

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»
(ФБГБОУ «АмГУ»)

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Составитель: А.Б. Булгаков.

Электробезопасность: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 87 стр.

© Амурский государственный университет, 2017
© Кафедра безопасности жизнедеятельности, 2017
© Булгаков А.Б., составление

СОДЕРЖАНИЕ

1	Краткое изложение лекционного материала	4
2	Методические рекомендации по проведению практических занятий по дисциплине	51
3	Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий по дисциплине	58
4	Методические рекомендации для проведения самостоятельной работы	85
5	Библиографический список	87

1. Краткое изложение лекционного материала

Тема 1. Электротравматизм

План:

1. Основные термины и определения.
2. Первые представления об опасности электрического тока.
3. Классификация и характеристика электротравм.

1. Основные термины и определения

Электробезопасность - это вид деятельности (система организационных и технических мероприятий, защитных средств и методов), обеспечивающий защиту работающих и иных людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Травма – это повреждение анатомической целостности организма или нормального его функционирования, как правило, происходящее внезапно.

Электротравма - травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги, а также электромагнитного поля.

Поражение электрическим током - физиологический эффект от воздействия электрического тока при его прохождении через тело человека или животного.

Защита от поражения электрическим током - выполнение мер, снижающих риск поражения электрическим током.

Заземление - создание электрического соединения между данной точкой системы или установки, или оборудования и локальной землей.

Локальная земля (зона растекания) - часть Земли, которая находится в электрическом контакте с заземлителем и электрический потенциал которой не обязательно равен нулю.

Защитное заземление - заземление точки или точек системы, или установки, или оборудования в целях электробезопасности.

Заземлитель (заземляющий электрод) - проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с Землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, например бетон.

Заземляющий проводник - проводник, создающий электрическую цепь или ее часть между данной точкой системы или электроустановки, или оборудования с заземлителем (заземляющим электродом).

Нейтральная точка - общая точка многофазной системы, соединенной в звезду, или заземленная средняя точка однофазной системы.

Токоведущая часть - проводник или проводящая часть, предназначенный(ая) для работы под напряжением в нормальном режиме, включая нулевой рабочий проводник.

Заземляющее устройство - совокупность всех электрических соединений и устройств, включенных в заземление системы или установки, или оборудования.

Допустимое напряжение прикосновения - максимальное значение ожидаемого напряжения прикосновения, продолжительность воздействия которого не ограничивается при определенных внешних условиях.

Напряжение прикосновения - напряжение между проводящими частями при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Шаговое напряжение - напряжение между двумя точками на поверхности Земли, находящимися на расстоянии 1 м одна от другой, которое рассматривается как длина шага человека.

Заземленная нейтраль - нейтраль генератора (трансформатора), присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированная нейтраль - нейтраль генератора (трансформатора), не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление.

Зануление - мероприятие для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением в результате повреждения изоляции.

Принцип его действия основан на снижении напряжения прикосновения и отключения поврежденной цепи в случае замыкания на корпус, если ток утечки достигает тока отключения защитного устройства. С этой целью корпуса металлически соединяют непосредственно через защитный проводник с заземленной точкой сети, как правило, с заземленной нейтралью или средней точкой системы.

Электрическая дуга – электрический разряд в газовой среде между контактами, возникающий при размыкании электрического контакта или при нестабильности переходного сопротивления контактов (искрение).

Электроустановка - энергоустановка, предназначенная для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии.

Аварийный режим электроустановки - работа неисправной электроустановки, при которой могут возникнуть опасные ситуации, приводящие к электротравмированию людей, взаимодействующих с электроустановкой

Неотпускающий ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник.

Фибрилляционный ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца.

Ощутимый ток - электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения.

Однофазное прикосновение - прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением.

Ненормальный режим работы - режим работы, при котором оборудование (установка, прибор и т.д.), работает в условиях, отличных от нормальной эксплуатации, или не в соответствии со своим назначением и инструкцией изготовителя.

Нормальный режим работы - режим работы, при котором оборудование (установка, прибор и т.д.) работает в условиях нормальной эксплуатации и в соответствии со своим назначением и инструкцией изготовителя при подсоединении к сети питания.

2. Первые представления об опасности электрического тока

О том, что электрический разряд действует на человека, стало очевидным в последней четверти XVIII века. Одно из первых обстоятельных описаний этого действия принадлежит Ж. Марату, видному деятелю Великой французской революции 1789-1794 г.г. Англичанин А. Уориш, итальянцы Л. Гальвани, А. Вольта и ряд других ученых установили, что на человека действует разряд, полученный не только от источника статического электричества, но и от электрохимического элемента. Однако никто из названных исследователей не указал на опасность этого действия на человека. Впервые установил эту опасность изобретатель первого в мире электрохимического высоковольтного источника напряжения В. В. Петров.

Создав в петербургской Медико-хирургической академии (ныне Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова) отлично оборудованную для своего времени физическую лабораторию, В. В. Петров приступил к систематическому изучению действия электрического тока на организм животного и человека, а также к разработке мероприятий по защите человека от тока. Закономерно, что именно в этой академии был проведен ряд интересных исследований механизма взаимодействия электрического тока с человеком, имевших, правда, не только защитную, но и терапевтическую направленность.

С первых же номеров основанный в 1880 г. русский журнал «Электричество» начал систематическую публикацию на своих страницах сообщений о несчастных случаях, вызванных электрическим током. Такие же публикации стали появляться и в других русских технических журналах. Например, в журнале «Электротехник» только за период с 1898 по 1903 г. приведены данные более чем о 20 электротравмах, сопровождавшихся тяжелым исходом.

Уже в первые годы развития электротехники была достаточно четко выявлена меньшая опасность постоянного тока. Очень образно об этом написал В. Н. Чиколев: «Когда вы прикоснетесь к проводнику с постоянным током, то в момент прикосновения вы почувствуете сотрясе-

ние, затем вы ничего или очень мало чувствуете, когда через вас проходит ток только когда отнимете руки от проводников, вы снова испытаете такое же сотрясение. Я сам много раз нарочно прикасался к проводникам, чтобы рассеять этот страх, всегда вполне уверенный, что ничего со мной не произойдет. Совсем другое значение имеет переменный ток (или ток постоянного направления, но переменной силы), который изменяет свое направление и силу от 5000 до 10 000 раз в минуту. Прикосновение к таким проводникам действительно производит громадные сотрясения. Физиологическое действие постоянного тока можно сравнить с сильным механическим толчком или ударом, который опасен при очень громадном напряжении удара. Но во сколько раз слабее могут быть толчки, которые потрясут вас 10 000 раз в минуту, чтобы вы испытали страшное расстройство,— таково последствие прикосновения к проводникам с переменным током. Таким образом, опасность существует не от силы тока который пройдет через вас, а, главным образом, от того, будет ли ток постоянный или переменный. Для городской канализации возможны к употреблению проводники с постоянным током, в этом случае страх опасности не существует».

В еще более категорической форме эту мысль В. Н. Чиколев изложил в статье «История электрического освещения», где писал:

«При постоянных токах, какого бы напряжения они ни достигали, невозможны несчастные, иногда смертельные случаи, как при переменных токах».

В. Н. Чиколев считал, что электрический ток опасен не только значением, но и характером нарастания его, причем последнее, по его мнению, представляет большую опасность. Тем самым он предугадал основу современного представления о механизме электротравмы.

Серьезная опасность поражения электрическим током при эксплуатации электротехнического оборудования возникла в результате широкого применения переменного тока частотой 50 Гц. Однако обстоятельных данных о механизме действия электрического тока на человека в то время еще не было. Неизвестны были и достаточно простые и эффективные защитные мероприятия. Поэтому есть все основания считать, что электробезопасность как проблема возникла в последней четверти XIX века, и именно к этому времени относятся первые попытки ее разумного разрешения.

3. Классификация и характеристика электротравм.

Действие электрического тока на организм приводит к различным электротравмам, которые можно свести к двум видам:

- местные электротравмы, когда возникает местное повреждение организма;
- общие электротравмы (электрические удары), когда поражается весь организм.

Примерное распределение электротравм:

- 1) 20 % - местные;
- 2) 25 % - электрические удары;
- 3) 55 % - смешанные травмы.

Эти травмы часто сопутствуют друг другу, но они различны и должны рассматриваться отдельно.

Местные электротравмы

Местная электротравма – ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела. Чаще это поверхностные повреждения кожи, иногда связок и костей.

Опасность местных травм зависит от места и степени повреждения тканей. Как правило, местные травмы излечиваются, работоспособность восстанавливается.

Характерные местные электротравмы – электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия. 75% случаев поражений электрическим током сопровождается местными электротравмами. Из них:

- электрические ожоги – 40%;
- электрические знаки – 7%;
- металлизация кожи – 3%;
- механические повреждения – 0,5%;
- электроофтальмия – 1,5%;

- смешанные травмы – 23%.

Электрический ожог

Электрический ожог это самая распространенная электротравма. В зависимости от условий возникновения различают два основных вида ожога:

- токовый (контактный), возникающий при прохождении тока непосредственно через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью;
- дуговой, обусловленный воздействием на тело электрической дуги.

Токовый ожог возникает в электроустановках напряжением не выше 2 кВ. При более высоких напряжениях образуется электрическая дуга. Ожог тем опаснее, чем больше ток и время его прохождения.

Дуговой ожог наблюдается в электроустановках различных напряжений. При этом в установках до 6 кВ ожоги являются следствием случайных КЗ. В установках более высоких напряжений дуга возникает при случайном приближении человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстояние при котором происходит пробой воздушного промежутка между ними; при повреждении изолирующих защитных средств.

Электрические знаки

Электрические знаки представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергшегося действию тока. Размер пятен (1-5) мм. Обычные электрические знаки безболезненны.

Металлизация кожи

Металлизация кожи – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавленного под действием электрической дуги, возникающей при коротких замыканиях (КЗ). Мельчайшие брызги расплавленного металла под влиянием возникших динамических сил и теплового потока разлетаются во все стороны с большой скоростью.

Поражение глаз наиболее опасно. Поэтому работы, при которых возможно возникновение электрической дуги должны выполняться в защитных очках, одежда должна быть застегнута, ворот закрыт, рукава опущены.

Механические повреждения

Чаще всего это следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока. В результате могут произойти разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани; могут быть вывих суставов и даже переломы костей.

Механические повреждения происходят при работе в основном в электроустановках до 1000 В при относительно длительном воздействии тока.

Электроофтальмия

Электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз – роговицы и конъюнктивы (слизистой оболочки, покрывающей глазное яблоко), возникающие в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая является источником излучения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Предупреждение электроофтальмии обеспечивается применением защитных очков.

Общие электротравмы (электрический удар)

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма протекающим через него током, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях различных мышц тела. При этом нарушается работа всех органов – сердца, легких, центральной нервной системы.

Электрический удар можно разделить на пять степеней:

- 1 - судорожное, едва ощутимое сокращение мышц;
- 2 - судорожное сокращение мышц, сопровождающееся сильными болями, без потери сознания;
- 3 - судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимися дыханием и работой сердца;
- 4 - потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (и то и другое);
- 5 - клиническая смерть.

Исход воздействия тока зависит от следующих факторов:

- значение и длительность протекания тока;
- род и частота тока;
- пути прохождения;
- индивидуальных свойств организма человека.

Фибрилляция

Фибрилляция – хаотические разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл) при которых сердце не в состоянии гнать кровь по сосудам. Фибрилляция сердца может наступить в результате прохождения через тело человека по пути рука-рука или рука-ноги переменного тока более 50 мА частотой 50 Гц в течение нескольких секунд. Токи меньше 50 мА и больше 5 А фибрилляции сердца у человека, как правило, не вызывают.

Электрический шок

Электрический шок это своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п.

Оценивать опасность воздействия электрического тока на человека можно по ответным реакциям организма. С увеличением тока четко проявляются три качественно отличные ответные реакции. Это прежде всего ощущение, более судорожное сокращение мышц (неотпускание для переменного тока и болевой эффект постоянного) и, наконец, фибрилляция сердца. Электрические токи, вызывающие соответствующую ответную реакцию, подразделяют на ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные (ГОСТ Р 12.1.009-2009).

Ощутимый ток

Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения называется ощутимым. Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него малого тока: в среднем около 1,1 мА при переменном токе частотой 50 Гц и около 6 мА при постоянном токе. Это воздействие ограничивается при переменном токе слабым зудом и пощипыванием, а при постоянном токе – ощущением нагрева кожи на участке, касающемся токоведущей части.

Неотпускающий ток

Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки в которой зажат проводник называется неотпускающим. При постоянном токе неотпускающих токов нет, но в момент отрыва ощущается боль.

Ток, при котором человек может самостоятельно оторвать руки от электродов (когда можно выдержать боль) принят за порог неотпускающих токов и составляет примерно 50-80 мА.

Фибрилляционный ток

Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца, называется фибрилляционным, а наименьшее его значение – пороговым фибрилляционным током.

При частоте 50 Гц фибрилляционными являются токи в пределах от 50 мА до 5 А, а среднее значение порогового фибрилляционного тока – примерно 100 мА. При постоянном токе средним значением порогового фибрилляционного тока можно считать 300 мА, а верхним пределом – 5 А.

Показатели электротравматизма

Для оценки состояния электротравматизма в организациях, или отраслях экономики возможно использовать коэффициенты по которым оценивается состояние охраны труда. Только в этом случае необходимо принимать во внимание несчастные случаи, которые связаны с воздействием на человека электрического тока, электрической дуги или электромагнитного поля промышленной частоты.

Коэффициент частоты травматизма - количество несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за отчетный период. Определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = 1000 \frac{T}{P},$$

где T - количество несчастных случаев, включенных в отчет, за отчетный период;

P - среднесписочное количество работников за отчетный период.

K_q показывает, насколько часто, происходят несчастные случаи в данной организации, однако он не отражает «тяжести» повреждений.

Коэффициент тяжести травматизма - число дней временной нетрудоспособности, приходящейся на один несчастный случай. Определяется по формуле

$$K_T = \frac{D}{T'}$$

где D - общее количество дней временной нетрудоспособности по всем несчастным случаям за отчетный период;

T' - суммарное количество несчастных случаев за тот же промежуток, за исключением случаев с летальным или инвалидным исходом.

Для более точного определения состояния охраны труда введен общий показатель производственного травматизма $K_{общ}$:

$$K_{общ} = K_q K_T$$

Коэффициент смертности определяется по формуле

$$K_{CM} = 1000 \frac{T_{CM}}{T}$$

где T_{CM} - количество несчастных случаев со смертельным исходом за отчетный период.

По данным исследований распределение электротравм зависит от многих факторов в частности: напряжения установки; рода тока; профессиональной принадлежности пострадавших; условиям возникновения электрической цепи через тело человека; видам оборудования; времени суток и месяцам года и т.д. В таблице 1 приведены данные электротравматизма по отраслям экономики.

Таблица 1 – Количественные показатели электротравматизма по отраслям экономики

№ п/п	Отрасль экономики	Количество электротравм на 1 млн. работников	Доля электротравм в совокупности несчастных случаев, %
1	Электроэнергетика	6,4	29,0
2	Строительство, промышленность строительных материалов	2,4	11,3
3	Геологоразведка	1,9	6,0
4	Угольная промышленность	1,6	5,0
5	Сельское хозяйство	1,25	9,3
6	Гражданская авиация	0,25	
7	Культурно-просветительные, медицинские и научные учреждения, учебные заведения	0,4	21,3

В таблице 2 приведены данные электротравматизма по видам электроустановок.

Таблица 2 – Количественные показатели электротравматизма по видам электроустановок

№ п/п	Вид электроустановки	Электротравматизм, %
1	Воздушные линии	33,4
2	из них:	
3	- линии электропередачи	28,6
4	- контактные сети	2,9
5	- линии связи	5,8

№ п/п	Вид электроустановки	Электротравматизм, %
6	Трансформаторные подстанции и распределительные устройства	22,7
7	Машины электрофицированные	14,8
8	Установки сварочные	5,8
9	Светильники	4
10	Электроподъемники	3,9

Статистика по электротравмам показывает, что чем моложе работник, тем выше у них частота электротравматизма. Если сравнивать электротравматизм у работников в зависимости от стажа работы, то максимум приходится на электротехнический персонал со стажем свыше 10 лет и группой по электробезопасности не ниже 4-ой. Это объясняется тем, что им приходится выполнять основной объем электроопасных работ и, следовательно, вероятность попадания под напряжение у них больше, чем у работников с малым опытом работы.

Тема 2. Первая помощь пострадавшим от электрического тока

План:

1. Алгоритм оказания первой помощи при поражении электрическим током.
2. Освобождение пострадавшего от действия электрического тока.
3. Оказание первой доврачебной помощи.

