнесено к тому или иному типу, в том числе к типам устройств, реагирующих на напряжение корпуса относительно земли, ток утечки, ток замыкания на землю, напряже­ние фазы относительно земли, напряжение нулевой по­следовательности, ток нулевой последовательности и оперативный ток.

Существуют и другие типы устройств, например ос­нованные на так называемых вентильных схемах, кото­рые реагируют на изменение выпрямленных токов, по­лучаемых от вентилей, подключенных к фазным прово­дам контролируемой сети. Есть и комбинированные устройства, которые реагируют на изменение нескольких электрических параметров, и др.

Для примера ниже рассматриваются два типа уст­ройств.

**Устройства защитного отключения, реагирующие на напряжение корпуса относительно земли, имеют назна-**

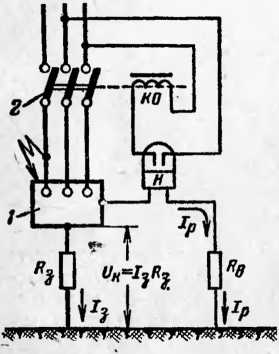
чение устранить опасность поражения током при воз­никновении на заземленном или зануленном корпусе повышенного напряжения. Следовательно, эти устрой­ства являются дополнительной мерой защиты к защит­ному заземлению или занулению.

Рис. 36. Принципиальная схема устройства защитного отключе­ния, реагирующего на напряже­ние корпуса относительно земли.

*1* — корпус; *2 —* автоматический вы­ключатель; *КО —* отключающая катушка; *Н* — реле напряжения максимальное; *R3 —* сопротивление защитного заземления; /?в — соп­ротивление вспомогательного за­земления.

Принцип дейст­вия — быстрое отключение от сети электроустановки, если напряжение ее корпу­са относительно земли (воз­никшее в результате замы­кания фазы на корпус или по другим причинам) ока­жется выше некоторого за­ранее заданного допустимо­го значения <7к.доп, вслед­ствие чего прикосновение к корпусу становится опас­ным.

Принципиальная схема одного из таких устройств приведена на рис. 36. В этой схеме в ка­честве датчика, т. е. прибо­ра, подающего сигнал на отключение выключателя служит реле максимального напряжения *Н,* включенное между защищаемым корпу­сом и вспомогательным за­землителем /?в непосред­ственно или через трансфор­матор напряжения.

Электроды вспомогательного заземлителя размеща­ются в зоне нулевого потенциала, т. е. не ближе 15— 20 м от заземлителя корпуса *R3* (или заземлителя ну­левого защитного провода).

При пробое фазы на заземленный (или зануленный) корпус вначале проявится защитное свойство заземле­ния (или зануления), вследствие чего напряжение кор­пуса будет снижено до некоторого значения *UK=I3R3,* где /3 — ток замыкания на землю. Затем, если *UK* ока­жется выше заранее установленного допустимого напря­жения *икЛ0ц,* срабатывает устройство защитного от­ключения, т. е. реле максимального напряжения, замк­нув контакты, подаст питание на отключающую катушку и вызовет тем самым отключение поврежден­ной электроустановки от сети.

Достоинство устройств защитного отключения, реагирующих на напряжение корпуса относительно зем­ли,— исключительная простота их схем. К недостат­кам их относятся: необходимость иметь вспомога­тельный заземлитель, неселективность отключения (в случае присоединения нескольких корпусов к одному заземлителю), отсутствие самоконтроля исправности и, наконец, нечеткость работы при изменении сопротивле­ния вспомогательного заземлителя *RB.*

Этот тип устройств защитного отключения может применяться в сетях всех напряжений независимо от режима нейтрали, когда система защитного заземления (или зануления) малонадежна или недостаточно эффек­тивна. Однако с учетом неселективности работы этих устройств применение их ограничивается установками с индивидуальными заземлителями (например, пере­движные электроустановки).

**Устройства защитного отключения, реагирующие на оперативный постоянный ток,** предназначены для непре­рывного автоматического контроля за сопротивлением изоляции сети, а также для защиты человека, прикос­нувшегося к токоведущей части, от поражения током.

В этих устройствах сопротивление изоляции прово­дов относительно земли оценивается значением постоян­ного тока, непрерывно проходящего через эти сопротив­ления и получаемого от постороннего источника.

При уменьшении сопротивления изоляции проводов до некоторого заранее установленного предела в результате повреждения изоляции или прикосновения человека к проводу постоянный ток возрастет, что и вызовет отключение соответствующего участка сети.

Принципиальная схема этого устройства при­ведена на рис. 37. Датчиком служит реле тока *Т* с ма­лым током срабатывания (несколько миллиампер). Трехфазный дроссель-трансформатор *ДТ* предназначен для образования нулевой точки сети. Однофазный дрос­сель *Д* ограничивает утечку переменного тока в землю, которому он оказывает большое индуктивное сопротив­ление.

Постоянный ток *Ip,* получаемый от постороннего ис­точника, проходит по замкнутой цепи: источник тока — земля — сопротивления изоляции всех проводов сети относительно земли — провода — трехфазный дроссель *ДТ—* однофазный дроссель *Д—* обмотка реле *Т —* ис­точник тока.

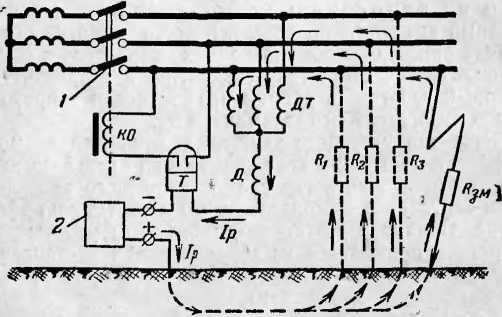


Рис. 37. Принципиальная схема устройства защитного от­ключения, реагирующего на оперативный постоянный ток.

*1 —* автоматический выключатель; *2—*источник постоянного тока; *КО—* катушка отключения; *ДТ —* дроссель трехфазный; *Д —* дрос­сель однофазный; *Т* — реле тока; *R1—R3—*сопротивления изоляции фаз относительно земли; ЯзМ — сопротивление замыкания фазы на землю.

Значение этого тока зависит от напряжения источни­ка постоянного тока [7ИСТ и общего сопротивления цепи:

*J*  **П11СТ**

р “ Яд + Яэ ’

где /?д — суммарное сопротивление реле и дросселей, Ом; *R3—* суммарное сопротивление изоляции проводов *Rlt R2, Rs* и замыкания фазы на землю *R3M,* Ом.

При нормальном режиме работы сети сопротивление *Ra* велико и поэтому ток /р незначителен. В случае же снижения сопротивления изоляции одной или двух, трех фаз в результате повреждения изоляции, замыкания фа­зы на землю или на корпус либо в результате прикосно­вения к фазе человека сопротивление *Ra* уменьшится, а ток /р возрастет и, если он превысит ток срабатывания реле, произойдет отключение соответствующего участка сети от источника питания.

Область применения устройств, реагирующих на оперативный постоянный ток, — сети небольшой про­тяженности напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

Достоинствами устройств защитного отключе­ния, реагирующих на оперативный постоянный ток, яв­ляются: обеспечение высокой степени безопасности даже при касании к проводу за счет ограничения тока, прохо­дящего через человека, до необходимых пределов; воз­можность самоконтроля исправности, поскольку при об­рыве цепей прохождение тока через реле прекращается, что и служит импульсом на отключение установки с не­исправным устройством защитного отключения.

Недостатками этих устройств являются сравни­тельная сложность и неселективность их работы, что приводит к неоправданным отключениям исправных установок одновременно с неисправной.

1. Применение малого напряжения

При производстве работ с помощью переносных руч­ных электрифицированных инструментов — дрели, ру­банка, гайковерта, пилы и т. п., а также при пользовании ручной переносной лампой человек имеет длительный контакт с корпусами этого оборудования. В результате для него резко повышается опасность поражения током в случае повреждения изоляции и появления напряжения на корпусе, особенно когда работа производится в поме­щении с повышенной опасностью, особо опасном или вне помещения.

Среди мер, устраняющих эту опасность, наиболее эф­фективной мерой является применение для питания руч­ного электрифицированного инструмента и переносных ламп малого напряжения — не более 42 В[[5]](#footnote-5).

В таком случае пользование электроинструментом и переносными лампами разрешается в помещениях любых классов, вплоть до особо опасных, а также вне помеще­ний без применения каких-либо других мер защиты — заземления, зануления и т. п. При этом в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных необходимо пользоваться защитными средствами — диэлектрически­ми перчатками, галошами и ковром.

Уместно отметить, что в помещениях без повышенной опасности и с повышенной опасностью разрешается, кроме того, пользоваться электроинструментом на 127 и 220 В. При этом в помещениях с повышенной опасностью необходимо применять указанные защитные средства и заземлять или занулять корпус электроинструмента. Од­нако если инструмент имеет двойную изоляцию, то зазем­лять (занулять) корпус не требуется.

Переносные ручные лампы, питающиеся на­пряжением до 42 В включительно, должны применяться в помещениях с повышенной опасностью и особо опас­ных. В помещениях без повышенной опасности разре­шается пользоваться ручными переносными лампами на­пряжением до 220 В включительно. Во всех случаях пе­реносными лампами можно пользоваться без применения каких-либо защитных средств.

В особо опасных помещениях при особо неблагопри­ятных условиях работы для питания ручных переносных ламп должно применяться напряжение не выше 12 В. Такими особо неблагоприятными условиями являются: теснота, соприкосновение работающего с большими ме­таллическими заземленными поверхностями, наличие сырости и т. п. (например, работа в металлической ем­кости, в кабельном колодце, в смотровой яме по ремонту автомашин, работа сидя или лежа на токопроводящем полу и т. п.).

Пониженное напряжение до 42 В требует­ся применять также для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания, на­ходящихся в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных.

Кроме того, в этих же помещениях пониженное на­пряжение до 42 В должно применяться для питания све­тильников общего освещения обычной конструкции, если они размещены над полом на высоте менее 2,5 м и имеют в качестве источников света лампы на­каливания.

Источниками пониженного напряже­ния 42, 36 и 12 В являются, как правило, специальные понижающие трансформаторы, имеющие небольшие раз-

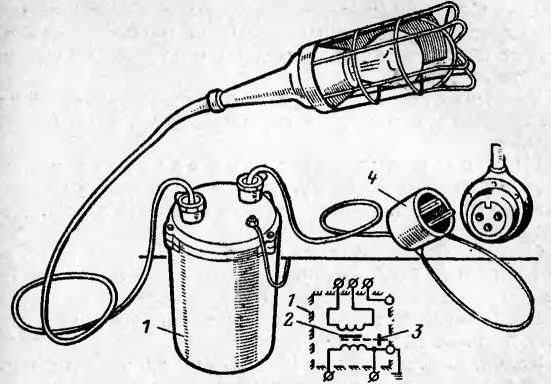


Рис. 38. Понизительный однофазный трансформатор типа ОСВУ-25 мощностью 250 Вт, 127/36 (12) В или 220/36 (12) В.

*1 —* металлический кожух; *2* — магнитопровод; *3 —* экран между обмотка­ми, исключающий переход высшего напряжения в сеть низшего (экран заземлен за счет соединения его с заземленным корпусом трансформато­ра); *4 —* штепсельная вилка.

меры и являющиеся переносными аппаратами (рис. 38). Они питаются от сети 380—127 В.

Чтобы исключить опасность поражения человека то­ком в случае появления напряжения на корпусе транс­форматора или при переходе высшего напряжения на обмотку низшего напряжения (42, 36, 12 В), корпус трансформатора, а также один из выводов, нейтраль или средняя точка вторичной обмотки должны быть за­землены.

1. Защитные средства, применяемые в электроустановках

**Определение и классификация.** Защитными средства­ми называются приборы, аппараты, переносные и пере­возимые приспособления и устройства, служащие для защиты персонала, работающего в электроустановках, от поражения током, воздействия электрической дуги, электрического поля, продуктов горения, падения с вы­соты и т. п.