1. Алгоритм оказания первой помощи при поражении электрическим током

На рисунке 1 приведен алгоритм оказания первой помощи при поражении электрическим током.

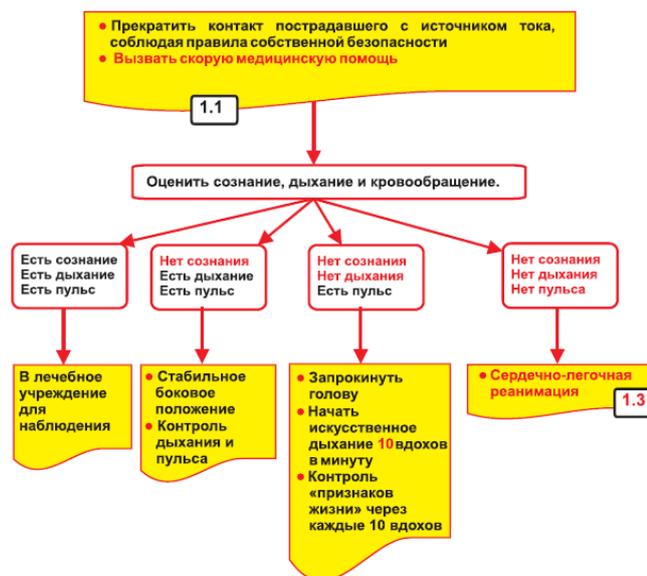


Рисунок 1 - Алгоритм оказания первой помощи при поражении электрическим током

2. Освобождение пострадавшего от действия электрического тока

При поражении электрическим током необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока - немедленно отключить ту часть электроустановки, которой касается пострадавший (рисунок 2). Когда невозможно отключить электроустановку, следует принять иные меры по освобождению пострадавшего, соблюдая надлежащую предосторожность.



Рисунок 2 - Освобождение пострадавшего от действия электротока путем отключения электроустановки

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода напряжением до 1000 В следует воспользоваться канатом, палкой, доской (рисунок 3) или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно оттянуть пострадавшего за одежду (если она сухая и отстает от тела), избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытым одеждой (рисунок 4).

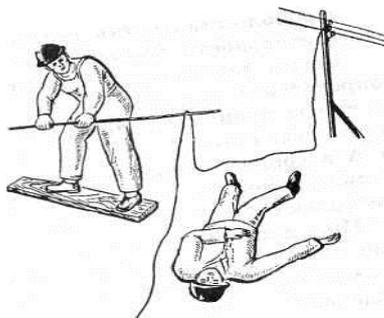


Рисунок 3 - Средства личной защиты при освобождении от действия электрического тока в электроустановках напряжением до 1000 В



Рисунок 4 - Освобождение пострадавшего от действия токоведущей части, находящейся под напряжением до 1000 В

Для изоляции своих рук следует воспользоваться диэлектрическими перчатками (рисунок 5) или обмотать руку шарфом, надеть на нее суконную фуражку, натянуть на руку рукав пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего сухую материю.

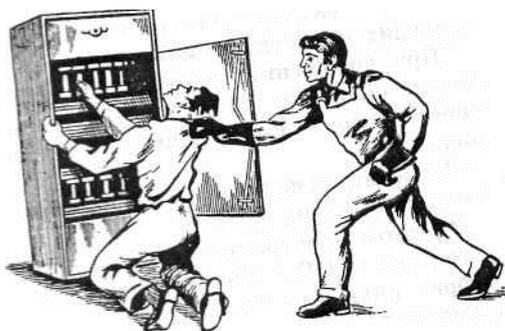


Рисунок 5 - Освобождение пострадавшего от токоведущей части, находящейся под напряжением до 1000 В

Действовать рекомендуется одной рукой, другая должна находиться за спиной.

На линии электропередачи, когда невозможно быстро отключить ее на пунктах питания, можно произвести замыкание проводов накоротко, набросив на них гибкий неизолированный провод достаточного сечения, заземленный за металлическую опору, заземляющий спуск и т.д. Для удобства на свободный конец проводника прикрепляют груз. Если пострадавший касается одного провода, то достаточно заземлить только один провод.

Все, о чем говорилось выше, относится к установкам напряжением до 1000 В. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В, следует применять диэлектрические боты, перчатки и изолирующие штанги, рассчитанные на соответствующее напряжение. Такие действия может производить только обученный персонал.

После освобождения пострадавшего от действия электрического тока или атмосферного электричества (удара молнии) необходимо провести полный объем реанимации. Пострадавшему обеспечить полный покой, не разрешать двигаться или продолжать работу, так как возможно ухудшение состояния из-за ожогов внутренних органов и тканей по ходу протекания электрического тока. Последствия внутренних ожогов могут проявиться в течение первых суток или ближайшей недели.

3. Оказание первой доврачебной помощи

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача, независимо от состояния пострадавшего.

Меры доврачебной помощи зависят от состояния, в котором находится пострадавший после освобождения его от действия тока:

- если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке, или находился в бессознательном состоянии, но с сохранившимися устойчивыми дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку из одежды, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, создать приток свежего воздуха, растереть и согреть тело, удалить из помещения лишних людей и до прихода врача создать полный покой;

- пострадавшему, находящемуся в бессознательном состоянии, нужно давать нюхать нашатырный спирт, опрыскивать лицо холодной водой, когда он придет в сознание, следует дать ему (15 – 20) капель настойки валерьяны и горячего чая;

- если пострадавший дышит редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же делать ему искусственное дыхание до появления ровного самостоятельного дыхания или до прибытия врача;

- если у пострадавшего отсутствует дыхание (определяется подъемом грудной клетки) и пульс, нельзя считать его мертвым, так как запас кислорода в организме сохраняется (4 – 8) минут, необходимо немедленно начать делать искусственное дыхание и наружный (непрямой) массаж сердца.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или оказывающему помощь продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно.

Правила определения признаков клинической смерти

Чтобы сделать вывод о наступлении клинической смерти у неподвижно лежащего пострадавшего, достаточно убедиться в отсутствии сознания и пульса на сонной артерии.

Не следует терять время на определение сознания путем ожидания ответов на вопросы: «Все ли у тебя в порядке? Можно ли приступить к оказанию помощи?» Надавливание на шею в области сонной артерии является сильным болевым раздражителем.

Не следует терять время на определение признаков дыхания. Они трудноуловимы, и на их определение с помощью ворсинок ватки, зеркала или наблюдения за движением грудной клетки можно потерять неоправданно много времени. Самостоятельное дыхание без пульса на сонной артерии продолжается не более минуты, а вдох искусственного дыхания взрослому человеку ни при каких обстоятельствах не может причинить вреда.

Если подтвердились признаки клинической смерти

Быстро освободить грудную клетку от одежды и нанести удар по груди. При его неэффективности приступить к сердечно-легочной реанимации.

Правила определения пульса на сонной артерии

Расположить четыре пальца на шее пострадавшего и убедиться в отсутствии пульса на сонной артерии. Определять пульс следует не менее 10 секунд.

Правила освобождения грудной клетки от одежды для проведения реанимации

Расстегнуть пуговицы рубашки и освободить грудную клетку.

Джемпер, свитер или водолазку приподнять и сдвинуть к шее.

Майку, футболку или любое нательное белье из тонкой ткани можно не снимать. Но прежде чем наносить удар по груди или приступить к непрямому массажу сердца, следует убедиться, что под тканью нет нательного крестика или кулона.

Поясной ремень обязательно расстегнуть или ослабить. Известны случаи, когда во время проведения непрямого массажа сердца печень повреждалась о край жесткого ремня.

Правила нанесения удара по груди

Убедиться в отсутствии пульса на сонной артерии.

Прикрыть двумя пальцами мечевидный отросток.

Нанести удар кулаком выше своих пальцев, прикрывающих мечевидный отросток.

После удара проверить пульс на сонной артерии. В случае отсутствия пульса сделать еще одну-две попытки.

Нельзя наносить удар при наличии пульса на сонной артерии.

Нельзя наносить удар по мечевидному отростку.

Внимание! В случае клинической смерти, особенно после поражения электрическим током, первое с чего необходимо начать помощь, - нанести удар по груди пострадавшего. Если удар нанесен в течение первой минуты после остановки сердца, то вероятность оживления превышает 50%.

Если после нескольких ударов не появился пульс на сонной артерии, то приступить к непрямому массажу сердца.

Правила проведения непрямого массажа сердца и безвентиляционной реанимации

Расположить основание правой ладони выше мечевидного отростка так, чтобы большой палец был направлен на подбородок или живот пострадавшего. Левую ладонь расположить на ладони правой руки.

Переместить центр тяжести на грудину пострадавшего и проводить непрямой массаж сердца прямыми руками.

Продавливать грудную клетку не менее чем на 3-5 см с частотой не реже 60 раз в минуту.

Каждое следующее надавливание начинать только после того, как грудная клетка вернется в исходное положение.

Оптимальное соотношение надавливаний на грудную клетку и вдохов искусственной вентиляции легких - **30:2**, независимо от количества участников реанимации.

По возможности приложить холод к голове.

Внимание! При каждом надавливании на грудную клетку происходит активный выдох, а при ее возвращении в исходное положение - пассивный вдох. Когда выделения изо рта пострадавшего представляют угрозу для здоровья спасающего, можно ограничиться проведением непрямого массажа сердца, т.е. безвентиляционным вариантом реанимации. Чтобы непрямой массаж сердца был эффективным, его необходимо проводить на ровной жесткой поверхности.

*Правила проведения вдоха при искусственной вентиляции легких
способом «изо рта в рот»*

Правой рукой обхватить подбородок так, чтобы пальцы, расположенные на нижней челюсти и щеках пострадавшего, смогли разжать и раздвинуть его губы.

Левой рукой зажать нос.

Запрокинуть голову пострадавшего и удерживать ее в таком положении до окончания проведения вдоха.

Плотно прижаться губами к губам пострадавшего и сделать в него максимальный выдох. Если во время проведения вдоха ИВЛ пальцы правой руки почувствуют раздувание щек, можно сделать безошибочный вывод о неэффективности попытки вдоха.

Если первая попытка вдоха ИВЛ оказалась неудачной, следует увеличить угол запрокидывания головы и сделать повторную попытку.

Если вторая попытка вдоха ИВЛ оказалась неудачной, то необходимо сделать 30 надавливаний на грудину, повернуть пострадавшего на живот, очистить пальцами ротовую полость и только затем сделать вдох ИВЛ.

Внимание! Нет необходимости разжимать челюсти пострадавшего, так как зубы не препятствуют прохождению воздуха. Достаточно разжать только губы

Первая медицинская помощь должна быть оказана в первые четыре-пять минут после поражения электрическим током. Применяя современные методы оживления в первые две минуты после наступления клинической смерти, можно спасти до 92 % пострадавших, а в течение от трех до четырех минут - только 50 %.

При поражении электрическим током пострадавший в любом случае должен обратиться к врачу. Через несколько часов могут возникнуть опасные последствия (падение сердечной деятельности, вызванное нарушением функции сердца из-за воздействия электрического тока). Периферические сосудистые нарушения могут обнаруживаться через неделю после травмы. Отмечены случаи, когда спустя несколько месяцев развивалась катаракта.

Тема 3. Механизм воздействия электрического тока на человека

План:

1. Действие электрического тока на организм человека.
2. Факторы, определяющие исход поражения электрическим током.
3. Вероятные причины поражения электрическим током.
4. Критерии безопасности электрического тока.

1. Действие электрического тока на организм человека

При эксплуатации и ремонте электрического оборудования и сетей человек может оказаться в сфере действия электрического поля или непосредственном соприкосновении с находящимися под напряжением проводами или частями электрического прибора. В результате прохождения тока через человека может произойти нарушение его жизнедеятельных функций.

Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что, во-первых, ток не имеет внешних признаков и как правило человек без специальных приборов не может заблаговременно обнаружить грозящую ему опасность; во-вторых, воздействия тока на человека в большинстве случаев приводит к серьезным нарушениям наиболее важных жизнедеятельных систем, таких как центральная нервная, сердечно-сосудистая и дыхательная, что увеличивает тяжесть поражения; в третьих, переменный ток способен вызвать интенсивные судороги мышц, приводящие к не отпускающему эффекту, при котором человек самостоятельно не может освободиться от воздействия тока; в четвертых, воздействие тока вызывает у человека резкую реакцию отдергивания, а в ряде

случаев и потерю сознания, что при работе на высоте может привести к травмированию в результате падения.

Электрический ток, проходя через тело человека, может оказывать:

- тепловое действие;
- биологическое действие;
- электролитическое действие;
- механическое действие.

Тепловое воздействие проявляется в виде ожогов участков кожи тела, перегрева различных органов, а также возникающих в результате перегревов, разрывов кровеносных сосудов и нервных волокон, иногда наблюдается обугливание тканей или своеобразные образования - "жемчужные бусы" - расплавление костного вещества с выделением фосфорно-кислого кальция.

Электролитическое действие ведет к электролизу крови и других содержащихся в организме растворов, что приводит к изменению их физико-химических свойств. Образующиеся при электролизе газы пары придают тканям ячеистое строение. При соприкосновении тела человека с металлами при электролизе возникает металлизация кожи и изменением цвета в зависимости от цвета металла.

Биологическое действие электрического тока проявляется в опасном возбуждении живых клеток и тканей организма, в результате чего они могут погибнуть. При прохождении тока через тело человека возникает возбуждение мускулатуры и нервных рецепторов, наблюдаются судороги скелетных мышц, которые приводят к остановке дыхания, открытым переломам и вывихам конечностей.

Механические повреждения - это повреждения, полученные в результате непосредственного действия электрического тока и последующего падения или удара (потеря сознания, равновесия). Следствием падения с высоты на землю могут быть переломы костей, вывихи, ушибы тела и повреждения внутренних органов, при падении в воду пострадавший может утонуть. Иногда случается вывих и переломы костей из-за судорожного сокращения мышц в момент электротравмы.

2. Факторы, определяющие исход поражения электрическим током

1. Величина тока

По величине тока (50 Гц), токи подразделяются на:

- неощущаемые ((0,6 – 1,6) мА);
- ощущаемые (3 мА);
- отпускающие (6 мА);
- неотпускающие ((10-15) мА);
- удушающие ((25-50) мА);
- фибрилляционные ((100-200)мА);
- тепловые воздействия (5 А и выше).

2. Время действия и величина напряжения

По ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». Допустимые напряжения прикосновения и токи в зависимости от времени воздействия, приведены в таблице 3.

При кратковременном воздействии (0,1-0,5) с ток порядка 100 мА не вызывает фибрилляции сердца. Если увеличить длительность воздействия до 1 с, то этот же ток может привести к смертельному исходу. С уменьшением длительности воздействия значение допустимых для человека токов существенно увеличивается. При изменении времени воздействия от 1 до 0,1с допустимый ток возрастает в 16 раз.

Таблица 3 – Выдержка из ГОСТ 12.1.038-82

Время действия, сек	До 30	1	0,5	0,2	0,1
Величина тока, мА	6	50	100	250	500
Величина напряжения, В	36	50	100	250	500

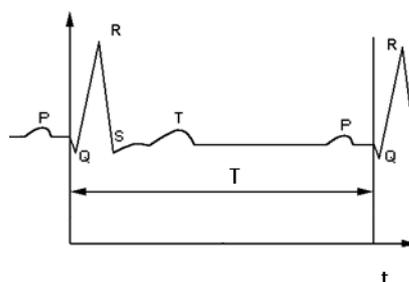


Рисунок 6 – Кардиограмма сердечной деятельности

Кроме того, сокращение длительности воздействия электрического тока уменьшает опасность поражения человека исходя из некоторых особенностей работы сердца. Продолжительность одного периода кардиоцикла составляет (0,075-0,85) с. В каждом кардиоцикле (см. рисунке 6) наблюдается период систолы, когда желудочки сердца сокращаются (пик *QRS*) и выталкивают кровь в артериальные сосуды. Фаза *T* соответствует окончанию сокращения желудочков и они переходят в расслабленное состояние. В период диастола желудочки наполняются кровью. Фаза *P* соответствует сокращению предсердий. Установлено, что сердце наиболее чувствительно к воздействию электрического тока во время фазы *T* кардиоцикла. Для того чтобы возникла фибрилляция сердца, необходимо совпадение по времени воздействия тока с фазой *T*, продолжительность которой (0,15-0,2) с. С сокращением длительности воздействия электрического тока вероятность такого совпадения становится меньше, а следовательно, уменьшается опасность фибрилляции сердца. В случае несовпадения времени прохождения тока через человека с фазой *T* токи, значительно превышающие пороговые значения, не вызовут фибрилляции сердца.

3. Род и частота тока

Постоянный и переменный токи оказывают различные воздействия на организм главным образом при напряжениях до 500 В. При таких напряжениях степень поражения постоянным током меньше, чем переменным той же величины. Считают, что напряжение 120 В постоянного тока при одинаковых условиях эквивалентно по опасности напряжению 40 В переменного тока промышленной частоты. При напряжении 500 В и выше различий в воздействии постоянного и переменного токов практически не наблюдаются.

Исследования показали, что самыми неблагоприятными для человека являются токи промышленной частоты (50 Гц). При увеличении частоты (более 50 Гц) значения неотпускающего тока возрастает. С уменьшением частоты (от 50 Гц до 0) значения неотпускающего тока тоже возрастает и при частоте, равной нулю (постоянный ток – болевой эффект), они становятся больше примерно в три раза.

Значения фибрилляционного тока при частотах (50-100) Гц равны, с повышением частоты до 200 Гц этот ток возрастает примерно в 2 раза, а при частоте 400 Гц – почти в 3,5 раза.

4. Путь замыкания тока

При прикосновении человека к токоведущим частям путь тока может быть различным. Всего существует 18 вариантов путей замыкания тока через человека. Основные из них:

- голова – ноги;
- рука – рука;
- правая рука – ноги;
- левая рука – ноги;
- нога – нога.

Степень поражения в этих случаях зависит от того, какие органы человека подвергаются воздействию тока, и от величины тока, проходящего непосредственно через сердце. Так при протекании тока по пути «рука – рука» через сердце проходит 3,3 % общего тока, по пути «левая рука – ноги» 3,7 %, «правая рука – ноги» 6,7 %, «нога – нога» - 0,4 %. Величина неотпускающего тока

по пути «рука – рука» приблизительно в два раза меньше, чем по пути «рука – ноги». В таблице 4 приведены статистические данные по путям возможного движения электрического тока в теле человека.

Таблица 4 - Характеристика путей движения электрического тока в теле человека

Путь тока	Частота возникновения данного пути тока, %	Доля потерявших сознание во время воздействия тока, %	Значение тока проходящего через область сердца, процент общего тока, проходящего через тело, %
Рука – рука	40	83	3,3
Правая рука – ноги	20	87	6,7
Левая рука – ноги	17	80	3,7
Нога – нога	6	15	0,4
Голова – ноги	5	88	6,8
Голова – руки	4	92	7,0
Прочие	8	65	–

5. Электрическое сопротивление тела человека

Величина тока проходящего через какой-либо участок тела человека, зависит от приложенного напряжения (напряжения прикосновения) и электрического сопротивления оказываемого току данным участком тела.

Между воздействующим током и напряжением существует нелинейная зависимость: с увеличением напряжения ток растет быстрее. Это объясняется главным образом нелинейностью электрического сопротивления тела человека. На участке между двумя электродами электрическое сопротивление тела человека в основном состоит из сопротивлений двух тонких наружных слоев кожи, касающихся электродов, и внутреннего сопротивления остальной части тела. Плохо проводящий ток наружный слой кожи, прилегающий к электроду, и внутренняя ткань, находящаяся под плохо проводящим слоем, как бы образуют обкладки конденсатора емкостью C и сопротивлением его изоляции V_n . С увеличением частоты тока сопротивление тела человека уменьшается и при больших частотах практически становится равным внутреннему сопротивлению.

6. Окружающая среда

Влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящая пыль и другие факторы окружающей среды оказывают дополнительное влияние на условие электробезопасности. Во влажных помещениях с высокой температурой или наружных электроустановках складываются неблагоприятные условия, при которых обеспечивается наилучший контакт с токоведущими частями. Наличие заземленных металлических конструкций и полов создает повышенную опасность поражения в следствии того, что человек практически постоянно связан с одним полюсом (землей) электроустановки. Токопроводящая пыль также улучшает условия для электрического контакта человека как с токоведущими частями, так и с землей.

7. Прочие факторы

Фактор внимания - тяжелее воздействие, когда оно неожиданно.

Характер воздействия одной и той же величины тока зависит от опасности состояния нервной системы и всего организма в целом, от возраста и состояния здоровья человека. Более подвержены воздействию электрического тока дети и пожилые люди или лица с заболеваниями нервной системы, сердца, легких. Для женщин пороговые значения тока в 1,5 раза ниже.

3. Вероятные причины поражения электрическим током

Возможны следующие причины поражения электрическим током:

1) наведенное напряжение:

Высоковольтные линии передачи переменного тока могут наводить высокое переменное напряжение в проходящих рядом низковольтных линиях электропередачи, линиях связи, любых протяженных проводниках, изолированных от земли. Может возникнуть даже на автомашине;

2) остаточное напряжение:

Линия электропередачи имеет большую электрическую емкость. Поэтому если линию отключить от напряжения, некоторое время все равно будет сохраняться разность потенциалов, и одновременное прикосновение к разным проводам приведет к электрическому удару. Однократный разряд линии с помощью заземленного проводника может оказаться недостаточным. Опасное остаточное напряжение может сохраняться в радиоаппаратуре, в составе которой есть конденсаторы с емкостью порядка миллифард;

3) статическое напряжение. Возникает в результате накопления электрического заряда на изолированном проводящем объекте;

4) шаговое напряжение. Возникает между ногами из-за того, что они находятся на разном расстоянии от упавшего на землю провода.

5) повреждение изоляции. Причины могут быть следующие:

- заводской брак;
- старение;
- климатические воздействия, загрязнение;
- механическое повреждение, например, инструментом;
- механический износ, например, на изгибе;
- преднамеренная порча;

6) случайное прикосновение к токоведущей детали - из-за незнания, спешки, действия отвлекающих факторов;

7) отсутствие заземления. В заземленной аппаратуре в случае пробоя изоляции на корпус происходит короткое замыкание, и сгорают предохранители.

8) замыкание в результате аварии. Например, сильный ветер или другая причина может вызвать повреждение воздушной линии электропередачи и падение провода на проходящий параллельно воздушный провод радио или телефона, после чего считающийся низковольтным провод оказывается под высоким напряжением;

9) несогласованность действий. Один индивидуум работает в аппаратуре, другой подает на нее напряжение.

Из бытовой техники наиболее опасны стиральные машины: они устанавливаются во влажном помещении, вблизи водопровода, и электрический кабель бросается, как правило, просто на пол. Опасны электронагреватели. Электрические приборы, имеющие металлический корпус, опаснее приборов в корпусе из пластмассы.

В домашних условиях случаются смертельные исходы из-за одновременного прикосновения к поврежденному электроприбору и к батарее водяного отопления или водопроводной трубе. (Вывод: все трубы покрывать толстым слоем краски.)

Следите за тем, чтобы розетки и другие разъемы не искрили, не грелись, не потрескивали. Если контакты потемнели, почистите их и устраните причину неплотного соединения.

Не рекомендуется ходить под высоковольтными линиями электропередачи. Создаваемое ими в воздухе электрическое напряжение вредно действует на организм. Не следует приближаться к оборванному проводу: может поразить шаговое напряжение. Если все-таки приходится пересекать опасную зону возле лежащего на земле провода, надо делать это бегом: чтобы одновременно только одна нога касалась почвы.

При входе в троллейбус не следует прикасаться рукой к его борту. Корпус троллейбуса может находиться под напряжением из-за пробоя изоляции. Лучше выпрыгивать в троллейбус, а не входить; выпрыгивать, а не выходить: чтобы не было ситуации, когда одна нога на земле, а другая - на подножке троллейбуса. Электрички и трамваи в этом отношении не опасны, потому что всегда заземлены.

Наиболее опасные (в отношении электротравм) отрасли хозяйства - сельское хозяйство и строительство. Причины - в широком использовании временной электрической проводки (брошенных на землю или кое-как подвешенных проводов, попадающих в лужи, повреждаемых транспортными средствами).

Примерно 30 % электротравм на установках с напряжением 65 Вольт и ниже происходит от того, что в результате ошибки или поломки они оказываются под напряжением 220 В или 380 В. Поверхность изолирующего материала может стать электропроводящей в результате загрязнения и/или смачивания.

Наиболее часто жертвами становятся электромонтеры, радиомонтеры, электросварщики, строительные рабочие. Много случаев электрического поражения имеет место на производственных установках, в которых используются химически активные вещества, разрушающие изоляцию, а также в запыленных производственных помещениях (пыль снижает изолирующие свойства конструкций; покрытый влажной грязью изолятор становится проводником).

Опасны влажные помещения. Пробой изоляции может произойти в скрытой проводке - в месте прохождения провода через отверстие в стене. Поражение может наступить от одновременного контакта с влажной поверхностью (стеной, полом) и деталью водопровода или водяного отопления.

Больше половины поражений на электроосветительных установках случается при замене ламп.

Поражения при совершении работ чаще имеют место в начале смены, перед обеденным перерывом и к концу смены. Объяснить это можно усталостью - ослаблением внимания, снижением сопротивляемости организма. Опасна временная прокладка кабеля по полу, по земле. Известны смертельные случаи из-за прикосновения токоведущих проводов к крышкам клеммных коробок.

Из-за отсутствия единообразия в конструкциях токоведущих устройств случаются поражения при необдуманном совершении привычных действий.

Профилактика электротравм заключается в соблюдении установленных правил и мер техники безопасности при эксплуатации, монтаже и ремонте электроустановок. В целях профилактики хронической электротравмы, могущей возникнуть вследствие длительного пребывания в электрических полях, образующихся вблизи достаточно мощных генераторов высокой и ультравысокой частоты, применяются экранирование генераторов, специальные защитные костюмы и систематическое медицинское наблюдение за работающими в этих условиях. Поскольку дети особенно тяжело переносят электротравмы, необходимо принимать меры, чтобы они не имели доступа к электропроводам и электроприборам.

4. Критерии безопасности электрического тока

Критерии электробезопасности приведены в ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

Стандарт устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

Предельно допустимые значения (ПДУ) напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 – ПДУ напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

В таблице 5 напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения при аварийном режиме производственных электроустановок с частотой тока 50 Гц, напряжением выше 1000 В, с глухим заземлением нейтрали не должны превышать значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 – ПДУ напряжений прикосновения при аварийном режиме производственных электроустановок с частотой тока 50 Гц, напряжением выше 1000 В, с глухим заземлением нейтрали

Продолжительность воздействия t , с	Предельно допустимые значения напряжения прикосновения U , в
До 0,1	500
0,2	400
0,5	200
0,7	130
1,0	100
Св. 1,0 до 5,0	65

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7 – ПДУ напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св.1,0
Переменный 50 Гц	U , В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I , мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	U , В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
	I , мА												8
Постоянный	U , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I , мА												15
Выпрямленный двухполупериодный	$U_{ампл}$, В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
	$I_{ампл}$, мА												
Выпрямленный однополупериодный	$U_{ампл}$, В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-
	$I_{ампл}$, мА												

Примечание: Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в табл.2, соответствуют отпускающим (переменным) и не болевым (постоянным) токам.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8 – ПДУ напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц

Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина	
	U , В	I , мА		U , В	I , мА
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Св. 1,0	12	2

В таблице 8 значения напряжений прикосновения и токов установлены для людей с массой тела от 15 кг.

Контроль напряжений прикосновения и токов

Для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

При измерении токов и напряжений прикосновения сопротивление тела человека в электрической цепи при частоте 50 Гц должно моделироваться резистором сопротивления:

- для таблицы 5 - 6,7 кОм;
- для таблицы 6 при времени воздействия:
 - до 0,5 с - 0,85 кОм;
 - более 0,5 с - сопротивлением, имеющим зависимость от напряжения согласно рисунка 7;
- для таблицы 7 - 1 кОм;
- для таблицы 8 при времени воздействия:
 - до 1 с - 1 кОм;
 - более 1 с - 6 кОм.

Отклонение от указанных значений допускается в пределах $\pm 10\%$.

При измерении напряжений прикосновения и токов сопротивление растеканию тока с ног человека должно моделироваться с помощью квадратной металлической пластины размером (25×25) см², которая располагается на поверхности земли (пола) в местах возможного нахождения человека. Нагрузка на металлическую пластину должна создаваться массой не менее 50 кг.

При измерении напряжений прикосновения и токов в электроустановках должны быть установлены режимы и условия, создающие наибольшие значения напряжений прикосновения и токов, воздействующих на организм человека.

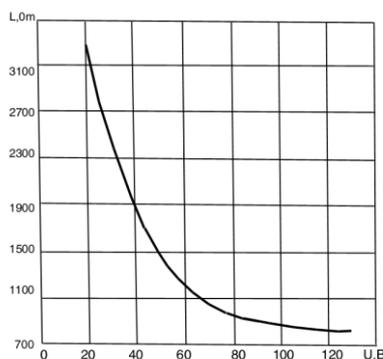


Рисунок 7 – Зависимость сопротивления тела человека от напряжения прикосновения

Классификация помещений по степени опасности поражения человека электрическим током

Состояние окружающей среды, а также окружающая обстановка могут увеличить или уменьшить опасность поражения током. Влага, пыль, агрессивные пары и газы, высокая температура разрушающе действуют на изоляцию электроустановок, резко снижая ее сопротивление и создавая опасность перехода напряжения на нетоковедущие металлические части оборудования, к которым может прикасаться человек. Воздействие тока на человека усугубляется также наличием токопроводящих полов, производственного оборудования, водопроводов, газопроводов и т.п.

Электрооборудование, а также защитные мероприятия и их объем нужно выбирать в зависимости от реальной степени опасности, определяемой условиями и характером окружающей среды, где предполагается эксплуатировать это оборудование.

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) помещения по характеру окружающей среды подразделяются на: нормальные, сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные и с химически активной или органической средой.

Нормальными называются сухие помещения, в которых отсутствуют признаки, свойственные помещениям жарким, пыльным и с химически активной или органической средой.

К сухим относятся помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%.

Влажными считаются помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются не постоянно и в небольших количествах, а относительная влажность воздуха составляет (60-75) %.

Сырыми являются помещения, относительная влажность воздуха которых длительное время превышает 75 %.

Особо сырыми называются помещения, относительная влажность в которых близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

К жарким относятся помещения, температура в которых под воздействием различных тепловых излучений превышает постоянно или периодически (более суток) +30 °С.

Пыльными считаются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д. Пыльные помещения подразделяются на помещения с токопроводящей и с не токопроводящей пылью.

В помещениях с химически активной или органической средой постоянно или в течение длительного времени выделяются агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающе действующие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По степени опасности поражения людей электрическим током все помещения подразделяются на три категории:

- без повышенной опасности;
- с повышенной опасностью;
- помещения особо опасные.

В помещениях без повышенной опасности отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. К ним относятся жилые и конторские помещения, участки ручных брошюровочно-переплетных процессов, контроля, корректорские и т.п.

Для помещений с повышенной опасностью характерно наличие одного из следующих условий: сырость или токопроводящая пыль;

- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
- высокая температура (жаркие помещения);
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.д. - с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из условий, создающих особую опасность: особой сырости; химически активной или органической среды, а также одновре-

менного наличия двух или более условий повышенной опасности (гальванические, травильные и другие подобные отделения).

Поскольку рабочее напряжение электроустановки влияет на исход случайного прикосновения к токоведущим частям, то напряжение согласно ПУЭ должно соответствовать назначению электрооборудования и характеру окружающей среды. Так, для питания электроприводов производственных машин и станков допускается напряжение 220, 380 и 660 В. Для стационарных осветительных установок - до 220 В; для ручных светильников и электрифицированного ручного инструмента, в особо опасных помещениях - до 12 В, а в помещениях с повышенной опасностью - до 36 В.

Тема 4. Статическое электричество

План:

1. Термины и определения.
2. Образование статического электричества.

1. Термины и определения

В таблице 7 приведены основные термины и определения, относящиеся к защите человека от статического электричества.

Таблица 7 – Основные термины и определения

Термин	Пояснение
Защитное заземление	Заземление точки или точек системы, или установки, или оборудования в целях электробезопасности
Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников
Заземлитель	Проводник или совокупность металлически соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей
Нейтрализатор статического электричества	Устройство, предназначенное для снижения уровня электростатических зарядов путем ионизации электризуемого материала или среды вблизи его поверхности
Индукционный нейтрализатор статического электричества	Нейтрализатор, обеспечивающий ионизацию материала или среды воздействием поля электростатических зарядов
Высоковольтный нейтрализатор статического электричества	Нейтрализатор, обеспечивающий ионизацию материала или среды воздействием высокого напряжения, подаваемого на его электроды
Лучевой нейтрализатор статического электричества	Нейтрализатор, обеспечивающий ионизацию материала или среды под воздействием излучения (радиоактивного, ультрафиолетового, лазерного, теплового и т.п.)
Радиоизотопный нейтрализатор статического электричества	Нейтрализатор, принцип действия которого основан на ионизации воздушной среды радиоактивными источниками
Аэродинамический нейтрализатор статического электричества	Нейтрализатор, в котором ионизированная среда подается к поверхности заряженного материала потоком воздуха
Увлажняющее устройство	Устройство, обеспечивающее необходимую влажность поверхности или объема заряженного материала

Термин	Пояснение
Экранирующее устройство	Устройство, обеспечивающее снижение напряженности электростатического поля и количество аэроионов в рабочей зоне до допустимых значений за счет концентрации в ограниченном объеме вне этой зоны

2. Образование статического электричества.