Части конструкции электроустановки (постоянные ограждения, стационарные заземляющие ножи, стацио­нарные сигнальные лампы и т. п.) в понятие защитных средств не входят.

Защитные средства могут быть условно разделены на три группы: изолирующие, ограждающие и предохрани­тельные.

Изолирующие защитные средства изоли­руют человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. Они делятся на основные и дополни­тельные.

Основные изолирующие защитные средства облада­ют изоляцией, способной длительно выдерживать рабо­чее напряжение электроустановки, и поэтому ими раз­решается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. К ним относятся:

в электроустановках до 1000 В — изолирующие штан­ги, изолирующие и электроизмерительные клещи, ди­электрические перчатки, слесарно-монтажный инстру­мент с изолирующими рукоятками, а также указатели напряжения;

в электроустановках выше 1000 В — изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также средства для ремонтных работ под напряжением выше 1000 В.

Дополнительные изолирующие защитные средства обладают изоляцией, не способной выдержать рабочее напряжение электроустановки, и поэтому они не могут самостоятельно защитить человека от поражения током при этом напряжении. Их назначение — усилить защит­ное (изолирующее) действие основных изолирующих средств, вместе с которыми они должны применяться. При этом при использовании основных защитных средств достаточно применения одного дополнительного защит­ного средства.

К дополнительным изолирующим защитным сред­ствам относятся:

в электроустановках до 1000 В — диэлектрические галоши и ковры, а также изолирующие подставки;

в электроустановках выше 1000 В —диэлектрические перчатки, боты и ковры, а также изолирующие подставки.

Ограждающие защитные средства пред­назначены для временного ограждения токоведущих частей, к которым возможно случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние, а также для предупреждения ошибочных операций с коммутацион­ными аппаратами. К ним относятся: временные перенос­ные ограждения-щиты и ограждения-клетки, изолирую­щие накладки, временные переносные заземления и пре­дупредительные плакаты.



Рис. 39. Диэлектрические резиновые перчатки, галоши, боты и ковер.

Предохранительные защитные средст­ва предназначены для индивидуальной защиты рабо­тающего от световых, тепловых и механических воздей­ствий, от продуктов горения, от воздействия электриче­ского поля, а также от падения с высоты. К ним относятся: защитные очки, специальные рукавицы, изго­товленные из трудновоспламеняемой ткани, защитные каски, противогазы, индивидуальные экранирующие комплекты и переносные экранирующие устройства, пре­дохранительные монтерские пояса, страховочные канаты и монтерские когти.

**Диэлектрические резиновые защитные средства —** перчатки, галоши, боты и ковры (рис. 39) изготовляются из специальной диэлектрической резины, обладающей высокой электрической прочностью и хорошей эластич­ностью.

Диэлектрические перчатки изготовляются двух типов: 1) для электроустановок до 1000 В, в кото­рых они применяются как основное защитное средство при работах под напряжением; эти перчатки запрещает ся применять в электроустановках выше 1000 В; 2) для электроустановок выше 1000 В, в которых они применя­ются как дополнительное защитное средство при рабо­тах с помощью основных изолирующих защитных средств (штанг, указателей высокого напряжения, изо­лирующих и электроизмерительных клещей и т. п.); кро­ме того, эти перчатки используются без применения других защитных средств при операциях с приводами разъединителей, выключателей и другой аппаратуры на­пряжением выше 1000 В.

Перчатки, предназначенные для электроустановок выше 1000 В, могут применяться в электроустановках до 1000 В в качестве основного защитного средства.

Перчатки следует надевать на руки на полную их глубину, натянув раструб перчаток на рукава одежды. Недопустимо завертывать края перчаток или спускать поверх них рукава одежды.

Диэлектрические перчатки изготовляются в соответ­ствии с ГОСТ.

Диэлектрические галоши и боты как до­полнительные защитные средства применяются при опе­рациях, выполняемых с помощью основных защитных средств.

При этом боты могут применяться как в закрытых, так и открытых электроустановках любого напряжения, а галоши — только в закрытых электроустановках на­пряжением до 1000 В включительно.

Кроме того, диэлектрические галоши и боты исполь­зуются в качестве защиты от шаговых напряже­ний в электроустановках любого напряжения и лю­бого типа, в том числе на воздушных линиях элек­тропередачи.

Диэлектрические галоши и боты надеваются на обыч­ную обувь, которая должна быть чистой и сухой.

Диэлектрические галоши и боты изготовляются в со­ответствии с ГОСТ 13385-67.

Диэлектрические ковры применяются в по­мещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения током. При этом помещения не должны быть сырыми и пыльными.

Они расстилаются по полу перед оборудованием, где возможно соприкосновение с токоведущими частями, на­ходящимися под напряжением до 1000 В, при эксплуата­ционно-ремонтном обслуживании, в том числе перед щи­тами и сборками, у колец и щеточного аппарата гене­раторов и электродвигателей, на испытательных стендах и т. п.

Они применяются также в местах, где производятся включение и отключение рубильников, разъединителей,

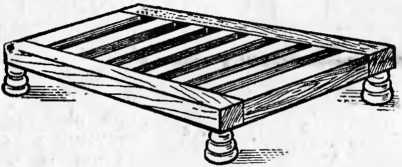


Рис. 40. Изолирующая подставка.

выключателей, управление реостатами и другие опера­ции с коммутационными и пусковыми аппаратами лю­бого напряжения.

Диэлектрические ковры должны иметь размер не ме­нее 75X75 см. Они изготовляются в соответствии с ГОСТ 4997-68.

В сырых и пыльных помещениях диэлектрические свойства ковров резко ухудшаются, поэтому в таких по­мещениях вместо ковров должны применяться изолиру­ющие подставки.

**Изолирующие подставки** предназначены для изоля­ции человека от пола в установках любого напряжения. Применяются они в помещениях с повышенной опас­ностью и особо опасных по условиям поражения током.

Подставка представляет собой деревянный решетча­тый настил размером не менее 50X50 см без металли­ческих деталей, укрепленный на конусообразных фар­форовых или пластмассовых изоляторах (рис. 40).

Изолирующие подставки применяются при операциях с предохранителями, пусковыми устройствами электро­двигателей, приводами разъединителе^ и выключателей в закрытых электроустановках любого напряжения, ес­ли при этом не применяются диэлектрические перчатки. В сырых и пыльных помещениях они используются

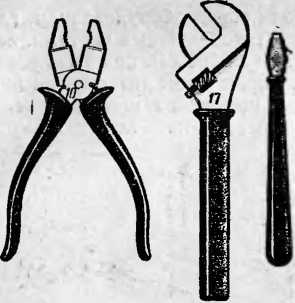
вместо диэлектриче­ских ковриков.

Рис. 41. Монтерский инструмент с изолирующими рукоятка ми.

Рис. 42. Включение (или отключе­ние) однополюсных разъедините­лей изолирующей штангой.

**Инструмент слесар­но-монтажный с изо­лирующими рукоятка­**ми предназначен для производства работ под напряжением в электроустановках до 1000 В. Изолирован­ные рукоятки инстру­мента должны быть длиной не менее 10см и иметь упоры-утолще- ния изоляции, препят­ствующие соскальзы­ванию и прикоснове­нию руки работающего к неизолированным металлическим час­тям инструмента (рис. 41).

При работе под на­пряжением инструмен­том с изолирующими рукоятками монтер должен стоять на изо­лирующем основании или иметь на ногах ди­электрические галоши, быть в головном убо­ре, рукава одежды должны быть опуще­ны и застегнуты.

Инструмент слесар­но-монтажный с изо­лирующими рукоят­ками изготовляется в соответствии с ГОСТ 11516-73.

**Изолирующая штанга —** это стержень круглого сече­ния из изоляционного материала, которым человек мо­жет касаться частей электроустановки, находящихся под напряжением.

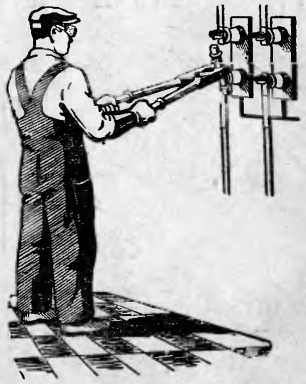
Штанги применяются в установках всех напряжений. Штанги бывают: оперативные, предназначенные для включения и отключения однополюсных разъедини­телей (рис. 42), наложения на токоведущие части вре­менных переносных защитных заземлений и других опе­раций, и измерительные, предназначенные для из­мерений в электроустановках, находящихся в работе (проверка распределе­ния напряжения по изоляторам гирлянды, измерение сопротивле­ния контактных зажи­мов на проводах воз­душных линий элект­ропередачи Существуют зываемые сальные сменными (рабочими которыми поднять операции, в том числе те, которые выполня­ются оперативными штангами, а также ус­тановку и снятие пре­дохранителей, изо­лирующих накладок и т. п.

Рис. 43. Установка (или снятие) трубчатого патрона предохрани­теля под напряжением выше 1000 В с помощью изолирующих клещей.

и пр.), и так на- универ- штанги со головками частями), можно вы- различные

При операциях со штангой меняться ческие перчатки. Без лишь в установках до 1000 В, а также измерительными штангами на линиях электропередачи и подстанциях лю­бого напряжения.

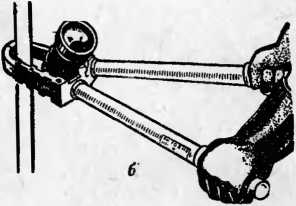
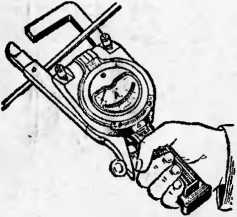
Изолирующие клещи предназначены для установки и снятия под напряжением трубчатых патронов предохра­нителей, установки и снятия с ножей рубильников и разъединителей изолирующих накладок, установки и снятия ограждающих перегородок и для выполнения других аналогичных работ. Применяются в установках до 35 кВ включительно.

должны при- днэлектри-

перчаток можно работать

При пользовании клещами в электроустановках вы­ше 1000 В работающий должен иметь на руках диэлек­трические перчатки, а при снятии и установке предо­хранителей под напряжением он должен пользоваться, кроме того, защитными очками (рис. 43).

**Электроизмерительные клещи** — прибор, предназна­ченный для измерения электрических величин: тока, на­пряжения, мощности, фазового угла и др. — без разры­ва токовой цепи и без нарушения ее работы. Соответст­



вие. 44. Токоизмерительные клещи.

я —одноручные для электроустановок до 1000 В; б —двуручные для электро­установок от 2 до 10 кВ.

венно измеряемым величинам существуют клещевые ам­перметры, ампервольтметры, ваттметры и фазометры.

Наибольшее распространение получили клещевые амперметры, которые обычно называют токоизмеритель­ными клещами. Они служат для быстрого измерения то­ка в проводнике без разрыва и без вывода его из работы.

Электроизмерительные клещи применяются в уста­новках до 10 кВ включительно.

Клещи бывают одноручные для установок до 1000 В и двуручные для установок от 2 до 10 кВ включительно (рис. 44).

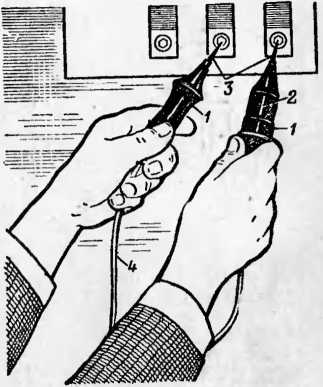
Измерения клещами могут производиться как на го­лых токоведущих частях (шина, провод), так и на токо­ведущих частях, покрытых изоляцией (кабель, трубча­тый предохранитель и т. п.). При этом в установках вы­ше 1000 В необходимо пользоваться диэлектрическими перчатками.

Электроизмерительные клещи изготовляются в соот­ветствии с ГОСТ 9071-68.