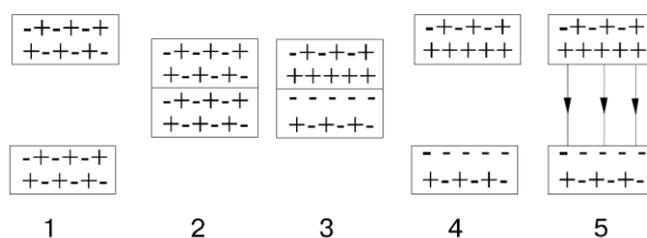
Электрические заряды в материалах могут возникать при разрыве контакта между ними, при деформации материалов, при их трении друг о друга. Кроме того, они могут возникать при получении этих материалов, их переработке и эксплуатации.

Возникновение зарядов при разрыве контакта

При соприкосновении двух тел (контакте) происходит перераспределение зарядов, и, когда тела разъединяются, это неравномерное распределение зарядов на них сохраняется (рисунок 8). Материал, который теряет электроны, становится положительно заряженным, а материал, их получающий – отрицательно заряженным.

Чаще всего эти заряды сами по себе постепенно разряжаются, и их присутствие остается незаметным. Но при определенных условиях заряд остается в предметах и даже может накапливаться. Тогда в них образуется статическое электричество, интенсивность которого зависит, в первую очередь, от сочетания предметов, находившихся в контакте, электропроводности материалов, размера и количества точек соприкосновения, а также от скорости разъединения предметов.

Процесс возникновения и дальнейшего накопления электрических зарядов в материале называется электризацией этого материала.



1 – предметы, не имеющие заряда; 2 – соприкосновение;
3 – перераспределение зарядов; 4 – разъединение; 5 – электрическое поле, образуемое статическим электричеством

Рисунок 8 - Образование статического электричества при разрыве контакта

Возникновение зарядов при трении

Образование электрических зарядов в материалах происходит также при их трении друг о друга. При этом вследствие неровностей поверхностей контактирующих материалов на отдельных участках при перемещении этих материалов имеет место последовательный многократный контакт и разрыв контакта, сопровождающийся электризацией материалов. Это явление называется трибоэлектрическим эффектом.

Для оценки того, как будут заряжаться материалы при их трении друг о друга их обычно располагают в трибоэлектрический ряд. В этом ряду материалы, стоящие ближе к минусу, будут приобретать отрицательный заряд по отношению к материалу, стоящему ближе к плюсу.

Согласно правилу Кена отрицательно заряжаются материалы с большей диэлектрической проницаемостью. Заметим, что, как правило Кена, так и порядок заряжения согласно трибоэлектрическому ряду соблюдается далеко не всегда. Примером этого служит так называемое “Трибоэлектрическое кольцо” (рисунок 9). При трении шёлка о стекло последнее заряжается отрицатель-

но. В свою очередь, при трении стекла и металлического цинка тот приобретает отрицательный заряд. Наконец, в паре трения цинк – шёлк отрицательно заряжается шёлк. Но стекло выше шёлка, а шёлк выше цинка в трибоэлектрическом ряду.

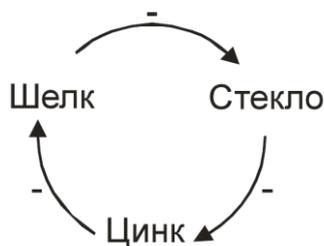


Рисунок 9 - Трибоэлектрическое кольцо «Шёлк – стекло - цинк»

Возникновение зарядов при деформации материала

Было установлено, что при деформации диэлектрических материалов происходит возникновение электрических зарядов. Это явление также связано с перераспределением зарядов в диэлектрике при воздействии механической нагрузки и его называют электроэластическим эффектом. Этот эффект имеет большое практическое значение при переработке каучуков и вытяжке волокон.

Концентрация зарядов в материале зависит от конфигурации конкретного предмета. Чем острее углы, тем выше концентрация зарядов в них.

Заряд часто сохраняется в материалах, обладающих низкой электропроводимостью (пластмассе, резине, нефти, бензине, текстиле и т. п.), но также и в электропроводящих материалах, если они изолированы от земли. Человек может получить заряд, если подошвы его обуви являются изоляторами, или, если он идет по полу, покрытому изоляционным материалом.

Статические заряды могут также образовываться в облаках пыли, тумана и пара, если имеющиеся в них ионы с разными зарядами разъединяются и теряют электрическое равновесие. Если это происходит в природных условиях в больших масштабах, то возникает гроза. При этом электрическое напряжение между облаками или между облаками и землей достигает таких показателей, что разряд происходит в виде молнии.

Накопление зарядов в материалах

Способность жидкого или твердого тела накапливать опасные электростатические заряды зависит от их удельного или поверхностного сопротивления. Удельное объемное сопротивление обычно выражается в $Ом \cdot см$, а поверхностное сопротивление в $Ом \cdot см^{-2}$. Непроводящие и плохо проводящие материалы склонны к накоплению электростатического заряда, в то время как на проводящих материалах заряды, как правило, не образуются. Необходимо заметить, что на объекте из проводящего материала может образоваться электростатический заряд, но он не будет сосредоточенным на определенном участке, а будет распределяться по всей длине объекта.

К материалам, которые обладают способностью к накоплению статического электричества, относятся следующие:

- жидкости, удельное сопротивление которых выше $10^{10} Ом \cdot см$;
- твердые тела, сопротивление которых выше $10^6 Ом$ ($1 МОм$);
- частицы твердых тел и жидкости независимо от их удельного сопротивления.

Граница между диэлектриками и проводниками не может быть точно определена, поскольку зависит от конкретных условий и конкретной опасности, связанной с образованием статических зарядов.

К материалам, на которых не образуются статические заряды, то есть к материалам, которые являются проводящими по отношению к статическому электричеству, можно отнести следующие:

- твердые тела и жидкости, удельное сопротивление которых меньше $10^{10} Ом \cdot см$;
- проводящие материалы, соединенные с землей.

Все материалы в зависимости от отношения к статическому электричеству подразделяются на (см. таблицу 8):

- проводящие;
- диссипативные;
- материалы электростатического экранирования;
- изоляционные;
- не электризующиеся материалы.

Таблица 8 - Параметры материалов в зависимости от отношения к статическому электричеству

Тип материала	Поверхностное удельное сопротивление, $\text{Ом}/\text{см}^2$	Объемное удельное сопротивление, $\text{Ом}/\text{см}^2$
Проводящий	$< 10^5$	$< 10^4$
Диссипативный	$> 10^5, < 10^{12}$	$> 10^4, < 10^{11}$
Электростатическое экранирование	$< 10^4$	$< 10^3$
Изоляционный	$< 10^{12}$	$< 10^{11}$
Не электризующийся	Не определено	Не определено

Проводящие материалы определяют как имеющие поверхностное сопротивление менее $10^5 \text{ Ом}/\text{см}^2$, или объёмное удельное сопротивление менее $10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. В этих материалах из-за низкого сопротивления электроны легко перемещаются по поверхности и в толще материала. Заряды достигают границ материала и других проводящих материалов, если с ними имеется контакт.

Для диссипативных материалов поверхностное сопротивление лежит в диапазоне значений от 10^5 до $10^{12} \text{ Ом}/\text{см}^2$; а объёмное удельное сопротивление от 10^4 до $10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. В этих материалах подвижность меньше, чем в проводящих.

Материалы для электростатического экранирования имеют поверхностное сопротивление менее $10^4 \text{ Ом}/\text{см}^2$, а удельное сопротивление менее $10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Эти материалы пригодны для создания электростатических экранов типа «клетки Фарадея».

Изоляционные материалы имеют поверхностное сопротивление не менее $10^{12} \text{ Ом}/\text{см}^2$, а удельное сопротивление $10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Высокое сопротивление препятствует движению электронов, и заряды остаются неподвижными в течение длительного времени.

Неэлектризующиеся материалы характеризуются весьма слабой способностью в отношении трибоэффекта. Параметры сопротивления для этой группы материалов жестко не лимитированы.

Последние документы по стандартизации свойств и параметров материалов в электронной промышленности, касающиеся статического электричества используют новый термин для определения не электризующихся материалов: «слабо заряжаемые». Термин предложен МЭК ТК 101 по электростатике и считается, что он более точно отражает физические явления, происходящие при взаимодействии поверхностей двух тел. Термин «не электризующийся» часто используют в универсальном смысле для характеристики различных материалов.

Тема 5. Явления при стекании тока в землю

План:

1. Стеkanie тока в землю через одиночный заземлитель.
2. Стеkanie тока в землю через групповой заземлитель.
3. Напряжение прикосновения.
4. Напряжение шага.
5. Электрическое сопротивление земли.

Материал темы изложен в:

1. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть II. Заземление электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47395>. (С. 5-28).

2. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47396>. (С. 7-24).

Тема 6. Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях

План:

1. Однофазные сети.
2. Трехфазные сети.
3. Выбор схемы и режима нейтрали электрической сети.

Материал темы изложен в:

Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть II. Заземление электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47395>. С. 29-43.

Тема 7. Защитное заземление

План:

1. Назначение, принцип действия и выполнение заземляющих устройств.
2. Расчет защитного заземления.
3. Эксплуатация заземляющих устройств.

Материал темы изложен в:

Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть II. Заземление электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47395>. С. 29-53.

Тема 8. Зануление

План:

1. Назначение и принцип действия зануления;
2. Назначение отдельных элементов схемы зануления;
3. Расчет зануления;
4. Контроль исправности зануления.

Материал темы изложен в:

Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47396>. С. 36-42.

Тема 9. Защитное отключение

План:

1. Назначение защитного отключения;
2. Основные элементы устройств защитного отключения;
3. Основные требования к устройствам защитного отключения;

4. Область применения устройств защитного отключения;
5. Типы устройств защитного отключения.

Материал темы изложен в:

Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47396>. С. 36-42.

Тема 10. Электротехнические защитные средства и предохранительные приспособления

План:

1. Классификация электротехнических защитных средств и предохранительных приспособлений.
2. Порядок и общие правила пользования средствами защиты
3. Порядок хранения средств защиты.
4. Учет средств защиты и контроль за их состоянием.
5. Общие правила испытаний средств защиты.

1. Классификация электротехнических защитных средств и предохранительных приспособлений

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрозащитные средства);
- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);
- диэлектрические перчатки, галоши, боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты и ширмы);
- изолирующие накладки и колпаки;
- ручной изолирующий инструмент;
- переносные заземления;
- плакаты и знаки безопасности;
- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;
- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В;
- лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;

- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т.п.);
- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).

К дополнительным изолирующим электрозачитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- диэлектрические перчатки и боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки и накладки;
- штанги для переноса и выравнивания потенциала;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К основным изолирующим электрозачитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- ручной изолирующий инструмент.

К дополнительным изолирующим электрозачитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К средствам защиты от электрических полей повышенной напряженности относятся комплекты индивидуальные экранирующие для работ на потенциале провода воздушной линии электропередачи (ВЛ) и на потенциале земли в открытом распределительном устройстве (ОРУ) и на ВЛ, а также съемные и переносные экранирующие устройства и плакаты безопасности.

Кроме перечисленных средств защиты, в электроустановках применяются следующие средства индивидуальной защиты:

- средства защиты головы (каска защитные);
- средства защиты глаз и лица (очки и щитки защитные);
- средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы);
- средства защиты рук (рукавицы);
- средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные и канаты – страховочные);
- одежда специальная защитная (комплекты для защиты от электрической дуги).

Выбор необходимых электрозачитных средств, средств защиты от электрических полей повышенной напряженности и средств индивидуальной защиты регламентируется инструкцией по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках, Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок, санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты, руководящими указаниями по защите персонала от воздействия электрического поля и другими соответствующими нормативно-техническими документами с учетом местных условий.

При выборе конкретных видов СИЗ следует пользоваться соответствующими каталогами и рекомендациями по их применению.

При использовании основных изолирующих электрозачитных средств достаточно применение одного дополнительного, за исключением особо оговоренных случаев.

При необходимости защитить работающего от напряжения шага диэлектрические боты или галоши могут использоваться без основных средств защиты.

2. Порядок и общие правила пользования средствами защиты

Персонал, проводящий работы в электроустановках, должен быть обеспечен всеми необходимыми средствами защиты, обучен правилам применения и обязан пользоваться ими для обеспечения безопасности работ.

Средства защиты должны находиться в качестве инвентарных в помещениях электроустановок или входить в инвентарное имущество выездных бригад. Средства защиты могут также выдаваться для индивидуального пользования.

При работах следует использовать только средства защиты, имеющие маркировку с указанием завода-изготовителя, наименования или типа изделия и года выпуска, а также штамп об испытании.

Инвентарные средства защиты распределяются между объектами (электроустановками) и между выездными бригадами в соответствии с системой организации эксплуатации, местными условиями и нормами комплектования.

Такое распределение с указанием мест хранения средств защиты должно быть зафиксировано в перечнях, утвержденных техническим руководителем организации или работником, ответственным за электрохозяйство.

При обнаружении непригодности средств защиты они подлежат изъятию. Об изъятии непригодных средств защиты должна быть сделана запись в журнале учета и содержания средств защиты или в оперативной документации.

Работники, получившие средства защиты в индивидуальное пользование, отвечают за их правильную эксплуатацию и своевременный контроль за их состоянием.

Изолирующими электротехническими средствами следует пользоваться только по их прямому назначению в электроустановках напряжением не выше того, на которое они рассчитаны (наибольшее допустимое рабочее напряжение), в соответствии с руководствами по эксплуатации, инструкциями, паспортами и т.п. на конкретные средства защиты.

Изолирующие электротехнические средства рассчитаны на применение в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках - только в сухую погоду. В изморось и при садках пользоваться ими не допускается.

На открытом воздухе в сырую погоду могут применяться только средства защиты специальной конструкции, предназначенные для работы в таких условиях. Такие средства защиты изготавливаются, испытываются и используются в соответствии с техническими условиями и инструкциями.

Перед каждым применением средства защиты персонал обязан проверить его исправность, отсутствие внешних повреждений и загрязнений, а также проверить по штампу срок годности.

Не допускается пользоваться средствами защиты с истекшим сроком годности.

При использовании электротехнических средств не допускается прикасаться к их рабочей части, а также к изолирующей части за ограничительным кольцом или упором.

3. Порядок хранения средств защиты

Средства защиты необходимо хранить и перевозить в условиях, обеспечивающих их исправность и пригодность к применению, они должны быть защищены от механических повреждений, загрязнения и увлажнения.

Средства защиты необходимо хранить в закрытых помещениях.

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в эксплуатации, следует хранить в шкафах, на стеллажах, полках, отдельно от инструмента и других средств защиты. Они должны быть защищены от воздействия кислот, щелочей, масел, бензина и

других разрушающих веществ, а также от прямого воздействия солнечных лучей и теплоизлучения нагревательных приборов (не ближе 1 м от них).

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в эксплуатации, нельзя хранить в навал в мешках, ящиках и т. п.

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в складском запасе, необходимо хранить в сухом помещении при температуре (0-30) °С.

Изолирующие штанги, клещи и указатели напряжения выше 1000 В следует хранить в условиях, исключающих их прогиб и соприкосновение со стенами,

Средства защиты органов дыхания необходимо хранить в сухих помещениях в специальных сумках.

Средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для работ под напряжением следует содержать в сухом, проветриваемом помещении.

Экранирующие средства защиты должны храниться отдельно от электрозащитных.

Индивидуальные экранирующие комплекты хранят в специальных шкафах: спецодежду - на вешалках, а спецобувь, средства защиты головы, лица и рук - на полках. При хранении они должны быть защищены от воздействия влаги и агрессивных сред.

Средства защиты, находящиеся в пользовании выездных бригад или в индивидуальном пользовании персонала, необходимо хранить в ящиках, сумках или чехлах отдельно от прочего инструмента.

Средства защиты размещают в специально оборудованных местах, как правило, у входа в помещение, а также на щитах управления. В местах хранения должны иметься перечни средств защиты. Места хранения должны быть оборудованы крючками или кронштейнами для штанг, клещей изолирующих, переносных заземлений, плакатов безопасности, а так же шкафами, стеллажами и т.п. для прочих средств защиты.

4. Учет средств защиты и контроль за их состоянием

Все находящиеся в эксплуатации электрозащитные средства и средства индивидуальной защиты должны быть пронумерованы, за исключением касок защитных, диэлектрических ковров, изолирующих подставок, плакатов безопасности, защитных ограждений, штанг для переноса и выравнивания потенциала. Допускается использование заводских номеров.