**Указатель напряжения** — переносный прибор, пред­назначенный для проверки наличия или отсутствия на­пряжения на токоведущей части. Такая проверка необхо­дима, например, при работе непосредственно на отклю­ченных токоведущих частях, при контроле исправности электроустановок, отыскании повреждений в электроус­тановке, проверке электрической схемы и т. п. Во всех

Рис. 45. Проверка от­сутствия напряжения на токоведущих частях с по­мощью двухполюсного указателя до 1000 В.

1. — корпуса указателя из изоляционного материала;
2. *—* отверстие в корпусе для наблюдения за свечением неоновой лампочки; *3—*кон­такты-наконечники — заост­ренные металлические стержни; *4—* гибкий изоли­рованный провод.

этих случаях требуется установить лишь наличие или от­сутствие напряжения, но не его значение, которое, как правило, известно.

Все указатели имеют световой сигнал, загорание кото­рого свидетельствует о наличии напряжения на проверя­емой части.

Указатели применяются в электроустановках до 1000 В и выше.

Указатели, предназначенные для элек­троустановок до 1000 В (ранее их именовали токоискателями), делятся на двухполюсные и однопо­люсные.

Двухполюсные указатели требуют прикосновения к двум частям электроустановки, между которыми необхо­димо определить наличие или отсутствие напряжения, поэтому они имеют по два щупа и относительно большую длину (рис. 45). Принцип их действия — свечение неоно­вой лампочки или лампы накаливания (мощностью не более 10 Вт) при прохождении через нее тока, обуслов­ленного разностью потенциалов между двумя частями

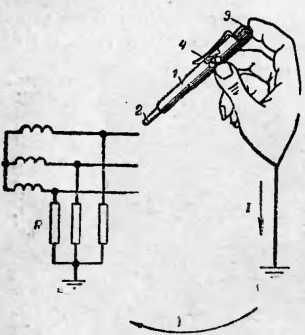
электрической установ­ки, к которым прика- сается указатель. Двух­полюсные указатели могут применяться в установках переменно­го и постоянного тока.

Рис. 46. Проверка отсутствия на­пряжения на токоведущей части с помощью однополюсного указате­ля напряжения до 1000 В.

*1 —* корпус указателя из изоляционного материала; *2—*контакт-наконечник — заостренный металлический стержень; *3—*плоский металлический контакт, которого касается оператор пальцем; *4 —* отверстие в корпусе для наблюде­ния за свечением неоновой лампочки; *R —* сопротивление изоляции проводов сети относительно земли, *I—*ток, про­ходящий через указатель.

Однополюсные ука­затели предназначены для определения нали­чия или отсутствия напряжения на токо­ведущей части относи­тельно земли. Принцип их действия — свече­ние неоновой лампочки при прохождении через нее тока, обусловлен­ного наличием напря­жения на этой части. Они требуют прикос­новения лишь к одной, проверяемой токоведу­щей части. Связь с землей обеспечивается через тело человека, который пальцем руки создает контакт с цепью указателя и имеет электрическую связь с землей за счет непосредственного контакта с ней либо за счет емкости человек — земля (рис. 46).

Однополюсный указатель изготовляется обычно в виде автоматической ручки с изолированным корпусом. В корпусе, имеющем смотровое отверстие, размещены сигнальная неоновая лампочка и добавочное сопротивле­ние; на нижнем конце корпуса укреплен металлический щуп, а на верхнем — плоский металлический контакт, ко­торого оператор касается пальцем.

Однополюсный указатель может применяться только Б установках переменного тока, поскольку при постоян­ном токе его лампочка не горит и при наличии напряже­ния. Его рекомендуется применять при проверке схем вторичной коммутации, определении фазного провода в электросчетчиках, ламповых патронах, выключателях, предохранителях и т. п.

Пользование указателями на­пряжения до 1000 В производит­ся без применения других защит­ных средств.

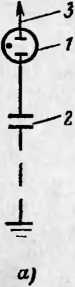
Правила [Л. 3] запрещают применять вместо указателя на­пряжения так называемую конт­рольную лампу — лампу накали­вания, ввернутую в патрон, за­ряженный двумя короткими про­водами. Это запрещение вызвано

Рис. 47. Принципиальная схема (а) и общий вид (б) указателя высокого на­пряжения.

*1 —* сигнальная неоновая лампочка; 2—кон­денсатор; *3—*контакт-накопечннк; *4—*рабо­чая часть указателя (собственно указатель);

5 — изолирующая часть; *6 —* рукоятка: 7 — ог­раничитель захвата; *8* — прорезь для наблю­дения за свечением неоновой лампочки;

штамп об испытании указателя; *10 —* затени­тель.

тем, что при случайном включении лампы на напряжение большее, чем она рассчитана, или при ударе лампы о твердый предмет возможен взрыв ее колбы и как след­ствие ранение оператора.

Указатели выше 1000 В, называемые также указателями высокого напряжения (УВН), действуют на принципе свечения неоновой лампочки при прохождении через нее емкостного тока, т. е. зарядного тока конден­сатора, включенного последовательно с лампочкой (рис. 47).

Эти указатели пригодны лишь для установок перемен­ного тока, и приближать их надо только к одной фазе.

При пользовании указателем оператор должен при­менять диэлектрические перчатки.

Каждый раз перед применением УВН необходимо произвести наружный осмотр его, чтобы убедиться в от­сутствии внешних повреждений, и проверить исправность его действия, т. е. способность подавать сигнал. Такая проверка производится путем приближения контакта-на­конечника указателя к токоведущим частям электроуста­новки, заведомо находящимся под напряжением. Про­верка исправности может производиться и с помощью специальных приборов — переносных источников высоко­го напряжения, а также с помощью мегаомметра и, на­конец, путем приближения контакта-наконечника указа­теля к свече зажигания работающего двигателя автомо­биля или мотоцикла.

Указатели запрещается заземлять, так как они и без заземления обеспечивают достаточно четкий сигнал; к тому же заземляющий провод может, прикоснувшись к токоведущим частям, явиться причиной несчастного слу­чая. Лишь в некоторых случаях, когда емкость указате­ля относительно заземленных предметов оказывает­ся весьма малой (например, при работах на де­ревянных опорах воздушных линий электропередачи до 20 кВ и т. п.), указатель напряжения необходимо заземлять.

**Временные переносные ограждения** защищают пер­сонал, производящий работы в электроустановках, от случайного прикосновения и приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, ограждают про­ходы в помещения, в которые вход работающим запре­щен, а также препятствуют включению аппаратов.

Ограждениями являются: специальные щиты, ограж­дения-клетки, изолирующие накладки и т. п.

Щиты и ограждения-клетки изготовляют­ся из дерева или других изоляционных материалов без металлических креплений.

Сплошные щиты (рис. 48) предназначены для ограж­дения работающих от случайного приближения к токо­ведущим частям, находящимся под напряжением, а ре­шетчатые — для ограждения входов в камеры, проходов в соседние помещения и т. п.

Ограждения-клетки используются главным образом при работах в камерах масляных выключателей — при доливке масла, взятии проб масла и т. п.

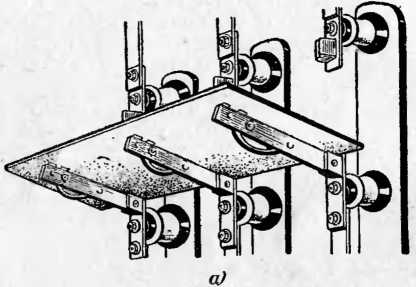
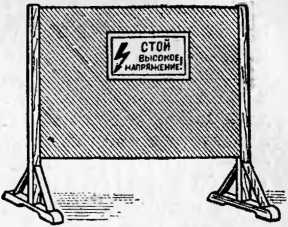
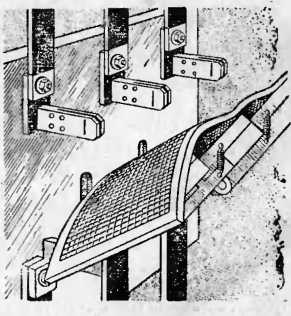


рис. 48 Временное переносное ог­раждение в виде сплошного дере­вянного щита.



***б)***

Рис. 49. Изолирующие наклад­ки.

*а* — накладка из прочного изоляци­онного материала (текстолита, те­тина кса и т. п.), наложенная на ножи отключенного разъединителя; *б —* резиновая накладка, изложен­ная на ножи отключенного рубиль­ника.

Изолирующие накладки — пластины из рези­ны (для установок до 1000 В) или гетинакса, текстолита и другого материала (для установок выше 1 000 В) пред­назначены для предотвращения приближения человека к токоведущим частям в тех случаях, когда нельзя огра­дить место работы щитами, например для ограждения находящихся под напряжением неподвижных контактов отключенного разъединителя (рис. 49, а). В установках до 1000 В накладки применяются также для предупреж­дения ошибочного включения рубильника (рис. 49,6).

**Временные переносные защитные заземления** пред­назначены для защиты от поражения током людей, вы­полняющих работы на отключенных токоведущих частях электроустановки, при случайном появлении на них на­пряжения (в результате ошибочного включения установ­ки; падения провода, находящегося под напряжением, па отключенные токоведущие части; разряда молнии в уста­новку или вблизи нее и др.).

Устранение возникающей при этом опасности обеспе­чивается соединением накоротко между собой и зазем­лением всех фаз отключенного участка установки с по­мощью стационарных заземляющих разъединителей, а где их нет — с помощью временных переносных защит­ных заземлений. Благодаря этому на таком участке в случае его включения напряжение токоведущих частей относительно друг друга и относительно земли окажется незначительным и, как правило, безопасным для чело­века. Вместе с тем короткое замыкание вызовет быстрое отключение установки релейной защитой от источника питания или перегорание предохранителей.

Переносные заземления —■ это один или несколько соединенных между собой отрезков голого медного мно­гожильного провода, снабженных зажимами для присо­единения к токоведущим частям и заземляющему устрой­ству (рис. 50).

Сечение проводников определяется расчетом на тер­мическую стойкость при к. з. и должно быть не менее 25 мм2 в установках выше 1000 В и 16 мм2 в установках до 1000 В.

Сечение переносного заземления, применяемого для снятия заряда с проводов при проведении электрических испытаний, для заземления испытательной аппаратуры и испытываемого оборудования, должно быть не менее 4 мм2, а применяемого для заземления изолированного

г

от опор грозозащитного троса линий электропередачи, а также передвижных установок (лаборатории, мастерс­кие и т. п.), — не менее 10 мм2.

**Защитные очки.** Среди множества типов защитных очков, изготовляемых отечественной промышленностью,

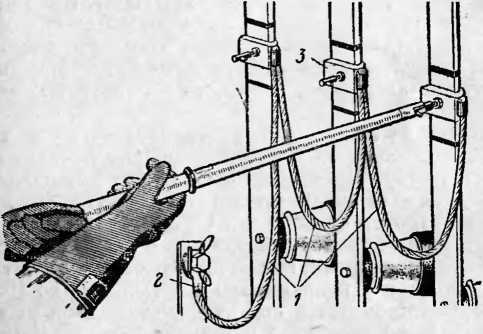
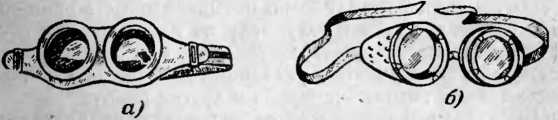


Рис. 50. Наложение временного переносного заземления на шины электроустановки с помощью изолирующей штанги.

*1 —* провод переносного заземления: *2 —* наконечник для при­соединения переносного заземления к заземляющей щдне элек­троустановки; *3 —* винтовой зажим для закрепления заземления на шинах.



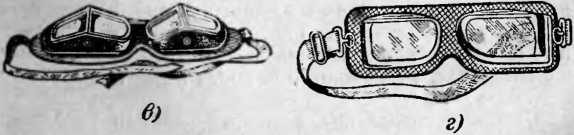


Рис. 51. Защитные очки» рекомендуемые к применению в электроус­тановках.

и герметичные (противодымные) ПО-2; *б —* коробчатые (чешуйчатые) С-12? в шоферские № 1870-М и 1880-М; *г —* летно-шоферские С-1. наиболее подходящими для применения в электроустанов­ках являются следующие: герметичные ПО-2, коробча­тые С-12, шоферские № 1879-М и 1880-М, летно-шофер­ские С-1 (рис. 51).

Герметичные (противодымные) очки ти­па П 0-2 имеют герметичный резиновый корпус — полу­маску и бесцветные стекла. Они защищают глаза от воз­действия газов, паров, дыма, пыли и брызг едких веществ В электроустановках они должны применяться при мон­таже и обслуживании аккумуляторных батарей, при работах с кислотами, щелочами и другими едкими веществами.

Коробчатые (чешуйчатые) очки типа С-12 с оправой из пластмассы защищают глаза от меха­нических повреждений обрабатываемого материала, а с фильтрами — от яркого света и ультрафиолетовых лучей.

В электроустановках очки С-12 с бесцветными стек­лами должны применяться при рубке металла, пробивке отверстий шлямбуром, при работе долбежником, а также при работах под напряжением в установках до 1000 В, смене предохранителей под напряжением, при работе с расплавленной кабельной мастикой, а со светофильтра­ми — при термитной сварке проводов и т. п.

Очки № 1879-М и 1880-М, условно называемые шо­ферскими, с кожаной полумаской и бесцветными стекла­ми или светофильтрами могут применяться в электро­установках при всех работах, указанных для очков С-12, а также при пайке аккумуляторных пластин.

Очки типа С-1, условно называемые летно-шофер­скими, имеют мягкую полумаску из пластмассы и бес­цветные стекла. В электроустановках они могут приме­няться при всех работах, указанных для очков С-12, за исключением термитной сварки и других работ.

**Предохранительные монтерские пояса** предназначе­ны для работ на опорах воздушных линий, на конструк­циях или оборудовании распределительных устройств и т. п. Они имеют три основные части: кушак, строп и карабин (рис. 52). Некоторые пояса имеют, кроме того, плечевые лямки.

Основное требование, которому должен удовлетво­рять пояс, — высокая механическая прочность, исключа­ющая обрывы или поломки его деталей как при нор­мальных условиях работы, так и в случае срыва и зави­сания работающего на стропе или страховочном канате.Пояса должны испытываться через 6 мес. грузом 225 кГ в течение 5 мин.

**Монтерские когти** служат для подъема на опоры воздушных линий. При этом для подъема на деревянные



Рис. 52. Монтерский предохранительный пояс с капроновым стропом и серповидные когти; нормы, сроки и способы их периодических испытаний (плакат).

опоры применяются серповидные когти (рис. 52), а на железобетонные опоры круглого сечения — когти раз\* личных конструкций, наиболее совершенными из кото­рых являются тросовые когти (рис. 53). Каждые 6 мес. когти должны испытываться грузом 135 кг в течение 5 мин.

Нормы и сроки электрических испытаний защитных средств, находящихся в эксплуатации

12

13

14

15

16

17

18

19

Указатели напряжения для фазировки: изолирующие части указателя и допол­нительной трубки

рабочая часть указателя токоограничивающее сопротивление до­полнительной трубки

соединительный провод

Изолирующие штанги (кроме измеритель­ных)

То же

Измерительные штанги

20

21

22

То же

Головки измерительных штанг

Продольные и поперечные планки вых головок и изолирующим капроновый канатик измерительных штанг

Изолирующие штанги составные с мет^“‘ вескими звеньями для наложения^ зазем­ления на провода воздушных линии 330- 500 кВ

Изолирующие клещи

То же

Электроизмерительные клещи

2—10

2—Ю

( 6

I Ю

2—Ю

Ниже 110

110—500 Ниже ПО

1 ю—500 35—500 220—500

330—500

40

20

6

10

20

*3Un,* но  
не менее 40

ЗУф

*Зил,* НО  
не менее 40

3£7ф

30

2,2/

100

1

1

1

1

5

5

5

5

5

5

2-35

До 1

До 0,04

*зил* НО  
не менее 40

2

0,5

|  | 12 |
| --- | --- |
|  | 12 |
| 2,4 | 12 |
| 1,7 | 12 |
| 20 | 12 |
| — | 24 |
|  | 24 |
| ***—*** | См. приме­чание 9 |
| ***—*** | То же |
| ***—*** | » » |
| — | » » |
| — | 24 |
| — | 24 |
|  | 24 |
| — | 12 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **С**  **Ё** | Защитные средства | Напряжение электро­установки, кВ | Испытательное напряжение, кВ | Продолжи­тельность, мин | Ток утечки не более, мА | Сроки пери­одических испытаний, мес. |
| 1 | Перчатки. резиновые диэлектрические | До 1 | 2,5 | 1 | 3,0 | 6 |
| 2 | То же | Выше 1 | 6 | 1 | 7,0 | 6 |
| 3 | Галоши резиновые диэлектрические | До 1 | 3,5 | 1 | 2,0 | 12 |
| 4 | Боты резиновые диэлектрические | Любое | 15 | 1 | 7,5 | 36 |
| 5 | Ковры резиновые диэлектрические | До 1 | 3 | См. приме- | 3 | 24 |
|  |  |  |  | чание 2 |  |  |
| 6 | То же | Выше 1 | 15 | То же | 15 | 24 |
| 7 | Инструмент слесарно-монтажный с изоли- | До 1 | 2 | 1 | — | 12 |
|  | рующими рукоятками | До 0,5 |  |  |  |  |
| 8 | Указатели напряжения до 1000 В | 1 | 1 | •— | 12 |
| 9 | То же | До 0,66 | 2 | 1 | — | 12 |
| 10 | Указатели напряжения выше 1000 В с нео- |  |  |  |  |  |
|  | новой лампой: |  |  |  |  |  |
|  | изолирующая часть | 2—35 | ЗС7Л, но не менее 40 | 5 | — | 12 |
|  |  | 110—220 | ЗУф | 5 |  | 12 |
|  | рабочая часть | 2—10 | 20 | 1 | —. | 12 |
|  | 6—20 | 40 | 1 | — | 12 |
|  |  | 10—35 | 70 | 1 | — | 12 |
| 11 | Указатели напряжения выше 1000 В бес- |  |  |  |  |  |
|  | контактного типа (УВНБ-35): |  | 105 |  |  |  |
|  | изолирующая часть | 6-35 | 5 | —- | 24 |
|  | выносной электрод | 6—10 | 20 | 1 |  | 24 |

***Продолжение табл. 2***

К п. 5 Ковры резиновые диэлектрические испытываются путем протягивания их между цилиндрическими электродами **со** скоростью 2—3 см/с. Испытание ковров ие обязательно для предприятий и организаций системы Минэнерго СССР.

К пп. 8 и 9. В таблице указаны нормы испытания электрической прочности изоляции корпусов и соединительного провода указателя напряжения. Одновременно должна проводиться проверка порога зажигания указателя, который должен быть ие вы­ше 90 В, и проверка исправности схемы указателя.

К п. 10. Одновременно должна производиться проверка порога зажигания указателя, который должен быть ие выше: 500 В для указателей 2—10 кВ, 1,5 кВ для указателей 6—20 кВ, 2,5 кВ для указателей 10—35 кВ и 9 кВ для указателей 110—220 кВ.

К п. 11. Одновременно должно производиться испытание рабочей части указателя.

К п. 12. Одновременно проверяется порог зажигания при схемах согласного и встречного включения.

К пп. 13, 14 , 22—25. Продолжительность испытания изолирующих штанг и электроизмерительных клещей, имеющих изолиру­ющую часть из фарфора, может быть сокращена до 1 мин.

К пп. 13, 14. Изолирующие штанги, применяемые в комплекте с указателем напряжения или другим инструментом и при­способлением, должны испытываться по нормам и в сроки для изолирующих штаиг иа соответствующее иапряжеиие.

К пп, 15—18. Измерительные штанги и их элементы (головки, плаики, изолирующий канатик) должны испытываться в сезон измерения 1 раз в 3 мес,, в том числе перед началом сезона, ио не реже 1 раза в 12 мес,

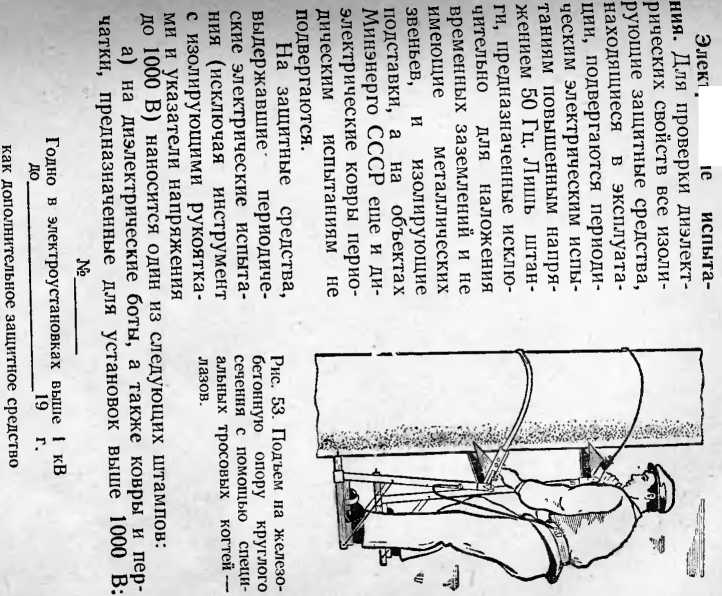
К п. 18. *I* — длина планки или канатика, см.

К п. 19. Другие штанги, предназначенные исключительно для наложения заземлений, электрическим испытаниям ие под­вергаются,

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С с | Защитные средства | Напряжение электроуста­новки, кВ | Испытательное напряжение, кВ | Продолжи­тельность, мин | Ток утечкн не более, мА | Сроки пери­одических испытаний, мес. |
| 23 | То же | 0,04-0,66 | 2 | 5 | —1 | 12 |
| 24 | То же | 0,66—1,0 | 3 | 5 | — | 12 |
| 25 | То же | 2—10 | 40 | 5 | — | 12 |
| 26 | Изолирующие накладки: |  |  |  |  |  |
|  | жесткие | До 10 | 20 | 5 | — | 24 |
|  |  | До 15 | 30 | 5 | — | 24 |
|  | резиновые | До 1 | 5 | 1 | 6 | 36 |

Примечания: 1. (Л, и U ф—линейное и фазное напряжение электроустановки, кВ.

**трически:**



Нормы и сроки периодических электрических испы­таний указаны в табл. 2.

**ГЛАВА ТРЕТЬЯ**

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ЧЕЛОВЕКУ, ПОРАЖЕННОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Современная медицина располагает многими совер­шенными средствами для эффективной помощи постра­давшим от электрического тока, в том числе для ожив­ления людей, смертельно пораженных током.

Однако быстрое прибытие медицинских работников к месту происшествия маловероятно. Поэтому *первую доврачебную помощь пораженному током должен уметь оказывать каждый работающий с электроустановками.* Первая помощь при несчастных случаях от электриче­ского тока состоит из двух этапов: освобождение по­страдавшего от действия тока и оказание ему медицин­ской помощи.

Поскольку исход поражения током зависит от дли­тельности прохождения его через человека, очень важ­но быстрее освободить пострадавшего от тока.

Также весьма важно, как можно быстрее присту­пить к оказанию медицинской помощи пострадавшему, в том числе и при смертельном поражении, поскольку период клинической смерти продолжается всего лишь несколько минут. Во всех случаях поражения человека током необходимо, не прерывая оказания ему первой помощи, вызвать врача.

1. Освобождение человека от действия тока

При несчастных случаях от электрического тока не­редко оказывается, что пострадавший продолжает быть в контакте с токоведущей частью и не может самостоя­тельно нарушить этот контакт, т. е. прервать проходя­щий через него ток, что резко усугубляет исход пора­жения.