Нумерация устанавливается отдельно для каждого вида средств защиты с учетом принятой системы организации эксплуатации и местных условий.

Инвентарный номер наносят, как правило, непосредственно на средство защиты краской или выбивают на металлических деталях. Возможно также нанесение номера на прикрепленную к средству защиты специальную бирку.

Если средство защиты состоит из нескольких частей, общий для него номер необходимо ставить на каждой части.

В подразделениях предприятий и организаций необходимо вести журналы учета и содержания средств защиты.

Средства защиты, выданные в индивидуальное пользование, также должны быть зарегистрированы в журнале.

Наличие и состояние средств защиты проверяется периодическим осмотром, который проводится не реже 1 раза в 6 мес. (для переносных заземлений - не реже 1 раза в 3 мес.) работником, ответственным за их состояние, с записью результатов осмотра в журнале.

Электрозащитные средства, кроме изолирующих подставок, диэлектрических ковров, переносных заземлений, защитных ограждений, плакатов и знаков безопасности, а также предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты, полученные для эксплуатации от заводов-изготовителей или со складов, должны быть проверены по нормам эксплуатационных испытаний.

На выдержавшие испытания средства защиты, применение которых зависит от напряжения электроустановки, ставится штамп следующей формы:

№ _____

Годно до _____ к В

Дата следующего испытания " _____ " _____ 20 _____ г.

(наименование лаборатории)

На средства защиты, применение которых не зависит от напряжения электроустановки (диэлектрические перчатки, галоши, боты и т.п.), ставится штамп следующей формы:

№ _____

Дата следующего испытания " _____ " _____ 20 _____ г.

(наименование лаборатории)

Штамп должен быть отчетливо виден. Он должен наноситься несмываемой краской или наклеиваться на изолирующей части около ограничительного кольца изолирующих электрозащитных средств и устройств для работы под напряжением или у края резиновых изделий и предохранительных приспособлений. Если средство защиты состоит из нескольких частей, штамп ставят только на одной части. Способ нанесения штампа и его размеры не должны ухудшать изоляционных характеристик средств защиты.

При испытаниях диэлектрических перчаток, бот и галош должна быть произведена маркировка по их защитным свойствам ЭВ и ЭН, если заводская маркировка утрачена.

На средствах защиты, не выдержавших испытания, штамп должен быть перечеркнут красной краской.

Изолированный инструмент, указатели напряжения до 1000 В, а также предохранительные пояса и страховочные канаты разрешается маркировать доступными средствами.

Результаты эксплуатационных испытаний средств защиты регистрируются в специальных журналах. На средства защиты, принадлежащие сторонним организациям, кроме того, должны оформляться протоколы испытаний.

5. Общие правила испытаний средств защиты

Приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания проводятся на предприятии-изготовителе по нормам, и методикам, изложенным в соответствующих стандартах или технических условиях.

В эксплуатации средства защиты подвергают эксплуатационным очередным и внеочередным испытаниям (после падения, ремонта, замены каких-либо деталей, при наличии признаков неисправности). Испытания проводятся по утвержденным методикам (инструкциям).

Механические испытания проводят перед электрическими.

Все испытания средств защиты должны проводиться специально обученными и аттестованными работниками.

Каждое средство защиты перед испытанием должно быть тщательно осмотрено с целью проверки наличия маркировки изготовителя, номера, комплектности, отсутствия механических повреждений, состояния изоляционных поверхностей (для изолирующих средств защиты). При несоответствии средства защиты требованиям настоящей Инструкции испытания не проводят до устранения выявленных недостатков.

Электрические испытания следует проводить переменным током промышленной частоты, как правило, при температуре плюс $(25 \pm 15)^\circ \text{C}$.

Электрические испытания изолирующих штанг, указателей напряжения, указателей напряжения для проверки совпадения фаз, изолирующих и электроизмерительных клещей следует начинать с проверки электрической прочности изоляции.

Скорость подъема напряжения до 1/3 испытательного может быть произвольной (напряжение, равное указанному, может быть приложено толчком), дальнейшее повышение напряжения должно быть плавным и быстрым, но позволяющим при напряжении более 3/4 испытательного считывать показания измерительного прибора. После достижения нормированного значения и выдержки при этом значении в течение нормированного времени напряжение должно быть плавно и быстро снижено до нуля или до значения не выше 1/3 испытательного напряжения, после чего напряжение отключается.

Испытательное напряжение прикладывается к изолирующей части средства защиты. При отсутствии соответствующего источника напряжения для испытания целиком изолирующих штанг, изолирующих частей указателей напряжения и указателей напряжения для проверки совпадения фаз и т.п. допускается испытание их по частям. При этом изолирующая часть делится на участки, к которым прикладывается часть нормированного полного испытательного напряжения, пропорциональная длине участка и увеличенная на 20%.

Основные изолирующие электротехнические средства, предназначенные для электроустановок напряжением выше 1 до 35 кВ включительно, испытываются напряжением, равным 3-кратному линейному, но не ниже 40 кВ, а предназначенные для электроустановок напряжением 110 кВ и выше равным 3-кратному фазному.

Дополнительные изолирующие электротехнические средства испытываются напряжением по нормам. Длительность приложения полного испытательного напряжения, как правило, составляет 1 мин. для изолирующих средств защиты до 1000 В и для изоляции из эластичных материалов и фарфора и 5 мин. - для изоляции из слоистых диэлектриков.

Токи, протекающие через изоляцию изделий, нормируются для электротехнических средств из резины и эластичных полимерных материалов и изолирующих устройств для работ под напряжением. Нормируются также рабочие токи, протекающие через указатели напряжения до 1000В.

Пробой, перекрытие и разряды по поверхности определяются по отключению испытательной установки в процессе испытаний, по показаниям измерительных приборов и визуально.

Электротехнические средства из твердых материалов сразу после испытания следует проверить ощупыванием на отсутствие местных нагревов из-за диэлектрических потерь.

При возникновении пробоя, перекрытия или разрядов по поверхности, увеличении тока через изделие выше нормированного значения, наличии местных нагревов средство защиты бракуется.

Тема 11. Защита от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ) в установках сверхвысокого напряжения

План:

1. Термины и определения.
2. Биологическое действие ЭМП ПЧ на человека.
3. Предельно допустимые уровни ЭМП ПЧ для персонала.
4. Предельно допустимые уровни ЭМП ПЧ для населения.
5. Защита человека от ЭМП ПЧ.

1. Термины и определения

В таблице 9 приведены основные термины, относящиеся к рассматриваемой теме.

Таблица 9 – Термины и определения

№	Термин	Определение
1	Рабочее место	Место постоянного или временного пребывания работающего в процессе трудовой деятельности (ГОСТ 12.1.005-88). "Все места, где работник должен находиться или куда ему необходимо следовать в связи

№	Термин	Определение
		с его работой и которые прямо или косвенно находятся под контролем работодателя" (ГОСТ 12.1.002-84). Одно рабочее место может включать в себя несколько контролируемых зон
2	Контролируемая зона	Места возможного нахождения персонала при выполнении им работ, связанных с эксплуатацией и ремонтом электроустановок (ГОСТ 12.1.002-84)
3	Персонал (работающие)	Лица, профессионально связанные с обслуживанием или работой в условиях воздействия ЭМП
4	Предельно Допустимые уровни (ПДУ)	Уровни ЭМП, воздействие которых при работе установленной продолжительности в течение трудового дня не вызывает у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения
5	Магнитное поле (МП)	Одна из форм электромагнитного поля, создается движущимися электрическими зарядами и спиновыми магнитными моментами атомных носителей магнетизма (электронов, протонов и др.)
6	Электрическое поле (ЭП)	Частная форма проявления электромагнитного поля; создается электрическими зарядами или переменным магнитным полем и характеризуется напряженностью
7	Электромагнитное поле промышленной частоты (ЭМП ПЧ)	50 Гц. Источники ЭМП ПЧ: электроустановки переменного тока (линии электропередачи, распределительные устройства, их составные части), электросварочное оборудование, физиотерапевтические аппараты, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного и медицинского назначения
8	Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенная для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее другой вид энергии
9	Электромагнитное поле	Вид материи, определяемый во всех точках двумя векторными величинами, которые характеризуют две его стороны, называемые "электрическое поле" и "магнитное поле", оказывающий силовое воздействие на электрически заряженные частицы, зависящее от их скорости и электрического заряда.

2. Биологическое действие ЭМП ПЧ на человека

Первые исследования влияния на человека ЭМП ПЧ были проведены советскими авторами в середине 1960-х гг. При изучении состояния здоровья лиц, подвергшихся производственным воздействиям ЭМП ПЧ при обслуживании подстанций и воздушных линий электропередачи напряжением 220, 330, 400 и 500 кВ (оценивались интенсивностно-временные параметры воздействия только электрического поля – ЭП ПЧ), впервые были отмечены изменения состояния здоровья, выражающиеся в форме жалоб и сдвигов некоторых физиологических функций. У персонала, обслуживающего подстанции напряжением 500 кВ, отмечались жалобы неврологического характера (головная боль, повышенная раздражительность, утомляемость, вялость, сонливость), а также жалобы на нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта. Указанные жалобы сопровождалось некоторыми функциональными изменениями нервной и сердечно-сосудистой систем в форме вегетативной дисфункции. На электрокардиограмме (ЭКГ) у отдельных лиц обнаруживались нарушение ритма и частоты сердечных сокращений, снижение вольтажа комплекса QRS, уплощение зубца Т. Неврологические нарушения проявлялись в повышении сухожильных рефлексов, треморе век и пальцев рук, снижении корнеальных рефлексов и асимметрии кожной температуры. Отмечалось увеличение времени сенсомоторных реакций, повышение порогов обонятельной чувствительности, снижения памяти, внимания. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) наблюдались снижение амплитуды альфа-волн, изменение амплитуды вызванных потенциалов на световую стимуляцию. По данным ряда авторов, отмечались не резко выраженные изменения состава периферической крови. Однако в более поздних исследованиях, проведенных

зарубежными авторами в США, Канаде, Франции и ряде других стран, эти данные не получили подтверждения, хотя отдельные исследователи отмечают наличие жалоб астеновегетативного характера и изменений таких показателей, как АД, ЭКГ и ЭЭГ, содержание холестерина в крови, а также сдвиг соотношений полов в потомстве, тенденцию к увеличению хромосомных aberrаций в соматических клетках (лимфоцитах крови). В литературе последних 15 лет большое внимание уделяется новому аспекту проблемы – возможному канцерогенному, преимущественно лейкогенному влиянию производственных и внепроизводственных воздействий ЭМП ПЧ. При этом основная роль в большинстве исследований отводится крайне низко интенсивному магнитному полю, либо сочетанию его с электрическим полем. При эпидемиологических исследованиях производственных контингентов приблизительно в 50% работ получены данные об увеличении (чаще статистически недостоверном) относительно риска развития лейкемий и опухолей мозга у персонала, обслуживающего электроустановки, генерирующие ЭМП ПЧ. В эпидемиологических исследованиях по оценке риска развития лейкемий у населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередач и других электроустановок, создающих повышенные по сравнению с естественными уровни МП ПЧ, лишь в (20-30) % работ отмечается повышение риска развития лейкемий у детей. В связи с этим вопрос о возможном неблагоприятном влиянии ЭМП ПЧ на человека остается не достаточно изученным.

Зависимость биоэффектов от плотности наведенных ЭП и МП ПЧ положена в основу разработанных по заданию ВОЗ Международных временных рекомендаций по ПДУ ЭП и МП ПЧ 50/60Гц (ICNIRP 1990). Эта зависимость представлена в таблице 10.

Таблица 10 - Зависимость биоэффектов от плотности наведенных ЭП и МП ПЧ

Плотность тока, мА/м ²	Эффекты воздействия
1-10	Минимальные эффекты, не представляющие опасности для человека
10-100	Выраженные эффекты – зрительные и со стороны нервной системы
100-1000	Стимуляция возбудимых структур, возможно неблагоприятное влияние на здоровье
>1000	Возможны экстрасистолия, фибрилляция желудочков сердца (острое поражение)

3. Нормирование ЭМП ПЧ для персонала

Нормы ЭМП ПЧ для персонала приведены в СанПиН 2.2.4.3359-16.

Электрические поля промышленной частоты (50 Гц) (ЭП ПЧ):

а) оценка и нормирование ЭП ПЧ осуществляется по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м в зависимости от времени его воздействия на работающего за смену;

б) предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности ЭП ПЧ на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП ПЧ Т (ч) рассчитывается по формуле:

$$T = (50 / E) - 2,$$

где Е - напряженность ЭП ПЧ в контролируемой зоне, кВ/м;

Т - допустимое время пребывания в ЭП ПЧ при соответствующем уровне напряженности, ч;

в) при напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП ПЧ составляет 10 мин;

г) при напряженности ЭП ПЧ, превышающей ПДУ, требуется применение средств защиты; при напряженности ЭП, превышающей 25 кВ/м, работа без средств индивидуальной защиты запрещается;

д) допустимое время пребывания в ЭП ПЧ может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП ПЧ или применять средства защиты.

Допустимое время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ПЧ (Т_{пр}) вычисляют по формуле:

$$T_{\text{пр}} = \left(\sum_{i=1}^n t_{\text{Ei}} / T_{\text{Ei}} \right) \leq 1,$$

где $T_{\text{пр}}$ - приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП ПЧ нижней границы нормируемой напряженности;

$t_{\text{E1}}, t_{\text{E2}} \dots t_{\text{En}}$ - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью $E_1, E_2 \dots E_n$, ч;

$T_{\text{E1}}, T_{\text{E2}} \dots T_{\text{En}}$ - допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

Приведенное время не должно превышать 8 ч;

е) количество контролируемых зон определяется перепадом уровней напряженности ЭП ПЧ на рабочем месте. Различие в уровнях напряженности ЭП ПЧ контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

ж) требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условии защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин и механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зоне влияния ЭП ПЧ.

Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) (МП ПЧ):

а) оценка и нормирование синусоидального (периодического) МП ПЧ осуществляется по напряженности (Н) в А/м или индукции (В) в мкТл для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия в зависимости от времени пребывания работающего в переменном магнитном поле за смену. ПДУ воздействия МП ПЧ приведены в таблице 10.

Таблица 10 - ПДУ синусоидального (периодического) МП ПЧ

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1 600 / 2 000	6 400 / 8 000
2	800 / 1 000	3 200 / 4 000
4	400 / 500	1 600 / 2 000
8	80 / 100	800 / 1 000

б) ПДУ МП синусоидального (периодического) частотой 50 Гц внутри временных интервалов определяется в соответствии с кривой интерполяции, представленной на рисунке 10.

в) при необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) синусоидального (периодического) МП ПЧ общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Допустимое время пребывания может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня;

г) для условий воздействия импульсных МП ПЧ ПДУ амплитудного значения напряженности поля ($H_{\text{пду}}$) дифференцированы в зависимости от общей продолжительности воздействия за рабочую смену (Т) и характеристики импульсных режимов генерации. ПДУ импульсных МП ПЧ приведены в таблице 11.

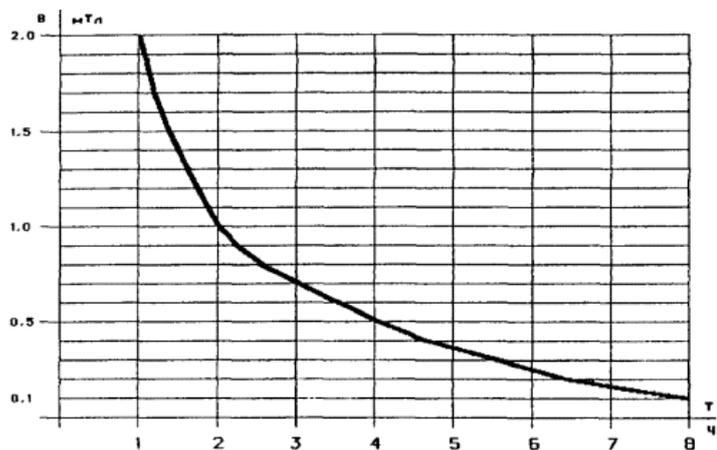


Рисунок 10 - Кривая интерполяции ПДУ МП ПЧ в зависимости от времени

Таблица 11 - ПДУ воздействия импульсных МП ПЧ в зависимости от режима генерации ($\tau_{И}$ - длительность импульса, с; $t_{П}$ - длительность паузы между импульсами, с)

Т, ч	H _{пду} [А/м]		
	Режим I $\tau_{И} \geq 0,02 \text{ с}; t_{П} \leq 2 \text{ с}$	Режим II $60 \text{ с} \geq \tau_{И} \geq 1 \text{ с}; t_{П} > 2 \text{ с}$	Режим III $0,02 \text{ с} \geq \tau_{И} \geq 1 \text{ с}; t_{П} > 2 \text{ с}$
$\leq 1,0$	6 000	8 000	10 000
$\leq 1,5$	5 000	7 500	9 500
$\leq 2,0$	4 900	6 900	8 900
$\leq 2,5$	4 500	6 500	8 500
$\leq 3,0$	4 000	6 000	8 000
$\leq 3,5$	3 600	5 600	7 600
$\leq 4,0$	3 200	5 200	7 200
$\leq 4,5$	2 900	4 900	6 900
$\leq 5,0$	2 500	4 500	6 500
$\leq 5,5$	2 300	4 300	6 300
$\leq 6,0$	2 000	4 000	6 000
$\leq 6,5$	1 800	3 800	5 800
$\leq 7,0$	1 600	3 600	5 600
$\leq 7,5$	1 500	3 500	5 500
$\leq 8,0$	1 400	3 400	5 400

4. Предельно допустимые уровни ЭМП ПЧ для населения

Электрические поля промышленной частоты (50 Гц) (ЭП ПЧ)

Предельно допустимые уровни ЭМП ПЧ для населения утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 23.02.1984 N 2971-84 и приведены в «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты».

В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий - 0,5 кВ/м;
- на территории зоны жилой застройки - 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны; курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов, в пределах черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов - 5 кВ/м;
- на участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами I - IV категории - 10 кВ/м;
- в населенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) - 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения, - 20 кВ/м.

При напряженности электрического поля выше 1 кВ/м должны быть приняты меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания.

Предельно допустимые значения напряженности нормируются для электрического поля, не искаженного присутствием человека. Напряженность электрического поля определяется на высоте 1,8 м от уровня земли, а для помещений - от уровня пола.

Контроль за соблюдением предельно допустимых уровней напряженности электрического поля следует производить:

- при приемке в эксплуатацию новых зданий, сооружений и зон организованного пребывания людей вблизи ВЛ;
- после проведения мероприятий по снижению уровней электрического поля ВЛ.

Магнитное поле промышленной частоты (50 Гц) (ЭП ПЧ)

Нормируемым параметром МП частотой 50 Гц интенсивность магнитного поля. Интенсивность оценивается в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В) в мкТл, которые связаны между собой следующим соотношением:

$$H = B/\mu_0,$$

где $\mu_0 (=) 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная.

При этом 1 А/м \sim 1,25 мкТл, 1 мкТл \sim 0,8 А/м.

Нормирование МП частотой 50 Гц осуществляется дифференцированно в зависимости от места пребывания населения и категории лиц (нормативные значения представлены в таблице 12).

Таблица 12 - Гигиенические нормативы (предельно допустимые уровни) магнитных полей частотой 50 Гц

№ п/п	Тип воздействия, территория	Интенсивность МП частотой 50 Гц (действующие значения), мкТл (А/м)
1	В жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях	5(4)

№ п/п	Тип воздействия, территория	Интенсивность МП частотой 50 Гц (действующие значения), мкТл (А/м)
2	В нежилых помещениях жилых зданий, общественных и административных зданиях, на селитебной территории, в том числе на территории садовых участков	10(8)
3	В населенной местности вне зоны жилой застройки, в том числе в зоне воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ; при пребывании в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок	20(16)
4	В ненаселенной и труднодоступной местности с эпизодическим пребыванием людей	100(80)

5. Защита человека от ЭМП ПЧ

Защита персонала

Защита от воздействия ЭМП ПЧ осуществляется путем проведения инженерно-технических, организационных и лечебно-профилактических мероприятий.

Инженерно-технические мероприятия включают:

1) коллективные средства защиты:

1.1) рациональное размещение оборудования;

1.2) использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование, использование минимальной мощности генератора);

1.3) обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМИ РЧ;

2) средства индивидуальной защиты;

2) организационные мероприятия включают:

2.1) выбор рациональных режимов работы оборудования;

2.2) ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ РЧ и т.п.;

3) лечебно-профилактические мероприятия осуществляются в целях предупреждения, ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работника, связанных с воздействием ЭМИ РЧ, и включают предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле и применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения до допустимых значений.

Защита расстоянием применяется в том случае, если невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. В этом случае прибегают к увеличению расстояния между излучателем и обслуживающим персоналом.

Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электрического поля токов промышленной частоты являются экранирующие устройства. Они изготавливаются:

- стационарными;

- переносными.

Стационарное экранирующее устройство - составная часть электрической установки, предназначенная для защиты персонала в открытых распределительных устройствах (ОРУ) и воздушных линиях электропередач (ВЛ). Экранирующее устройство необходимо при осмотре оборудования и при оперативном переключении наблюдения за производством работ.

Конструктивно экранирующие устройства оформляются в виде:- козырьков; - навесов; - перегородок. Стационарные экраны изготавливаются из металлических канатов, прутков, сеток. При выборе диаметров канатов и прутков учитывается требование отсутствия в процессе работы экрана видимой короны; при этом, как правило, диаметр канатов и прутков не должен быть меньше 6 мм. Расстояние между канатами и прутками составляет 500 мм, а для экранирующих устройств системы сборных шин - (350-500) мм.

Переносные экраны также используются при работах по обслуживанию электроустановок в виде съёмных:

- козырьков;
- навесов;
- перегородок;
- палаток;
- щитов.

В переносных и съёмочных экранах используется сетка, имеющая ячейку не более 50x50 мм. Экранирующие устройства имеют антикоррозийное покрытие и заземлены. В зависимости от назначения экранирующие устройства имеют различную степень снижения электрического поля на рабочем месте. Типы этих устройств приведены в таблице 13.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами применяют индивидуальные экранирующие комплекты. Они предназначены для защиты от воздействия электрического поля, напряженность которого не превышает 60 кВ/м, создаваемого электроустановками напряжением 400, 500 и 750 В и частотой 50 Гц. Индивидуальные экранирующие комплекты разрешено использовать в тех случаях, когда отсутствует возможность прикосновения к токоведущим частям и температура воздуха не превышает 42 °С. Их запрещено использовать при работе на панелях, с электрическими приводами, в цепях напряжением до 1000 В, а также при профилактических испытаниях и электросварочных работах. В состав экранирующих комплектов входят: спецодежда, спецобувь, средства защиты головы, а также рук и лица. Типы экранирующих комплектов, выпускаемых отечественной промышленностью, и их составляющие приведены в таблице 14.

Таблица 13 – Типы экранирующих устройств

Тип комплекта	Назначение	Составляющие элементы
ЭПР	Для ремонтного персонала ВЛ и подстанций (летний)	Куртка с капюшоном и полукомбинезон, каска с электропроводящим покрытием (накастик с электропроводящим волокном), кожаные ботинки на электропроводящей резине, электропроводящие перчатки и рукавицы, заземляющие проводники со струбинами
ЭПХ	Для дежурного персонала подстанций (летний)	Халат с капюшоном из электропроводящей ткани (взамен куртки и полукомбинезона ЭПР), остальное как для ЭПР
ЭПЗ	Для ремонтного персонала ВЛ (зимний)	Куртка с капюшоном и брюки с утепленной подкладкой, каска или накастик, галоши на электропроводящей резине, надеваемые на валенки, остальное как для ЭПР

Таблица 14 – Типы индивидуальных экранирующих комплектов

Тип экрана		Защита от ЭП, создаваемого	Зона экранирования	Условия применения	
обозначение	наименование			При E более, кВ/м	На объектах
ЭМ	экран межячейковый	электрооборудованием соседних ячеек	Рабочие места у выключателя	5	Вновь проектируемых ОРУ
ЭШ	экран шинный	системой сборных шин	То же в ОРУ с разъединителями опорной конструкции		
ЭР	экран-навес у разъединителя	разъединителем	Рабочие места у вводов разъединителей типа РНДЗ-330, РНДЗ-500		
ЭД	экран-навес над пешеходными дорожками	электрооборудованием и шинами ОРУ	Участки маршрута обхода	15	Вновь проектируемых ОРУ
ЭД	экран-навес у шкафов групповой установки	электрооборудованием и шинами ОРУ	Рабочие места у шкафов управления оборудования и шкафов вторичных цепей при	5	Действующих ОРУ, где установка экранов возможна с со-

Тип экрана		Защита от ЭП, создаваемого	Зона экранирования	Условия применения	
обозначение	наименование			При E более, кВ/м	На объектах
			их групповой уста- новке		блюдением ПУЭ

Составные элементы комплектов снабжены контактными выводами, соединение которых позволяет обеспечить единую электрическую цепь, и через обувь или с помощью специального проводника со струбциной осуществить качественное заземление.

Экранирующие комплекты ЭПР и ЭПЗ выдаются для индивидуального пользования конкретными лицами. Комплекты ЭПХ разрешено использовать группе лиц; при этом специальная обувь выдается только для индивидуального использования.

Высокая эффективность защиты с помощью индивидуальных экранирующих комплектов достигается за счет выполнения ряда требований к порядку эксплуатации, хранению и ремонту элементов. Эти требования предназначены для обеспечения надежности соединения элементов комплекта и для их исправности. Например, чтобы исключить разрушение целостности электропроводящих материалов, хранение комплектов осуществляется в специальных шкафах в сухих отапливаемых помещениях (температура воздуха (2-30) °С, относительная влажность не более 80 %). Одежда хранится на вешалке, а обувь и каска - на полках.

Запрещено переносить элементы комплекта за контактные выходы, а также использовать контакты для подвески.

Организуется ремонт элементов экранирующего комплекта, но при этом не допускается ремонтировать обувь (кроме косметического ремонта) и использовать для ремонта электронепроводящие материалы.

Периодически осуществляется проверка технического состояния экранирующих комплектов. Испытания производят перед началом эксплуатации, один раз в три месяца в процессе эксплуатации, после ремонта и в процессе хранения на складе (один раз в год). Поверочные испытания состоят из внешнего осмотра и измерения сопротивления постоянному току. При внешнем осмотре определяется наличие дефектов на элементах комплекта (обрывы соединительных выводов, истирание или отставание подошвы, разрывы и др.). Если дефекты существуют, то комплект не подлежит эксплуатации.

Измеренное сопротивление элементов комплекта при напряжении 500 В не должно превышать 10 кОм; в противном случае комплект не пригоден к эксплуатации. Результаты проверки регистрируются в специальном журнале.

Защита человека от ЭМП ПЧ вне производственной деятельности

Электрическое поле промышленной частоты

В местах возможного пребывания человека напряженность электрического поля может быть уменьшена путем:

- удаления жилой застройки от воздушных линий электропередач (ВЛ);
- применения экранирующих устройств и других средств снижения напряженности электрического поля.

Сельскохозяйственные угодья, находящиеся в санитарно-защитных зонах ВЛ, рекомендуется использовать под выращивание сельскохозяйственных культур, не требующих ручной обработки.

Машины и механизмы на пневматическом ходу, находящиеся в санитарно-защитных зонах ВЛ, должны быть заземлены. В качестве заземлителя допускается использовать металлическую цепь, соединенную с рамой или кузовом и касающуюся земли.

Машины и механизмы без крытых металлических кабин, применяемые при сельскохозяйственных работах в санитарно-защитной зоне ВЛ напряжением 750 кВ и выше, должны быть оснащены экранами для снижения напряженности электрического поля на рабочих местах механизаторов.

На территории санитарно-защитных зон ВЛ напряжением 750 кВ и выше запрещается проведение сельскохозяйственных и других работ лицам в возрасте до 18 лет.

В пределах санитарно-защитной зоны запрещается:

- размещение жилых и общественных зданий и сооружений, площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта, предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефти и нефтепродуктов;

- производить операции с горючим, выполнять ремонт машин и механизмов.

Трассы проектируемых и вновь сооружаемых ВЛ должны выбираться таким образом, чтобы объекты, перечисленные выше не оказались в пределах санитарно-защитных зон или были бы вынесены за пределы этих зон.

Допускается оставление жилых зданий и приусадебных участков в санитарно-защитных зонах действующих ВЛ напряжением (330 – 500) кВ при условии снижения напряженности электрического поля внутри жилых зданий и на открытой территории до ПДУ, приведенных в вопросе 4. Оставление жилых зданий и приусадебных участков в санитарно-защитных зонах действующих ВЛ напряжением 750 кВ и выше запрещается.

4.9. Металлические кровли зданий, оставляемых в санитарно-защитных зонах ВЛ напряжением (330 – 500) кВ, должны быть заземлены не менее чем в двух местах. Сопротивление заземления не нормируется.

4.10. Напряженность электрического поля в зданиях, оставляемых в санитарно-защитных зонах ВЛ напряжением (330 – 500) кВ и имеющих неметаллическую кровлю, может быть снижена путем установки заземленной металлической сетки на крыше этих зданий; заземление сетки должно осуществляться в соответствии с требованиями, перечисленными в вопросе 5. Напряженность электрического поля на открытых территориях, расположенных в этих зонах, может быть снижена путем установки экранирующих перегородок (железобетонных заборов, тросовых экранирующих устройств) или посадкой деревьев и кустарника высотой не менее 2 метров.

Шпалерную проволоку для подвески винограда, хмеля и т.п., находящуюся в санитарно-защитных зонах ВЛ, рекомендуется располагать перпендикулярно к оси ВЛ. Каждый проводник должен быть заземлен не менее чем в трех точках. Сопротивление заземления не нормируется.

При проведении строительно-монтажных работ в санитарно-защитных зонах ВЛ необходимо заземлять протяженные металлических объекты (трубопроводы, кабели, провода линий связи и пр.) не менее чем в двух местах, а также на месте производства работ. Сопротивление заземления не нормируется.

В местах пересечения автодорог с ВЛ должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в санитарно-защитных зонах этих ВЛ.

В районах прохождения ВЛ персоналом предприятий электрических сетей, обслуживающих эти ВЛ, должна проводиться разъяснительная работа среди населения по пропаганде мер безопасности при работах и нахождении вблизи ВЛ.

При подготовке и в процессе проведения сельскохозяйственных и других работ вблизи ВЛ лица, ответственные за проведение этих работ, должны проводить инструктаж работающих и обеспечивать выполнение мер защиты от воздействия электрического поля.

Магнитное поле промышленной частоты

Защита человека от неблагоприятного влияния МП частотой 50 Гц осуществляется посредством снижения действующих на него уровней МП, создаваемых постоянно действующими источниками, размещенными как внутри, так и вне жилых и общественных зданий, в т.ч. на жилой территории.

Обеспечение защиты населения от неблагоприятного влияния МП частотой 50 Гц достигается:

- удалением источников МП от мест проживания,
- разработкой специальных инженерно-технических решений, позволяющих снизить уровни МП от уже имеющихся источников до значений ПДУ, соответствующих установленным в настоящем документе.

Снижение уровней МП частотой 50 Гц локальных источников может обеспечиваться применением экранов, изготовленных из материалов с высокой магнитной проницаемостью, либо применением средств активной компенсации МП частотой 50 Гц.

Снижение уровней МП частотой 50 Гц внутри зданий от источников, вызванных наличием токов утечки и несбалансированных токов в кабельных линиях и металлоконструкциях здания, включая системы трубопроводов, обеспечивается путем устранения токов утечки и дисбаланса токов.

Снижение уровней МП частотой 50 Гц на селитебных территориях и внутри жилых и общественных зданий от протяженных источников (включая воздушные и кабельные линии электропередачи) обеспечивается посредством применения контурных экранов, либо путем оптимального (с точки зрения само- и/или взаимокompенсации) расположения источников МП.

Владельцы (или уполномоченные лица) источников МП частотой 50 Гц, зданий и территорий, где расположены эти источники, проходят обучение по вопросам обеспечения санитарно-эпидемиологических требований электромагнитной безопасности работающих и населения.

Тема 12. Защита от статического электричества

План:

1. Нормирование электростатических полей.
2. Защита от статического электричества.

1. Нормирование электростатических полей.

Статическое электричество является источником электростатического поля. В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 для электростатического поля:

а) оценка и нормирование ЭСП осуществляется по уровню электрического поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работающего за смену;

б) уровень ЭСП оценивают в единицах напряженности электрического поля (Е) в кВ/м;

в) ПДУ напряженности электростатического поля ($E_{ПДУ}$) при воздействии 1 ч за смену устанавливается равным 60 кВ/м;

г) при воздействии ЭСП более 1 часа за смену $E_{ПДУ}$ определяются по формуле:

$$E_{ПДУ} = 60 / \sqrt{T},$$

где Т - время воздействия, ч;

д) в диапазоне напряженностей (20-60) кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ($T_{доп}$) определяется по формуле:

$$T_{доп} = (60 / E_{факт})^2,$$

где $E_{факт}$ - измеренное значение напряженности ЭСП, кВ/м;

е) при напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. При напряженностях ЭСП, превышающих ПДУ, требуется применение средств защиты.