Такое положение может возникнуть в ряде случаев: при непроизвольном судорожном сокращении мышц ру­ки, которое пострадавший не в состоянии преодолеть и поэтому не может разжать руку с зажатым проводом;

при параличе конечностей или иных участков тела, т. е. при длительной утрате всех или части двигательных функций вследствие поражения нервной системы (а не вследствие кратковременного судорожного сокращения мышц), когда человек не способен покинуть опасное место или выполнить необходимые движения; при тяже­лой механической травме; при потере сознания и т. п.



ПРИ ОСВОВОЖВЕНИИ

ПОСТРПШШЕГО ОТ ТОКИ

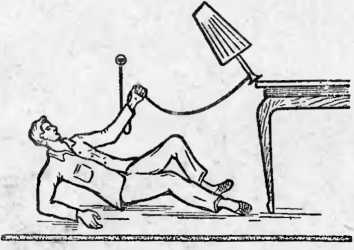
Рис. 54. Освобождение пострадавшего от тока — отключение электроустановки (плакат).

Выключение человека из цепи тока или, как принято говорить, освобождение пострадавшего от действия то­ка можно осуществить несколькими способами. Однако наиболее верный и простой способ, который надо ис­пользовать в первую очередь, — это быстрое отключе­ние той части электроустановки, которой касается чело­век (рис. 54).

**Отключение электроустановки** производится с по­мощью ближайшего рубильника, выключателя или ино­го отключающего аппарата, а также путем снятия или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения (рис. 55) и т. п.

имей освовопить

ПОСТРЯПЙВШЕГО от тоня



ОТКЛЮЧИ ПРИБОР

ИЛИ ВЫВЕРНИ ПРОБКИ

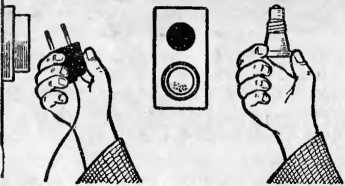


Рис. 55. Плакат, иллюстрирующий способы освобождения пострадав­шего от тока в осветительной электроустановке (автор Л. И. Вайн­штейн, художник М. И. Яшин).

Если почему-либо быстро отключить электроустанов­ку вручную не представляется возможным (например, из-за удаленности или недоступности выключателя и

т п.), можно в некоторых случаях прервать цепь тока через пострадавшего, перерубив провода или вызвав автоматическое отключение электроустановки.

Перерубить провода можно лишь в установ­ке до 1000 В, воспользовавшись топором с сухой дере­вянной рукояткой (рис. 56) или кусачками, пассатижа­ми и другим инструментом с изолированными рукоятка-

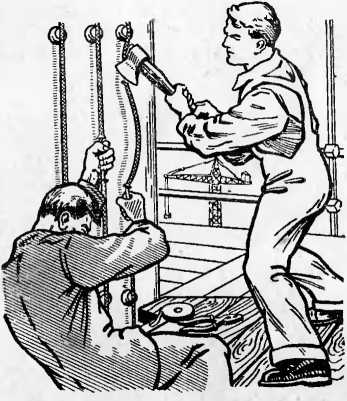


Рис. 56. Освобождение пострадавшего от тока в электроустановке до 1000 В— перерубание проводов (каждого в от­дельности) топором с деревянной сухой рукояткой.

ми. Для этой цели можно использовать также инструмент с неизолированными (металлическими) рукоятками, в том числе обыкновенный нож; при этом оказываю­щий помощь должен надеть диэлектрические перчатки и галоши.

Перерубать (перерезать) следует каждый провод в отдельности, чтобы не вызвать к. з. между проводами, в результате которого может возникнуть электрическая дуга, способная причинить оказывающему помощь серь­езные ожоги тела и повреждения глаз.

Автоматическое отключение может быть вызвано преднамеренным замыканием накоротко и за­землением фаз электроустановки. Такой способ **более** эффективен в электроустановках выше 1000 В, посколь­ку такие установки всегда оснащаются надежной **и бы­**стродействующей релейной защитой.

Однако сама операция замыкания накоротко и за­земление токоведущих частей, находящихся под напря­жением, является весьма опасной, поэтому данный спо­соб освобождения пострадавшего от тока применяется в исключительных случаях, когда никакие другие спосо­бы применены быть не могут. Таким исключительным случаем может быть случай поражения током на воз­душной линии электропередачи, когда пострадавший касается проводов линии и когда эту линию невозмож­но отключить быстро с пункта питания из-за удален­ности.

Замыкание и заземление проводов воз­душной лини и можно осуществить путем наброса на них заземленного одним концом голого проводника. В качестве набрасываемого проводника наиболее подхо­дящим является медный голый гибкий провод соответст­вующей длины. Можно использовать для этой цели и обыкновенный неизолированный провод.

Сечение набрасываемого проводника должно быть достаточным, чтобы он не перегорел при прохождении по нему токов к. з. Наименьшее сечение его (по меди) во всех случаях должно быть 16 мм2 для линий до 1000 В и 25 мм2 для линий выше 1000 В.

Перед набрасыванием один конец проводника надеж­но заземляется путем присоединения его к имеющемуся поблизости заземляющему устройству подстанции, к те­лу металлической опоры, к заземляющему спуску дере­вянной опоры либо к специально забитому в землю стержневому заземлителю.

Для удобства набрасывания второй конец проводни­ка целесообразно снабдить небольшим грузом.

Наброс производится так, чтобы набрасываемый проводник не коснулся никого из людей, в том числе выполняющего эту операцию и пострадавшего.

Если пострадавший касается одного провода, **то ча­**сто достаточно заземлить только этот провод.

При освобождении пострадавшего от действия тока путем отключения элект­роустановки или перерубания проводов может ока­заться, что и после отключения выключателя (или пере-

рубания проводов) токоведущая часть, которой касается пострадавший, продолжает оставаться под напряже­нием. Это может быть: если установка, в которой про­изошел несчастный случай, питается с двух или более сторон, что нередко имеет место в установках как до 1000 В, так и выше 1000 В (рис. 57,а); если выключа­тель отключает не все провода, идущие к установке, что обычно имеет место в двухпроводных осветительных се­тях, где выключатель устанавливается в одном из про­водов, причем иногда в нулевом[[6]](#footnote-6) (рис. 57,6).

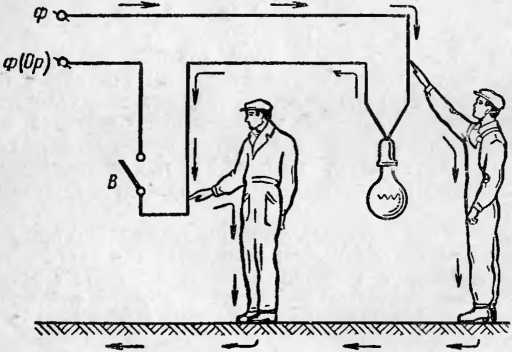
Кроме того, наличие напряжения на отключенной токоведущей части может явиться следствием электро­статических или электромагнитных наводок от влияния близко расположенных и находящихся в работе других электроустановок, в первую очередь воздушных линий электропередачи высокого напряжения, а также в ре­зультате случайного соединения токоведущих частей, находящихся под напряжением, с отключенными токо­ведущими частями (например, прикосновение оборван­ного или провисшего провода к проводам исправной линии) и т. п.

Из сказанного следует, что оказывающий помощь не должен без применения надлежащих защитных средств касаться токоведуших частей, даже если ему заведомо известно, что эти части отключены.

Безусловно, ему нельзя прикасаться и к пострадав­шему, если тот продолжает находиться в контакте с то­коведущей частью (например, провод касается человека, потерявшего сознание). В таком случае отделение по- срадавшего от токоведущих частей производится, так как если бы эти части находились под напряжением, т. е. применяются соответствующие приемы и защитные средства.

Если же оказывающему помощь необходимо прикос­нуться руками к отключенным токоведущим частям или к пострадавшему, находящемуся в контакте с ними, следует предварительно заземлить эти части, соблюдая при этом соответствующие требования Правил техники безопасности.

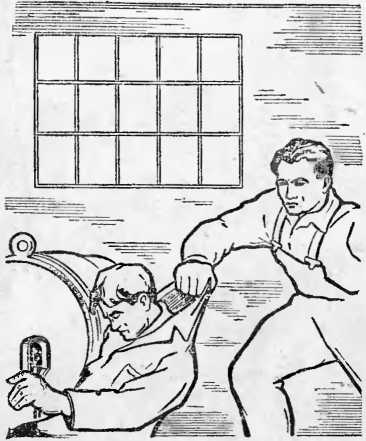




*б)*

Рис. 57. Примеры, показывающие, что отключение выключателя В ие всегда прерывает цепь тока через пострадавшего.

с — прикосновение к шинам сборки, имеющей двустороннее питание; *б*—при­косновение к проводу осветительной сети, у которой оба провода фазные (или одни фазный, а другой на котором установлен выключатель, нулевой рабочий).

При освобождении пострадавшего от действия тока путем отключения установки, перерубания проводов и т. п. надо иметь ввиду, что если пострадавший находится на высоте, то отключение напряже­ния может вызвать падение пострадавшего с высоты.

В таком случае принимают меры, предупреждающие или обеспечивающие безопасность его падения.

Рис. 58. Освобождение пострадавшего от тока в электроустановке до 1000 В — оттас­кивание за сухую одежду. Оказывающий помощь действует одной рукой.

При отключении установки может одновремен­но погаснуть электрический свет, поэтому при отсутствии дневного освещения необходимо иметь / наготове другой источник света — фонарь, свечу, факел и т. п., а при наличии аварийного освещения—включить его.

**Отделение пострадавшего от токоведущих частей. В** тех случаях, когда по какой-либо причине невозможно прервать цепь тока через пострадавшего указанными способами, т. е. путем отключения установки вручнуюили автоматически (как результат замыкания и зазем­ления проводов), а также путем перерубания (перере­зывания) проводов, необходимо отделить постра­давшего от токоведущих частей. При этом

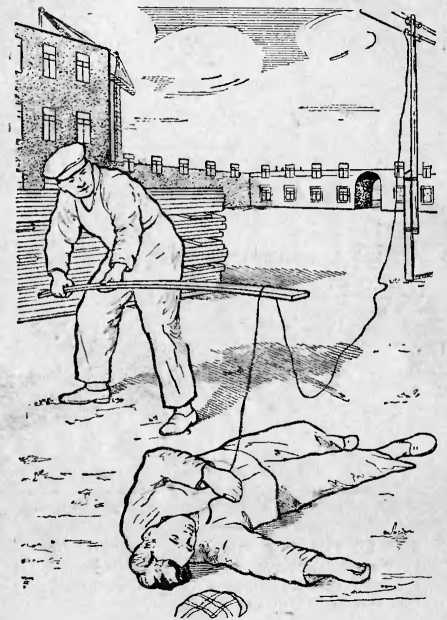


Рис. 59. Освобождение пострадавшего от тока в электроустановке до 1000 В — отбрасывание про­вода сухой деревянной доской.

оказывающий помощь принимает соответствующие меры предосторожности, чтобы самому не оказаться в кон­такте с токоведущей частью или с телом пострадавше­го, а также под шаговым напряжением. Эти меры прини­мают и в том случае, когда установка отключена, но пострадавший продолжает находиться в контакте с от­ключенными (но не заземленными) токоведущими ча­стями.

В установках до 1000 В пострадавшего можно оттянуть от токоведущих частей, взявшись за его одеж­ду, если она сухая и отстает от его тела, например за полы или воротник пиджака, пальто и т. п. При этом нельзя касаться тела пострадавшего, его обуви (кото­рая может оказаться токопроводящей вследствие за-



Рис. 60. Освобождение пострадавшего от тока в электроус­тановке выше 1000 В — отбрасывание провода с помощью изолирующей штанги, рассчитанной на соответствующее напряжение. Оказывающий помощь имеет на руках ди­электрические перчатки, а на ногах — диэлектрические бо­ты, защищающие его от шагового напряжения.

грязнения, наличия в ней гвоздей и т. п.), сырой одеж­ды, а также окружающих заземленных металлических предметов. Рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую руку в кармане или за спиной (рис. 58).

При необходимости прикоснуться к телу пострадав­шего надо надеть на руки диэлектрические перчатки или обмотать их сухой тканью (шарфом и т. п.), опустить на руки рукава пиджака или пальто и пр. Для изоля­ции своих рук можно также накинуть на пострадавшего резиновый коврик, прорезиненную ткань (плащ) или просто сухую ткань. Можно также изолировать себя от

земли или токопроводящего пола, надев резиновые га лоши либо встав на сухую доску или какую-нибудь другую, не проводящую электрический ток подстилку сверток одежды и пр.

Пользуясь сухой деревянной палкой, доской и други ми, не проводящими электрический ток предметами можно отбросить провод, которого касается пострадав ший (рис. 59).

Если пострадавший судорожно сжимает провод ру­кой, то можно разжать его руку, отгибая каждый палец в отдельности. Для этой цели оказывающий помощь должен иметь на руках диэлектрические перчатки и стоять на изолирующем основании — на диэлектричес ком коврике, сухой доске и т. п. или быть в галошах

В установках выше 1000 В для отделения по­страдавшего от токоведущих частей необходимо надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штан гой или изолирующими клещами, рассчитанными на напряжение данной электроустановки (рис. 60). Приме­нение диэлектрических бот в данном случае необходимо для защиты от возможного шагового напряжения

1. Меры первой доврачебной медицинской помощи

Первая медицинская помощь пострадавшему от электрического тока оказывается немедленно после ос­вобождения его от действия тока здесь же на месте Переносить пострадавшего в другое место можно толь­ко в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему или оказывающему помощь или при на­личии крайне неблагоприятных условий — темнота, дождь, теснота и т. д.

*Меры первой доврачебной медицинской помощи по­страдавшему от электрического тока зависят от его со­стояния.*

**Для определения состояния пострадавшего** необходи мо уложить его на спину и проверить наличие дыхания и пульса.

Проверка дыхания пострадавшего определя■ ется на глаз по подъему и опусканию грудной клетки во время самостоятельного вдоха и выдоха пострадавшего Никакой тщательной проверки для обнаружения слабо го или поверхностного дыхания производить не требует ся, поскольку эти уточнения мало полезны при оказании помощи пострадавшему и в то же время требуют много времени, что совершенно недопустимо в таких условиях.

Нормальное дыхание характеризуется четкими и рит­мичными подъемами и опусканиями грудной клетки В таком состоянии пострадавший не нуждается в искус­ственном дыхании.

■ Нарушенное дыхание характеризуется нечеткими или неритмичными подъемами грудной клетки при вдохах, редкими, как бы хватающими воздух вдохами или от­сутствием видимых на глаз дыхательных движений грудной клетки. Все эти случаи расстройства дыхания приводят к тому, что кровь в легких недостаточно насы­щается кислородом, в результате чего наступает кисло­родное голодание тканей и органов пострадавшего. По­этому во всех этих случаях пострадавший нуждается в искусственном дыхании.

Проверка пульса у пострадавшего оказывается несколько труднее, чем проверка дыхания. Пульс — толчкообразные ритмичные колебания стенок кровенос­ных сосудов, обусловленные движением по ним крови за счет работы сердца. Поэтому наличие пульса свиде­тельствует о наличии в организме кровообращения, т. е. о работе сердца.

Наличие пульса проверяют на руке на лучевой арте­рии примерно у основания большого пальца. Если на лучевой артерии пульс не обнаруживается, следует про­верить его на сонной артерии на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща — адамова яблока .(рис. 61). Отсутствие пульса и на сонной артерии сви­детельствует, как правило, о прекращении движения крови в организме, т е. о прекращении работы сердца. Об отсутствии кровообращения в организме можно су­дить по состоянию глазного зрачка, который в этом слу­чае широко расширен.

*Проверка состояния пострадавшего, включая прида­ние его телу соответствующего положения, проверку вдыхания, пульса и состояния зрачка, должна произво­диться быстро — в течение не более 15—20 с.*

1, **Если пострадавший в сознании, но** до этого был в об- iмороке или продолжительное время находился под то­ком, необходимо его удобно уложить на сухую подстил­ку, накрыть его сверху чем-либо из одежды, удалить из помещения лишних людей и до прибытия врача, кото­рый должен быть вызван немедленно, обеспечить ему

полный покой, непрерывно наблюдая за его дыханием и пульсом. Ни в коем случае нельзя позволять пострадав­шему двигаться, а тем более продолжать работу, даже \ если он чувствует себя хорошо и не имеет видимых по- ) вреждеиий. Дело в том, что отрицательное воздействие электрического тока на человека может сказаться не сразу, а спустя некоторое время — через несколько ми-

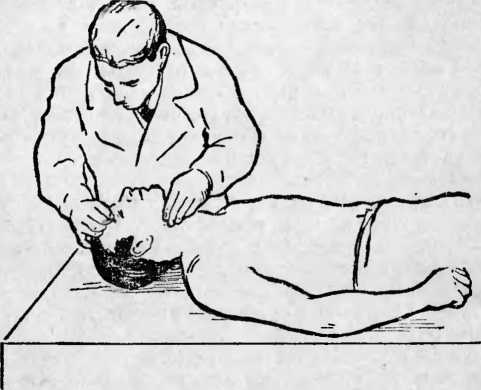


Рис. 61. Прощупывание пульса на сонной артерии.

нут, часов и даже дней. Так, у человека, подвергнувше­гося воздействию тока, может через несколько минут наступить резкое ухудшение и даже прекращение рабо­ты сердца или могут проявиться иные опасные симптомы поражения. Зарегистрированы случаи, когда резкое ухудшение состояния здоровья, приводившее иногда к смерти пострадавшего, наступало через несколько дней после освобождения его от тока, в течение которых он субъективно чувствовал себя хорошо и не имел внешних повреждений.

Поэтому только врач может правильно оценить cb- стояние здоровья пострадавшего и решить вопрос о по мощи, которую нужно оказать ему на месте, а также о дальнейшем его лечении.

В случае невозможности быстро вызвать врача по­страдавшего срочно доставляют в лечебное учреждение на носилках или транспортом.

**Если пострадавший находится в бессознательном сос­тоянии,** но с сохранившимися устойчивым дыханием и пульсом, его следует удобно уложить на подстилку, рас­стегнуть одежду и пояс, с тем чтобы они не затрудняли его дыхания, обеспечить приток свежего воздуха и при­нять меры к приведению его в сознание — подносить к носу вату, смоченную в нашатырном спирте, обрызги­вать лицо холодной ьодой, растирать и согревать тело. Пострадавшему следует обеспечить полный покой, уда­лив посторонних людей из помещения, и обеспечить непрерывное наблюдение за его состоянием до прибытия врача.

**Если пострадавший плохо дышит** — редко, судорож­но, как бы с всхлипыванием или если дыхание постра­давшего постепенно ухудшается, в то время как во всех этих случаях продолжается нормальная работа сердца, необходимо делать искусственное дыхание.

**При отсутствии** признаков жизни, т. е. когда у постра­давшего отсутствуют дыхание, сердцебиение и пульс, а болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет, надо считать пострадавшего в состоянии клинической смерти и немедленно приступить к его оживлению, т. е. к искус­ственному дыханию и массажу сердца.

Никогда не следует отказываться от оказания помо­щи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутст­вия дыхания, сердцебиения и других признаков жизни. Пораженного электрическим током можно признать мертвым только при явно видимых смертельных повреж­дениях, например в случае раздробления черепа при па­дении или при обгорании всего тела. В других случаях констатировать смерть имеет право только врач.

Опыт показывает, что своевременное и правильное оказание первой медицинской помощи человеку, находя­щемуся в состоянии клинической смерти, как правило, приводит к положительному результату — оживлению мнимоумершего. Здесь еще раз уместно подчеркнуть, что попытки оживления эффективны лишь когда с мо­мента остановки сердца прошло не более 4—5 мин. Практике известно много случаев, когда лица, поражен­ные электрическим током и находившиеся в состоянии клинической смерти, после принятия соответствующих мер выздоравливали и возвращались к обычной работе. Часто оживление людей, пораженных электрическим

током, достигается в результате своевременной и квали­фицированной доврачебной медицинской помощи това рищем по работе или другим свидетелем поражения током. В более тяжелых случаях эта помощь обеспечи вает сохранение жизнеспособности организма мнимо­умершего до момента прибытия врача, который может применить весьма эффективные меры оживления. В этих случаях доврачебная медицинская помощь должна ока зываться непрерывно, даже тогда, когда время исчисля­ется часами. Зарегистрировано много случаев оживле­ния людей, пораженных током, после 3—4 ч, а в отдель­ных случаях после 10—12 ч, в течение которы: непрерывно выполнялись искусственное дыхание и мас­саж сердца.

Решение о бесполезности дальнейших мероприятий по оживлению человека, находящегося в состоянии кли нической смерти, и заключение о его истинной (биологи­ческой) смерти имеет право вынести только врач.

Достоверными признаками необратимой смерти яв­ляются трупные пятна, окоченение, охлаждение тела до температуры окружающей среды и др.

1. Производство искусственного дыхания

Искусственное дыхание, как и нормальное естествен­ное дыхание, имеет целью обеспечить газообмен в орга­низме, т. е. насыщение крови пострадавшего кислоро­дом и удаление из крови углекислого газа.

Кроме того, искусственное дыхание, воздействуя рефлекторно на дыхательный центр головного мозга способствует тем самым восстановлению самостоятель ного дыхания пострадавшего.

Газообмен происходит в легких. Воздух, поступа­ющий в легкие, заполняет множество легочных пузырь ков, так называемых альвеол, к стенкам которых прите кает кровь, насыщенная углекислым газом. Стенки аль­веол очень тонки и общая площадь их у человека дости гает в среднем 90 м2. Через эти стенки и осуществляется газообмен, т. е. из воздуха в кровь переходит кислород, а из крови в воздух — углекислый газ.

Кровь, насыщенная кислородом, посылается сердцем ко всем органам, тканям и клеткам, в которых благода ря этому продолжаются нормальные окислительные процессы, т. е. нормальная жизнедеятельность.

Воздействие на дыхательный центр мозга осуществляется за счет механического раздра­жения поступающим воздухом нервных окончаний, находящихся в легких. Возникающие в результате этого нервные импульсы поступают в центр головного мозга, ведающего дыхательными движениями легких, стимули­руя его нормальную деятельность, т. е. вызывают спо­собность его посылать импульсы мышцам легких, как это имеет место в здоровом организме.

Среди большого числа существующих ручных (т. е. без применения специальных аппаратов) способов ис­кусственного дыхания наиболее эффективным является способ «изо рта в рот». Он заключается в том, что оказывающий помощь вдувает воздух из своих легких в легкие пострадавшего через его рот или нос.

Установлено, что воздух, выдыхаемый из легких, со­держит достаточное для дыхания количество кислорода.

Преимущества способа «изо рта в рот» заключается в следующем: как показала практика, он более эффек­тивен, чем другие ручные способы; объем воздуха, вду­ваемого в легкие взрослого человека, достигает 1000— 1500 мл, т. е. в несколько раз больше, чем при других ручных способах и вполне достаточен для целей искус­ственного дыхания; этот способ весьма прост, и им может овладеть за короткое время каждый человек, в том числе не имеющий медицинского образования; при этом способе исключена опасность повреждения органов пострадавшего; этот способ позволяет просто контроли­ровать поступление воздуха в легкие пострадавшего — по расширению грудной клетки; он значительно менее утомителен.

Недостатком способа «изо рта в рот» является то, что он может вызвать взаимное инфицирование (заражение) и чувство брезгливости у оказывающего помощь. В свя­зи с этим вдувание воздуха производят через марлю, носовой платок и другую неплотную ткань.