2. Защита от статического электричества

Средства защиты работающих от статического электричества делятся на средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

СКЗ от статического электричества по принципу действия делятся на следующие виды:

- 1) заземляющие устройства;
- 2) нейтрализаторы:
 - индукционные;
 - высоковольтные;
 - лучевые;
 - аэродинамические.

3) увлажняющие устройства:

- испарительные;
- распылительные.

4) антиэлектростатические вещества:

- вводимые в объем;
- наносимые на поверхность.

5) экранирующие устройства:

- козырьки;
- перегородки.

Нейтрализаторы по принципу ионизации делятся на:

- индукционные;
- высоковольтные;
- лучевые;
- аэродинамические.

Увлажняющие устройства по характеру действия делятся на:

- испарительные;
- распылительные.

Антиэлектростатические вещества по способу применения делятся на:

- вводимые в объем;
- наносимые на поверхность.

Экранирующие устройства по конструктивному исполнению делятся на:

- козырьки;
- перегородки.

СИЗ от статического электричества в зависимости от назначения делятся на:

- специальную одежду антиэлектростатическую;
- специальную обувь антиэлектростатическую;
- предохранительные приспособления антиэлектростатические (кольца и браслеты);
- средства защиты рук антиэлектростатические.

Требования к средствам защиты

Средства защиты от статического электричества (СЗСЭ):

- должны обеспечивать соблюдение требований санитарно-гигиенических норм допустимой напряженности электростатического поля;

- не должны оказывать отрицательного воздействия на технологический процесс;

- должны исключать возникновение искровых разрядов статического электричества с энергией, превышающей 40% от минимальной энергии зажигания окружающей среды, или с величиной заряда в импульсе, превышающей 40% от воспламеняющего значения заряда в импульсе для окружающей среды;

- специальная одежда, специальная обувь, предохранительные приспособления антистатические обеспечивают защиту при работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

Требования к заземляющим устройствам

Независимо от применения других СЗСЭ заземление должно применяться на всех электропроводных элементах технологического оборудования и других объектов, на которых возможно возникновение или накопление электростатических зарядов, и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 21130-75.

Выполнение заземляющих устройств должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ. Величина сопротивления заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должна быть не выше 100 Ом.

Заземление трубопроводов и других объектов, расположенных на наружных эстакадах, должно быть выполнено в соответствии с действующими указаниями по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений (СО 153-34.21.122-2003).

Заземляющие устройства должны применяться на электризующихся движущихся узлах производственного оборудования, изолированных от заземленных частей.

Требования к нейтрализаторам

Нейтрализаторы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.006-84, санитарно-гигиенических норм допустимых уровней ионизации воздуха в производственных и общественных помещениях, норм радиационной безопасности (СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»), основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (СП 2.6.1.799-99 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Основные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)»).

Концентрация озона и окислов азота, выделяемых работающими нейтрализаторами, не должна превышать норм, установленных ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Общие требования электробезопасности к высоковольтным нейтрализаторам - по ГОСТ 12.1.019-79 и ПУЭ.

Радиоизотопные нейтрализаторы должны быть снабжены блокирующим устройством, закрывающим источник радиоактивного излучения в нерабочем состоянии.

На корпусах радиоизотопных нейтрализаторов должны быть изображены знаки радиационной безопасности.

Антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение удельного объемного электрического сопротивления материала до величины 10^7 Ом·м, удельного поверхностного электрического сопротивления до величины 10^9 Ом. Содержание паров антистатиков в рабочей зоне не должно превышать предельно допустимых концентраций по ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Экранирующие устройства должны быть заземлены в соответствии с требованиями ПУЭ.

Требования к антиэлектростатической специальной одежде

Для изготовления антиэлектростатической специальной одежды должны применяться материалы с удельным поверхностным электрическим сопротивлением не более 10^7 Ом.

Электрическое сопротивление между токопроводящим элементом антиэлектростатической специальной одежды и землей должно быть от 10^6 Ом до 10^8 Ом.

Требования к антиэлектростатической специальной обуви

Электрическое сопротивление между подпятником и ходовой стороной подошвы обуви должно быть от 10^6 до 10^8 Ом.

Требования к антиэлектростатическим предохранительным приспособлениям

Антиэлектростатические кольца и браслеты должны обеспечивать электрическое сопротивление в цепи человек - земля от 10^6 Ом до 10^7 Ом.

Заземляющий проводник антиэлектростатического браслета должен обеспечивать свободу перемещения рук.

На средствах индивидуальной защиты от статического электричества должно нанесено обозначение «Эн».

Тема 13. Защита электроустановок, зданий и сооружений, а также территорий промышленных предприятий от опасных воздействий атмосферного электричества

Материал темы изложен в:

1. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47396>. С. 62-74.

2. СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций», утвержденная приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 280.

Тема 14. Нормативные правовые акты по электробезопасности

План:

1. Система стандартов безопасности труда.

2. Характеристика стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.
3. Стандарты ССБТ на требования безопасности к электротехническому оборудованию.
4. Стандарты ССБТ на требования электробезопасности к производственным процессам.
5. Стандарты ССБТ на требования к средствам электрозащиты.

1. Система стандартов безопасности труда

Разработка Системы стандартов безопасности труда (ССБТ) была начата еще в СССР на основе тщательного анализа действующих правил, норм, инструкций и других документов по технике безопасности и производственной санитарии. К началу разработки ССБТ действовало свыше тысячи межотраслевых и отраслевых нормативных документов по технике безопасности и производственной санитарии. В процессе работы был сделан вывод о необходимости пересмотра существующей нормативной документации с целью ее обновления и устранения имеющих место дублирования и несогласованности требований безопасности труда в некоторых документах. В основу работы был положен системный подход, без которого невозможна единая направленность всего комплекса мероприятий по обеспечению безопасности труда.

В ССБТ входят стандарты, объекты стандартизации которых относятся к различным направлениям деятельности по обеспечению безопасности труда. Эти направления включают в себя мероприятия организационного характера, разработку норм, допустимых значений и требований по видам опасных и вредных производственных факторов, создание безопасного производственного оборудования, производственных процессов, надежных и эффективных средств защиты работающих.

В соответствии с указанными направлениями ССБТ состоит из пяти подсистем стандартов, каждая из которых обозначается шифром: 0, 1, 2, 3 и 4. В подсистему 0 входят организационно-методические стандарты, в подсистему 1 - только государственные стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов. Подсистема 2 объединяет стандарты требований безопасности к оборудованию. Подсистема 3 состоит из стандартов требований безопасности к производственным процессам. В подсистему 4 входят стандарты требований к средствам защиты работающих.

Иерархия стандартов ССБТ, в том числе по электробезопасности - трехступенчатая (рисунок 11). На первой ступени расположены стандарты подсистемы 0, на второй ступени - стандарты подсистемы 1, а на третьей ступени — стандарты подсистем 2, 3, 4.

Первые стандарты по электробезопасности были разработаны еще в 1975 г. – это комплекс ГОСТ 12.2.007.0-75... 12.2.007.14-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». На данный момент стандарты по электробезопасности перерабатываются в соответствии с современными требованиями. В связи с этим необходимо при решении той или иной задачи в области электробезопасности руководствоваться актуализированными стандартами, регламентами и руководящими документами.



Рисунок 11 - Структурная схема стандартов по электробезопасности

2. Характеристика стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов

В основополагающем стандарте дана классификация опасных и вредных производственных факторов. Согласно этому стандарту опасные и вредные производственные факторы разделяются по природе действия.

В группу опасных и вредных производственных факторов входят: повышенные напряжения статического электричества, электромагнитных излучений, повышенная напряженность электрического и магнитного полей;

повышенные уровни шума на рабочем месте, вибрации, инфразвуковые колебания; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне, влажность воздуха, подвижность воздуха, ионизация воздуха;

отсутствие или недостаток естественного света;

повышенный уровень ультрафиолетовой радиации и т. д.

В понятие «Электробезопасность» входит предупреждение опасного и вредного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Требования и нормы на указанные виды факторов регламентированы следующими стандартами:

«Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности»;

«Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности»;

«Электробезопасность. Общие требования»;

«Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов»;

«Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

В государственном стандарте «Электробезопасность. Общие требования» приводятся перечни средств защиты от опасного действия электрического тока и электрической дуги, а также перечни технических и организационных мероприятий по обеспечению электробезопасности при проведении работ в электроустановках.

Важное место в стандарте занимает классификация признаков, от которых зависит уровень электробезопасности. Одни признаки характеризуют электроустановку (номинальное напряжение, род и частота тока, способ электропитания установки, мобильность и др.), другие признаки характеризуют внешнюю среду (категория помещения в отношении степени электроопасности, климатические факторы). К числу признаков, определяющих уровень электробезопасности, относятся также условия работы (возможность отключить напряжение, попасть в зону растекания тока и др.).

Для правильного понимания государственного стандарта «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов» необходимо знать, что степень опасности электрического тока зависит от многих факторов: рода, частоты и силы ток туги через тело человека (петля тока), продолжительности действия тока на человека, медико-биологических особенностей индивидуума, условий внешней среды. Нормы устанавливают не по одной реакции организма, а по нескольким: ощущению, неотпусканию и фибрилляции сердца (определение понятий «ощутимый ток», «неотпускающий ток» и «фибрилляционный ток» см. в государственном стандарте).

Разработаны предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений прикосновения и токов, протекающих через человека по наиболее опасным петлям «рука — рука» и «рука — ноги», при взаимодействии человека с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц. ПДУ дифференцированы также по номинальному напряжению установок (напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ), режиму нейтрали источника питания (изолированная, заземленная), состоянию электроустановок (нормальное, аварийное), времени действия тока на организм человека (от 0,08 с до 10 мин) и реакции организма.

Теоретически под электробезопасностью понимают отсутствие опасности, условия, при которых опасность человеку не угрожает. Реальное понятие электробезопасности весьма относительно. Оценивать уровень электробезопасности можно, используя теории вероятности и математической статистики.

3. Стандарты ССБТ на требования безопасности к электротехническому оборудованию

Требования к безопасности оборудования — первоисточнику образования ряда опасных и вредных производственных факторов — изложены в стандартах ССБТ подсистемы 2. В основном стандарте этой подсистемы изложены общие требования безопасности, особенности построения стандартов требований безопасности на конкретные группы оборудования.

Государственный стандарт также определяет требования безопасности к основным элементам конструкции, органам управления оборудованием, к средствам защиты, входящим в его состав. Например, требования по предупреждению или ограничению до регламентированных уровней возможного воздействия опасных и вредных производственных факторов, по устранению причин, способствующих возникновению этих факторов, к устройству и расположению органов управления и др.

Все движущиеся части оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены. Если исполнительные органы машины представляют опасность для людей, но не могут быть ограждены, то должны быть предусмотрены сигнализация, предупреждающая о пуске машины в работу, средства автоматической остановки машины, торможения и отключения ее от источников энергии.

До начала рабочего процесса средства защиты должны приводиться в готовность или быть заблокированы так, чтобы осуществление процесса было невозможным при их отключении или неисправности. Средства защиты должны непрерывно выполнять свои функции или срабатывать при возникновении опасности и приближении человека к опасной зоне. Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем устранено действие опасного (или вредного) производственного фактора. Отказ отдельных элементов средств защиты не должен прекращать защитного действия других средств или создавать дополнительную опасность. Средства защиты должны быть доступны для обслуживания и контроля, а в необходимых случаях обеспечены устройствами автоматического контроля их действия.

Съемные, откидные и раздвижные ограждения рабочих органов, а также дверцы, крышки, щитки в этих ограждениях или в корпусе оборудования должны иметь устройства, исключающие их случайное снятие и открытие, или иметь блокировки, обеспечивающие прекращение действия оборудования.

Электротехнические изделия могут быть источниками механических травм, термических ожогов, потери слуха, электротравм, электроожогов. Поэтому в стандарте приводится перечень опасных и вредных факторов, которые могут возникать при эксплуатации электротехнических изделий: электроопасные факторы, а также движущиеся части, нагревающиеся до температуры выше 45 °С, опасные и вредные материалы, используемые в конструкции изделия, шум, ультразвук, вибрация, тепловое, оптическое и рентгеновское излучения.

В конструкции электротехнических изделий могут быть предусмотрены все существующие средства коллективной защиты от поражения электрическим током, кроме временных ограждений и переносных заземлений, но степень реализации этих средств на стадии изготовления неодинаковая. Стандарты ССБТ на электротехнические изделия указывают только те требования к средствам защиты, которые могут быть выполнены при изготовлении изделий. Например, оболочки, как правило, являются неотъемлемой конструктивной частью изделия (кроме изделий, входящих в состав других изделий), поэтому требования к оболочкам приводятся в рассматриваемом стандарте полностью.

Примером средства защиты, которое не полностью реализуется на стадии изготовления изделия, является устройство защитного заземления: заземлители и заземляющая проводка, как правило, не входят в комплект поставки оборудования, поэтому требования к ним не приводятся. Не указываются в нем и требования к средствам, имеющим локальное применение, например, требования к ограничителям напряжения холостого хода сварочных трансформаторов; эти требования содержатся в стандарте на сварочное оборудование.

Наличие в государственном стандарте требований к изоляции, оболочкам, заземлению, блокировкам и другим средствам защиты не исключает необходимости разработки специальных стандартов на средства защиты.

Стандарт предписывает разработчикам добиваться безопасности оборудования в процессе выбора соответствующих схем и элементов, применения средств автоматизации, а не только благодаря средствам защиты. Это предписание нашло отражение в требованиях не допускать самопроизвольного включения и отключения изделия, обеспечивать удобство и безопасность наблюдения за изделием в процессе его сборки, осмотра, обслуживания и т.д.

По такому же принципу составлены остальные 14 стандартов, входящих в данный комплекс.

На изделия, выполненные в виде комплексов, требования государственного стандарта не распространяется, например РУ, испытательные установки и т.п. Требования безопасности к таким установкам содержатся в ПУЭ, а также в технической документации на конкретные установки. Не распространяется данный стандарт также на изделия, входящие в состав взрывозащищенного электрооборудования и транспортных средств (кроме наземного и воздушного транспорта). Другие изделия должны этому стандарту удовлетворять.

При формировании признаков отказа изделия в целом следует учитывать и факт преждевременной утраты изделием свойств безопасности, как это отражено в стандарте «Надежность в технике. Термины и определения» в отношении понятия предельного состояния, которое учитывает факт неустранимого нарушения требований безопасности. Таким образом, прослеживается связь показателей безопасности с такими показателями надежности, как безотказность и ресурс.

Имеется также связь между показателями безопасности и ремонтпригодности. Например, среднее время восстановления изделия зависит не только от его конструктивных особенностей, доступа к любому отказавшему элементу, но и от удобства и безопасности проведения ремонтно-восстановительных работ.

Связь показателей надежности и безопасности проявляется в том, что чем выше надежность изделия, тем реже приходится его ремонтировать. При этом если ремонт сопряжен с опасностью для персонала, то тем реже ему придется рисковать жизнью. И наоборот: чем ниже надежность изделия, тем выше должны быть требования к его ремонтпригодности и, следовательно, к безопасности обслуживания.

4. Стандарты ССБТ на требования электробезопасности к производственным процессам

Требования безопасности к производственным процессам изложены в стандартах подсистемы 3. основополагающий стандарт этой подсистемы устанавливает общие требования безопасности для производственных процессов всех отраслей промышленности и особенности построения стандартов ССБТ на требования безопасности к группам производственных процессов. На его основе создается комплекс государственных и отраслевых стандартов на требования безопасности к конкретным производственным (технологическим) процессам.

Организация и проведение технологического процесса предусматривают комплексную механизацию, автоматизацию, применение дистанционного управления процессами и операциями, рациональную организацию труда и отдыха, систему управления и контроля, обеспечивающие защиту работающих и аварийное отключение оборудования. Это имеет прямое отношение и к повышению уровня электробезопасности на производстве.

В стандартах на производственные процессы, так же как в стандартах на производственное оборудование, предусматривается защита от всех опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть при проведении данного процесса, а не только защита от электроопасных факторов.

Стандарты по электробезопасности на производственные процессы, так же, как и сами процессы (работы), целесообразно подразделять на следующие группы:

- электротехнические;
- электротехнологические (процессы, в которых электроэнергия непосредственно, без преобразования в другие виды энергии, воздействует на предмет труда, например, электросварка, электролиз и т.п.);
- неэлектротехнические работы на электрифицированных машинах;
- работы без применения электроустановок и электрифицированных машин.

Стандарт ССБТ на электротехнические процессы «ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности» распространяется на испытания всех изделий — электротехнические.