р■ Перед началом искусственного дыха­ния необходимо быстро выполнять следующие опе­рации:

освободить пострадавшего от стесняющей дыхание \*одежды — расстегнуть ворот, развязать галстук, рас­стегнуть брюки и т. и.;

уложить пострадавшего на спину на горизонтальную поверхность — стол или пол;

**ИЗ**

**8—537**

максимально запрокинуть голову пострадавшего на­зад положив под затылок ладонь одной руки, а второй рукой надавливать на лоб пострадавшего (рис 62, *а) до* тех пор, пока подбородок его не окажется на одной ли­нии с шеей (рис. 62, *б).* При этом положении головы язык отходит от входа в гортань, обеспечивая тем самым

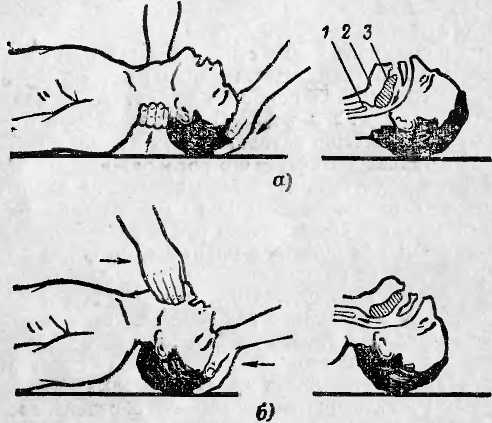


Рис. 62. Положение головы пострадавшего перед прове­дением искусственного дыхания по способу «изо рта в рот».

*а —* начальное положение головы: вход в гортань *1* перекрыт надгортанником *2* и запавшим языком *3; б—*положение голо­вы, при котором начинают искусственное дыхание: голова за­прокинута назад, нижняя челюсть выдвинута вперед (надгор­танник поднялся и язык отошел от входа в гортань, благодаря чему обеспечен свободный проход воздуха в нее).

свободный проход для воздуха в легкие Вместе с тем при таком положении головы обычно рот раскрырается. Для сохранения достигнутого положения голоЁы под лопатки следует подложить валик из свернутой одежды;

пальцами обследовать полость рта и, если в йём об­наружится инородное содержимое (кровь, слизь и т. и.), удалить его, вынув одновременно зубные протезы, если они имеются. Для удаления слизи и крови голову и пле­чи пострадавшего поворачивают в сторону (можно под-

вести свое колено под плечи пострадавшего), а затем с помощью носового плагка или края рубашки, намотан­ного на указательный палец, очищают полость рта и



Рис. 63. Очищение полости рта и глотки от слизи, крови и т. п.

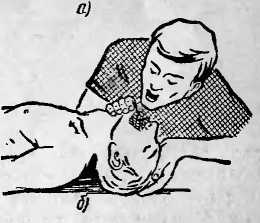


Рис. 64. Производство искусствен­ного дыхания по способу «изо рта в рот».

*а* — вдох; *б —■* выдох.

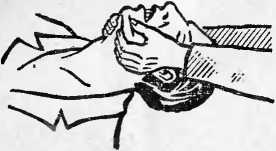
глотки (рис. 63). После этого голове придают первона­чальное положение и максимально запрокидывают ее

, назад, как указано на рис. 62,6.

По окончании подготов и тельн ы х операций оказываю­щий помощь делает глу­бокий вдох и затем с си- , лой выдыхает воздух в рот пострадавшего. При этом он должен охватить [ своим ртом весь рот по- ! страдавшего, а своей ще­кой или пальцами зажать I ему нос (рис. 64, *а).*

1 Затем оказывающий ■ помощь откидывается I назад, освобождая рот и нос пострадавшего, и де­лает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускает­

ся и происходит пассивный выдох (рис. 64, б). Малень­ким детям вдувание воздуха может производиться одно­временно в рот и нос, при этом оказывающий помощь охватывает своим ртом рот и нос пострадавшего.

Рис. 65. Выдвижение нижней челюсти двумя руками.

Контроль за поступлением воздуха в легкие постра­давшего осуществляется на глаз по расширению груд­ной клетки при каждом вдувании.

Если при вдувании воздуха грудная клетка постра­давшего не расправляется, это свидетельствует о непро­ходимости дыхательных путей. В этом случае необходи­мо выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед. Для этого оказывающий помощь ставит четыре пальца каждой руки позади углов нижней челюсти и, упираясь ■'большими пальцами в ее край, выдвигает верхнюю че­люсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 65). Легче выдвинуть нижнюю челюсть

Рис. 66. Выдвижение нижней челюсти одной рукой. *а —* вид сбоку; *б —* вид сверху.

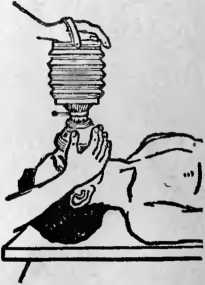
введенным в рот большим пальцем, как показано на рис. 66.

Рис. 67. Искусственное дыхание с помощью ап­парата РПА-1.

Наилучшая проходимость дыхательных путей по­страдавшего обеспечивается при наличии трех условий максимальном отгибании головы назад, открытии рга, выдвижении вперед нижней челюсти.

Иногда оказывается невозможным открыть рот по­страдавшего вследствие судорожного сжатия челюстей. В этом случае искусственное дыхание производится по спо­собу «изо рта в нос».

В 1 мин следует делать 10—12 вдуваний взрослому че­ловеку (т. е. через 5—6 с) и 15—18 вдуваний ребенку (т. е. через 3—4 с), причем ребен­ку вдувание делается ме­нее резко.

При появлении у постра­давшего первых слабых вдо­хов искусственный вдох при­урочивается к началу само­стоятельного вдоха. Искусст­венное дыхание проводится до восстановления собственного глубокого ритмичного дыха­ния. В стационарных больнич­ных условиях для производства ния применяются специальные аппараты, которые не­сравненно более эффективны и менее трудоемки, чем ручные способы искусственного дыхания. Однако эти аппараты, как правило, громоздки, имеют сравнительно сложное устройство и требуют квалифицированного об­служивания. Поэтому они не могут применяться в поле­вых условиях. Исключение составляют некоторые порта­тивные, легкие и простые по устройству аппараты, кото­рые постоянно могут храниться на производстве вместе с другими средствами оказания первой медицинской помощи и быстро доставляться к месту несчастно­го случая.

искусственного дыха-

Примером таких аппаратов является ручной порта­тивный аппарат РПА-1 (рис. 67), предназначенный для производства искусственного дыхания и аспирации (от­сасывания) жидкости и слизи из дыхательных путей.

Основными частями его являются небольшой мех, при­водимый в действие рукой, и маска, плотно накладывае­мая на рот и нос пострадавшего.

Во время сжатия меха происходит активный вдох, т. е. введение под некоторым давлением в легкие постра­давшего атмосферного воздуха в объеме от 0,25 до 1,5л или воздуха, обогащенного кислородом. В последнем случае ко всасывающему клапану аппарата присоединя­ется кислородная подушка. Во время растяжения меха происходит пассивный выдох, при этом воздух выходит через специальный клапан.

1. Выполнение массажа сердца

Массаж сердца — искусственные ритмичные сжатия сердца пострадавшего, имитирующие его самостоятель­ные сокращения. Цель массажа сердца—искусственное поддержание кровообращения в организме пострадав­шего и восстановление нормальных естественных сокра­щений сердца.

Кровообращение, т. е. движение крови по си­стеме кровеносных сосудов, необходимо для того, чтобы кровь доставляла кислород ко всем органам и тканям организма. Следовательно, кровь должна быть обога­щена кислородом, что достигается искусственным дыха­нием. Таким образом *одновременно с массажем сердца должно производиться искусственное дыхание.*

Восстановление нормальных естественных сокраще­ний сердца, т. е. восстановление самостоятельной работы сердца, происходит при его массаже в результате меха­нического раздражения сердечной мышцы (миокарда).

При оказании помощи пораженному током произво­дится так называемый непрямой или наружный массаж сердца — ритмичное надавливание на грудь, т. е. на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего. В ре­зультате этого сердце сжимается между грудиной и по­звоночником и выталкивает из своих полостей кровь. После прекращения надавливания грудная клетка и сердце распрямляются и сердце заполняется кровью, по­ступающей из вен. У человека, находящегося в состоя­нии клинической смерти, грудная клетка из-за потери мышечного напряжения легко смещается (сдавливает­ся) при надавливании на нее, обеспечивая необходимое сжатие сердца. '

тат?ГеХУмогКоР°масВ артериях- возникающее в резуль­тате непрямого массажа сердца достигает сравнитель- !°0ХвХ’“Х""” |0-'з “пЛ?0-™ мм Р\*- "> и ок зы ается достаточным, чтобы кповь поступала ко всем органам и тканям тела пострадавшего Этим самым сохраняется жизнь организма в течение всего времени, пока производится массаж сердца (jj исекусственРое ды-

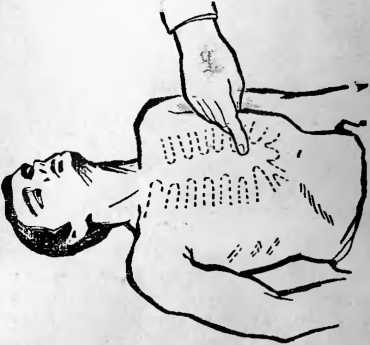


Рис. 68. Место надавливания на грудную клет­ку пострадавшего при производстве наружно­го массажа сердца.

Подготовка к массажу сердца является одновременно подготовкой к искусственному дыханию, поскольку мас­саж сердца должен производиться совместно с искусст­венным дыханием. Для выполнения массажа пострадав­шего укладывают на спину на жесткую поверхность (скамью, пол или в крайнем случае подкладывают под спину доску), обнажают его грудь, расстегивают стесня­ющие дыхание предметы одежды.

При производстве массажа сердца оказывающий по­мощь встает с какой-либо стороны пострадавшего и за­нимает такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над ним.

Определив прощупыванием место на­давливания (оно находится примерно на два паль­ца выше мягкого конца грудины, рис. 68), оказывающий помощь кладет на него нижнюю часть ладони одной руки, а затем поверх первой руки под прямым углом кладет вторую руку и надавливает на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном все­го корпуса (рис. 69). При этом предплечья и плечевые кисти рук оказывающего помощь должны быть разогну­ты до отказа, а пальцы обеих рук, сведенные вместе, не должны касаться грудной клетки пострадавшего.

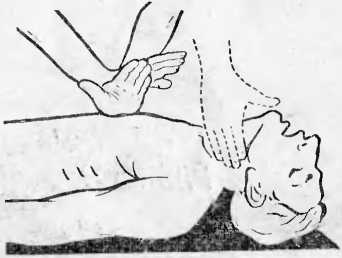


Рис. 69. Положение рук производящего массаж сердца и проверка пульса на сонной артерии (пунктир).

Надавливать следует быстрым толчком так, чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз на 3—4 см, а у полных людей на 5—6 см. Усилие при надавливании концентрируется на нижней части грудины, которая яв­ляется более подвижной. Следует избегать надавлива­ния на верхнюю часть грудины, а также на окончания нижних ребер, так как это может привести к их пере­лому. Нельзя надавливать ниже края грудной клетки (на мягкие ткани), так как можно повредить располо­женные здесь органы, в первую очередь печень.

Надавливание (толчок) на грудину следует повто­рять примерно 1 раз в секунду, чтобы создать достаточ­ный кровоток. После быстрого толчка руки остаются в достигнутом положении в течение примерно 0,5 с. После этого оказывающий помощь слегка выпрямляется и расслабляет руки, не отнимая их от грудины.

У детей массаж производят только одной рукой, на­давливая 2 раза в секунду.

Для ооогащения крови пострадавшего кислородом одновременно с массажем сердца необходимо проводить искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» (или «изо рта в нос»), ' 1

Если оказывающих помощь двое, то один из них производит искусственное дыхание, а другой — массаж сердца (рис. 70). Целесообразно поочередно производить искусственное дыхание и массаж сердца,

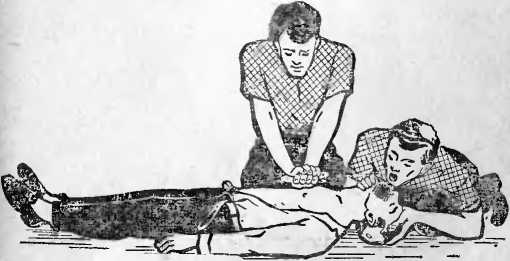


Рис. 70. Массаж сердиа и искусственное дыхание «изо рта в рот», производимые двумя лицами.

■сменяя друг друга через каждые 5—10 мин. При этом порядок оказания помощи должен быть следующим: пос- )ле одного глубокого вдувания производится пять надав­ливаний на грудную клетку. Если окажется, что после [вдувания грудная клетка пострадавшего остается не- •подвижной (а это может свидетельствовать о недоста­точном количестве вдуваемого воздуха), необходимо по­мощь оказывать в ином порядке: после двух глубоких [вдуваний делать 15 надавливаний. Следует остерегать­ся производить надавливание на грудину во время вдоха.

Если оказывающий помо щь не имеет Помощника и проводит искусственное дыхание и на­ружный массаж сердца один, следует чередовать про­ведение указанных операций в следующем порядке: после двух глубоких вдуваний в рот или нос пострадав­шего оказывающий помощь 15 раз надавливает на груд­ную клетку с интервалом в 1 с, затем снова производит два глубоких вдувания и повторяет 15 надавливаний для массажа сердца и т. д.

Эффективность наружного массажа сердца проявля­ется в первую очередь в том, что при каждом надавли вании на грудину на сонной артерии четко прощупыва­ется пульс. Для определения пульса указательный и средний пальцы накладывают на адамово яблоко постра­давшего и, продвигая пальцы вбок, осторожно ощупыва­ют поверхность шеи до определения сонной артерии (см. рис. 69).

Другими признаками эффективности массажа явля­ется сужение зрачков, появление у пострадавшего само­стоятельного дыхания, уменьшение синюшности кожи и видимых слизистых оболочек.

Контроль за эффективностью массажа осуществляет лицо, производящее искусственное дыхание.

Для повышения эффективности массажа рекоменду­ется на время наружного массажа сердца приподнять (на 0,5 м) ноги пострадавшего. Такое положение ног по­страдавшего способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца следует производить до появления самостоятельного ды­хания и восстановления деятельности сердца или до пе­редачи пострадавшего медицинскому персоналу. О вос­становлении деятельности сердца пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса че­рез каждые 2 мин прерывают массаж на 2—3 с. Сохра­нение пульса во время перерыва свидетельствует о вос­становлении самостоятельной работы сердца.

При отсутствии пульса во время перерыва необходи­мо немедленно возобновить массаж. Длительное отсут­ствие пхльса при появлении других признаков оживле­ния организма (самостоятельного дыхания, сужения зрачков, попытки пострадавшего двигать руками и но­гами и др.) служит признаком фибрилляции сердца. В этом случае необходимо продолжать оказание помо­щи пострадавшему до прибытия врача или в крайнем случае до доставки пострадавшего в лечебное учрежде­ние, где будет произведена дефибрилляция сердца.

В пути следует беспрерывно оказывать помощь по­страдавшему, производя искусственное дыхание и мас­

саж сердца вплоть до момента передачи его медицин­скому персоналу.

1. Дефибрилляция сердца

Устранение фибрилляции сердца с восстановлением его нормальной естественной работы, т. е. дефибрилля­ция сердца, может быть достигнуто путем кратковремен­ного воздействия большого тока на сердце пострадав­шего. В этом случае под влиянием мощного электриче­ского импульса происходит одновременное сокращение всех волокон сердечной мышцы, которые до того сокра­щались в разное время. В результате происходит одно­кратное сокращение сердца, аналогичное тому, которое имеет место при нормальной его работе. После этого могут восстановиться его естественные ритмичные со­кращения.

Дефибрилляция производится с помощью специаль­ного электрического аппарата — дефибриллятора, ос­новной частью которого является конденсатор емкостью 20 мкФ с рабочим напряжением 6 кВ.

Разрядный ток этого конденсатора, достигающий 15—20 А, при длительности около 10 мкс является тем импульсом, который устраняет фибрилляцию сердца. Разряд конденсатора производится через грудную клет­ку пострадавшего так, чтобы сердце находилось на пу­ти тока.

Электрическую дефибрилляцию сердца может произ­водить только врач, владеющий этим методом.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1961 464 с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потреби, телей и правила техники безопасности при эксплуатации электро, тановок потребителей. М., «Энергия», 1969. 352 с.
3. Правила пользования и испытания защитных средств, приме няемых в электроустановках. М., Агомиздат, 1974. 48 с.
4. Долин П. А. Основы техники безопасности в электрических установках. М., «Энергия», 1970. 336 с.
5. Долин П. А., Сибаров Ю. Г. О проекте временных норм до­пустимых напряжений прикосновения и токов через тело человека — «Промышленная энергетика», 1974, К» 9, с. 6—7.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .......... 3

Глава первая. Действие электрического тока на орга­низм человека 5

1. [Виды поражений электрическим током 5](#bookmark13)
2. [Электрическое сопротивление тела человека .... 13](#bookmark22)
3. Основные факторы, влияющие на исход поражения

[током . 19](#bookmark29)

Глава вторая. Меры защиты от поражения электриче­ским током 31

1. [Условия и основные причины поражения током . . 31](#bookmark38)
2. Классификация помещений по опасности поражения

[электрическим током 40](#bookmark45)

1. Недоступность токоведущих частей для случайного

[прикосновения 43](#bookmark49)

1. [Контроль состояния изоляции электроустановок . . 47](#bookmark53)
2. [Защитное заземление ... 51](#bookmark57)
3. [Зануление 59](#bookmark61)
4. [Защитное отключение 70](#bookmark64)
5. [Применение малого напряжения 75](#bookmark68)
6. [Защитные средства, применяемые в электроустановках 77](#bookmark72)

[Глава третья. Первая помощь человеку, пораженному электрическим током 98](#bookmark94)

1. [Освобождение человека от действия тока 98](#bookmark97)
2. [Меры первой доврачебной медицинской помощи . . 108](#bookmark111)
3. [Производство искусственного дыхания 112](#bookmark115)
4. [Выполнение массажа сердца 118](#bookmark119)
5. [Дефибрилляция сердца 123](#bookmark123)

[Список литературы ....... 124](#bookmark127)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

Имеется в продаже

Руководящие указания по релейной защите. Вып. 9. Дифференциально-фазная высокочас­тотная защита линий 110—330 кВ. 1972. 112 с. с ил. 86 к.

Приобрести эту книгу Вы можете во всех книжных магазинах, распространяющих техни­ческую литературу.

В случае отсутствия этой книги в местных магазинах заказ можно направить по адресам:

121096 Москва, ул. Василисы Кожиной, 10, магазин № 170, отдел «Книга — почтой».

196066 Ленинград, Московский проспект ,189, магазин № 92, отдел «Книга — почтой».

6 л.

А. А. Филатов. Фазировка электрическо < оборудования. 4 л.

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ В 1976 Г.

В СЕРИИ «БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА»

Е. И. Андрианов, Ю, М. Начкик, В. А, Сушинский. Электрообо­рудование дизель-электрических экскаваторов. 5,5 л.

Б. Ф. Быков, А, М. Поволоцкий, Сварка шин. Изд. 2 -е. доп. 5 л.

Д. Е. Виноградов. Закрепление опор линий электропередачи 35—750 кВ. 6 л.

1. Р. Деро. Неполадки в работе асинхронного двигателя. 5 л.
2. И. Иевлев, А. Г. Карягин. Монтаж распределительных ус­тройств 110—220 кВ. Изд. 2-е, доп. 5 л.

В. П. Ильяшов. Автоматическое регулирование мощности кон­денсаторных установок. Изд. 2-е, перераб. и доп. 6 л.

Е. К. Иноземцев. Ремонт турбогенераторов ТГВ-200 и ТГВ-300.

Б. А. Константинов, Г. 3. Зайцев. Компенсация реактивнойб мощности. 5 л.

Г. Э. Линт. Релейная защита на унифицированных полупровод­никовых элементах. 5 л.

Н. Ф. Масанов. Электропроводки на тросах и струнах. Изд. 3-е, доп. и перераб. 5 л.

А. А. Пястолов, И. М. Рвйхлин. Ремонт трансформаторов I и II габаритов. 6 л.

М И. Сулимова. Газовая защита с реле РГЧЗ-66. 6, л.

А. Н. Трифонов, А. И. Черноусов. Твой инструмент. Изд. 2-е, перераб. и доп. 5,5 л.

Р. Б. Уманцев. Конструкции и ремонт короткозамкнутых обмо­ток крупных двигателей. Изд. 2-е, перераб. ид 14 л.

М. М. Филиппов. Автоматизация элект| ской местности. 5 л.

Н. П. Чусов, Р. И Любашевсквя. Механизация кабельным работ на промышленных объектах. 5 л. |

***ПЕТР АЛЕКСЕЕВИЧ ДОЛИН***

Действие электрического тока на человека И первая помощь пострадавшему

Редактор издательства И. П. Березина Технический редактор О. Д. Кузнецова Обложка художника А. А. Иванова Корректор Г. Г. Желтова

**Сдано в набор 10/111 1976 г. Подписано к печати 7/IX 1976 г. Т-15125 Формат** 84X108Vj2 **Бумага типографская № 2 Усл. пвч. л. 6,72 Уч.-изд. л. 6,51 Тираж 100 000 эка.**

**Зак. 547 Цена 23 коп.**

**Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая иаб., 10.**

**Владимирская типография Союзполигрвфпрома**

**П’0и Государственном комитете Совета Министров СССР пЪ делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600610, г. Владимир, уп. Победы .д. 18-6.**

**Цена 23 коп.**

1. Различают следующие четыре степени ожогов: I — покрасне­ние кожи; II — образование пузырей; III — омертвение всей толщи кожи; IV — обугливание тканей. Обычно тяжесть повреждения орга­низма при ожогах обусловливается ие степенью ожога, а площадью поверхности тела, пораженной ожогом. [↑](#footnote-ref-1)
2. 6 Ом-м, т. е. в тысячи раз превышает сопротивление других слоев кожи и внутренних тканей организма.

   Другие слои эпидермиса, лежащие под роговым сло­ем и образованные в основном из живых клеток, можно условно объединить в один так называемый р о с т к о • в ы й слой.

   В основании росткового слоя непрерывно происходит деление и развитие новых живых клеток, а вверху —• ороговение и отмирание клеток, которые при этом изме- няют свою форму, уплотняются, пропитываются особым [↑](#footnote-ref-2)
3. По действующим правилам для питания светильников должно «фименяться напряжение не выше 220 В. [↑](#footnote-ref-3)
4. Относительная влажность воздуха есть отношение (в процен­тах) массы водяных паров, содержащихся в воздухе интересующего нас пространства, к массе водяных паров, насыщающих это про­странство прн данной температуре (т. е. когда испарение влаги прек­ратилось, что соответствует 100% относительной влажности). [↑](#footnote-ref-4)
5. В настоящее время т качестве малого напряжения широ­ко применяется напряжение 36 В. [↑](#footnote-ref-5)
6. Согласно требованиям Правил устройства электроустановок в двухпроводных линиях четырехпроводных систем однополюсный вы­ключатель должен быть установлен на фазном проводе. Однако из-за ошибок при монтаже и ремонте, а также при изменении схемы пи­тания проводки выключатель может оказаться включенным в нуле­вой рабочий провод. [↑](#footnote-ref-6)