тротехнических, электронных и неэлектротехнических, а также на испытания действующих электроустановок. Приведенная в стандарте классификация испытаний в зависимости от стадии существования объекта испытаний (изготовление, монтаж, эксплуатация, ремонт), его размещения (на испытательном стенде, вне стенда), а также от необходимости осуществлять электрический контакт между средством и объектом испытаний охватывает все особенности испытаний по безопасности. Эта классификация использовалась при разработке общих требований, вошедших в данный стандарт, ею же нужно руководствоваться для определения требований к конкретным испытаниям. Испытания, осуществляемые в процессе монтажа или ремонта изделий, по мерам безопасности приравниваются к испытаниям при изготовлении изделий, если

во время испытания они не являются частями действующих электроустановок.

Содержащийся в государственном стандарте перечень нормативной документации, устанавливающей ПДУ опасных и вредных факторов, является ценным справочным материалом для инспекторов по охране труда.

В стандарте «ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности» наряду с санитарно-гигиеническими требованиями, которые для сварочных работ имеют первостепенное значение, приведены необходимые требования электробезопасности: максимальное напряжение сети, к которой могут подключаться сварочные установки; условия подключения нескольких источников сварочного тока при работе на одну сварочную дугу; необходимость отключать сварочные установки от сети на время их перемещения, способы обеспечения безопасности сварщика при смене электродов и др.

Стандарт «ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования» отражает вопросы электробезопасности. Стандарт «ССБТ. Деревообработка. Общие требования безопасности» в числе опасных и вредных факторов, которые могут встретиться при деревообработке, указывает электрическое напряжение, статическое электричество и электромагнитное излучение.

Примером стандарта на производственные процессы, которые могут выполняться без применения электрифицированных машин, является стандарт «ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности».

5. Стандарты ССБТ на требования к средствам электрозащиты

К средствам индивидуальной и коллективной защиты требования устанавливаются стандартами подсистемы 4 ССБТ, составляющими основную часть всех государственных стандартов ССБТ (их насчитывается свыше 100).

В стандартах на средства защиты излагаются требования к самим средствам (в том числе требования безопасности средств), методы контроля и правила их эксплуатации. Стандарты на классы и виды средств защиты включают в себя также классификацию средств данного класса. Требования к средствам коллективной защиты, входящим в конструкцию изделий (изоляционные покрытия, оболочки, постоянные ограждения, заземляющие ножи, запирающие устройства) содержатся в стандартах на соответствующие изделия, а также в ПУЭ; для оболочек электрооборудования и аппаратов напряжением до 1 кВ имеются соответствующие государственные стандарты.

К средствам коллективной защиты отдельные требования содержатся и в стандартах подсистемы 2 ССБТ. Во всех стандартах этой подсистемы приводятся требования к изоляции и заземлению, а в стандарте на ручные электрические машины — и к двойной изоляции. В некоторых стандартах содержатся требования к различительной окраске, лестнице для подъема на трансформатор, блокировкам, ограничителю напряжения холостого хода сварочного трансформатора и т.д. Требования к временным ограждениям и световой сигнализации содержатся также в стандарте на электрические испытания и измерения.

Устройства защитного отключения (УЗО) относятся к числу наиболее перспективных средств защиты. Под УЗО подразумевают устройства, предназначенные для автоматического отключения электроустановки при однофазном (однополюсном) прикосновении человека к частям (токоведущим и нетокковедущим), находящимся под недопустимым для него напряжением и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки, превышающего заданное значение. В стандарте разъясняется, что под током утечки в сети с изолированной нейтралью и сети постоянного тока подразумевают ток,

протекающий между находящейся под напряжением фазой (плюсом) и землей в результате снижения сопротивления изоляции, а в сети с заземленной нейтралью — ток, протекающий по участку сети параллельно току в нулевом проводе, при отсутствии нулевого провода - ток нулевой последовательности. Для данного стандарта, как и для других стандартов общих требований безопасности, главное - это классификация стандартизируемых объектов. Она насчитывает 9 основных признаков и 8 дополнительных. В каждом признаке от 2 до 7 позиций. Устройства защитного отключения объединяются в группы:

- по характеристикам электроустановок, для которых они предназначены;
- по виду входного сигнала - ток и напряжение нулевой последовательности, фазовые соотношения между током и напряжением нулевой последовательности, ток утечки, напряжение корпуса относительно земли, оперативный ток;
- в зависимости от возможности регулировать установку срабатывания;
- по способу контроля исправности с самоконтролем или с ручным контролем;
- в зависимости от особенностей монтажа — автономные или встраиваемые в другие устройства;
- в зависимости от необходимости использовать наряду с УЗО другие средства защиты, например, защитное заземление, устройства компенсации тока замыкания на землю и др., с указанными средствами или без них;
- по избирательной способности - селективные и неселективные, а также в зависимости от условий внешней среды и способа подключения УЗО к электроустановке.

Внедрение стандартов является важнейшей, завершающей стадией работ по государственной стандартизации. Стандарт считают внедренным, если выполняются все его требования, и напротив - стандарт не внедрен, если хотя бы одно из содержащихся в нем требований не соблюдается. Внедрить стандарт — это значит разработать или пересмотреть техническую документацию на изделие (технологический процесс), обеспечить предприятие новым сырьем, материалами, оборудованием, внести коррективы в другие стандарты, если они связаны с внедряемым, и, наконец, обеспечить все заинтересованные службы текстом стандарта.

2. Методические рекомендации к практическим занятиям

Для решения задач рекомендуется использовать следующие источники:

1. Монахов А.Ф., Электробезопасность. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Монахов А.Ф., Долин П.А., Медведев В.Т. ; под ред. В.Т. Медведева. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. — 280 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72333#book_name.

2. Долин П.А., Медведев В.Т., Корочков В.В. Электробезопасность: задачник: Учебное пособие / Под ред. Проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2003. – 215 с.: ил.

Тема 2. Первая помощь при поражении электрическим током

Теоретический материал приведен в теме 2 лекционного материала.

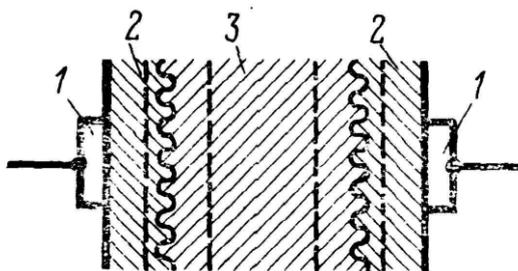
Тема 3. Механизм воздействия электрического тока на человек

Тело человека, является проводником электрического тока. Проводимость живой ткани в отличие от обычных проводников обусловлена не только ее физическими свойствами, но и сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами, присущими лишь живой материи. В результате сопротивление тела человека является переменной величиной, имеющей нелинейную зависимость от множества факторов, в том числе от состояния кожи, параметров электрической цепи, физиологических факторов и состояния окружающей среды.

Электрическое сопротивление различных тканей тела человека неодинаково: кожа, кости, жировая ткань, сухожилия и хрящи имеют относительно большое сопротивление, а мышечная ткань, кровь, лимфа и особенно спинной и головной мозг — малое сопротивление. Например, удельное объемное сопротивление сухой кожи составляет $(3 \times 10^3 - 2 \times 10^4)$ Ом \times м, а крови (1 – 2) Ом \times м при частоте тока 50 Гц.

Из этих данных следует, что кожа обладает очень большим удельным сопротивлением, которое является главным фактором, определяющим сопротивление тела человека в целом. Строение кожи весьма сложно и состоит из двух основных слоев: наружного, называемого эпидермисом, и внутреннего, являющегося собственно кожей и носящего название дермы.

Сопротивление тела человека можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух одинаковых сопротивлений наружного слоя кожи, т. е. эпидермиса, $2Z_n$ (которые в совокупности составляют так называемое наружное сопротивление тела человека) и одного, называемого внутренним сопротивлением тела R_b (которое включает в себя сопротивление внутренних слоев кожи и сопротивление внутренних тканей тела) (рисунок 12).



1 – электроды;

2 – наружный слой кожи – эпидермис (роговой и ростковый слои);

3 – внутренние ткани тела (включая внутренний слой кожи – дерму)

Рисунок 12 - Сопротивления тела человека по пути тока «рука-рука»

Сопротивление наружного слоя кожи Z_n состоит из активного и емкостного сопротивлений, включенных параллельно. Полное сопротивление наружного слоя кожи Z_n зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и при площади электродов в несколько квадратных сантиметров может достигать весьма больших значений (десятков и сотен тысяч Ом).

Внутреннее сопротивление тела считается чисто активным, хотя, строго говоря, оно также обладает емкостной составляющей. Внутреннее сопротивление R_b практически не зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и равно примерно (500-700) Ом.

Эквивалентная схема сопротивления тела человека для рассмотренных условий показана на рисунке 13.

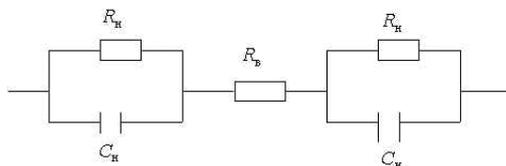


Рисунок 13 - Эквивалентная схема замещения электрического сопротивления тела человека

На основании этой схемы выражение для определения полного сопротивления тела человека в комплексной форме Z_h , Ом, имеет вид

$$Z_h = 2Z_n + R_b = \frac{2}{\frac{1}{R_n} + j\omega C_n} + R_b$$

или после соответствующих преобразований – в действительной форме Z_h ,

$$z_h = \sqrt{\frac{4R_n(R_n + R_b)}{1 + \omega^2 R_n^2 C_n^2} + R_b^2},$$

$$\omega = 2\pi f,$$

где Z_n – сопротивление наружного слоя кожи в комплексной форме, Ом;

$\omega = 2\pi f$ – угловая скорость, рад/с;

f – частота тока, Гц.

Для постоянного тока полное электрическое сопротивление тела человека оказывается равным сумме активных сопротивлений обоих слоев эпидермиса и внутреннего сопротивления тела

$$z_h = 2R_n + R_b = R_h.$$

В целом, значение полного сопротивления тела человека зависит от ряда факторов:

1) физиологических факторов:

- индивидуальных особенностей человека (даже у одного и того же человека в разное время и в разных условиях сопротивление разное, в зависимости от физического и психического состояния);

- пола (у женщин электрическое сопротивление меньше, чем у мужчин, это объясняется различной толщиной кожи);

- возраста (у детей электрическое сопротивление меньше, чем у взрослых, это объясняется разной толщиной и степенью огрубления кожи);

2) факторов окружающей среды (температуры и влажности воздуха);

3) состояния кожного покрова (загрязнения, ссадин, увлажненности и т.п.);

4) внешних неожиданно возникающих раздражителей (болевые (удары, уколы), световые, звуковые) (снижают сопротивление тела человека на (20 – 50) %).

5) параметров электрической цепи (места приложения электродов к телу человека, значений тока и приложенного напряжения, рода и частоты тока, площади электродов, длительности прохождения тока);

Тема 5. Явления при стекании тока в землю

Для усвоения данной темы рекомендуется решить следующие задачи:

Задача 1. Ток стекает в землю через полушаровой заземлитель.

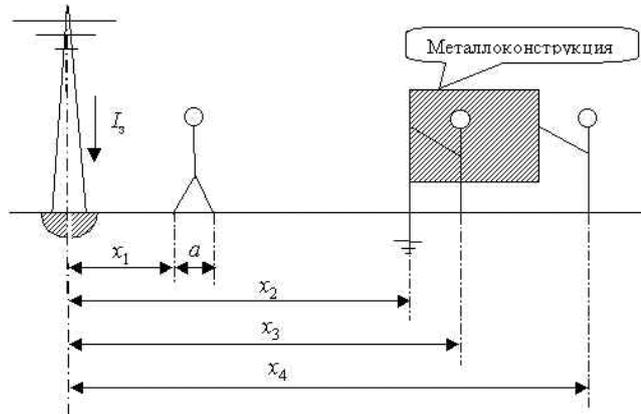


Рисунок 14 – К расчету напряжения прикосновения (задача 1)

1) На расстоянии $x_1 = 2,2$ м от места замыкания на землю стоит человек (см. рисунок 14). Определить для него напряжение шага, если размер шага $a=0,8$ м.

2) На расстоянии $x_2 = 4$ м расположена металлоконструкция (см. рисунок 14). Определить напряжение прикосновения для человека, касающегося металлоконструкции и находящегося на расстоянии $x_3= 8$ м или $x_4 = 25$ м от места замыкания.

При решении задачи принять удельное объемное сопротивление грунта $\rho = 100$ Ом*м, а сопротивления растеканию тока основания, на котором стоит человек, равным нулю.

Задача 2. Определить $U_{пр}$, $U_{ш}$ и ток через тело человека для одиночного вертикального заземлителя радиусом $r = 0,05$ м и длиной $l = 5$ м, на расстоянии $x = 2; 10; 20$ м - для $U_{пр}$, и на расстоянии $x = 0,8; 10; 20$ м - для $U_{ш}$ (см. рисунок 15). Ток стекания в землю $I_3 = 30$ А, удельное сопротивление земли $\rho_3 = 120$ Ом*м, сопротивление тела человека $R_h = 1$ кОм.

Уравнение потенциальной кривой

$$\varphi_x = \frac{I_3 \rho_3}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}$$

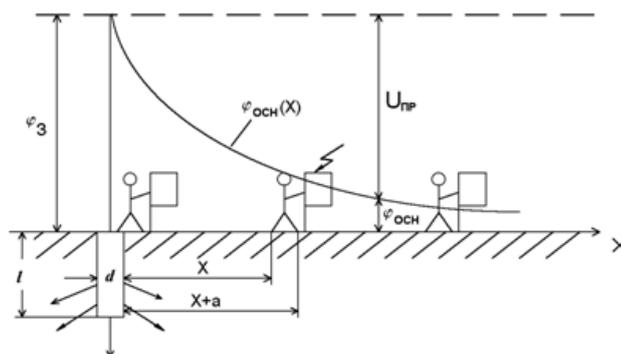


Рисунок 15 – К расчету напряжения прикосновения (задача 2)

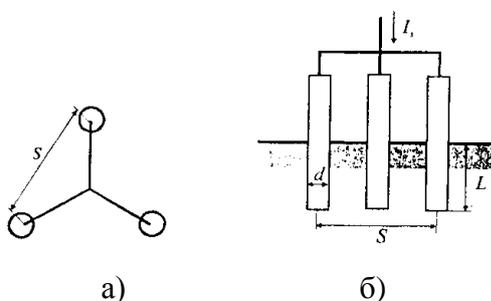
Задача 3. Доказать, что сопротивление вертикального стержневого заземлителя R при увеличении его длины L уменьшается больше, чем при увеличении его диаметра d . Привести значения сопротивлений и построить кривые (графики) зависимостей $R=f(L)$ и $R=f(d)$. За исходный взять стержневой заземлитель круглого сечения диаметром $d=0,01$ м; первоначальное заглубление стержня в землю принять $L=2$ м; кратность увеличения размеров – 1, 2, 3, 4; удельное сопротивление земли считать $\rho=100$ Ом·м.

Задача 4. Произвести расчет заземляющего устройства для электроустановок напряжением 380 В. Грунт – суглинок. Стержни можно разместить по контуру 11цеха, имеющего в плане размеры 24×60 м. Глубина заложения стержней от поверхности земли $H = 0,5$ м

Тема 7. Защитное заземление

Задача 1. Ток $I_3=60$ А стекает в землю через групповой заземлитель, состоящий из трех соединенных между собой одинаковых стержневых электродов диаметром $d=0,05$ м. Стержни забиты в землю на глубину $L=2$ м и размещены в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок 16). Земля однородная, ее удельное сопротивление $\rho=100$ Ом·м.

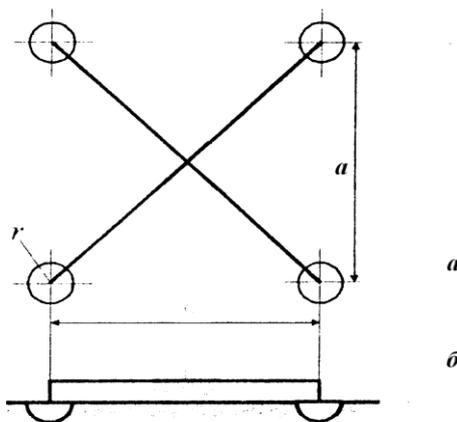
Требуется: определить потенциал группового заземлителя ϕ_3 и коэффициент использования его проводимости η для двух случаев: при расстоянии между центрами электродов $S=2$ м 10 м.



а – вид сверху; б – вид сбоку.

Рисунок 16 - Групповой заземлитель, состоящий из трех стержневых вертикальных электродов, размещенных в вершинах равностороннего треугольника

Задача 2. Вычислить коэффициент использования и сопротивление группового заземлителя, состоящего из четырех полушаровых электродов, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a=3$ м (см. рисунок 17). Радиус электродов $r=0,5$ м, земля однородная, ее удельное сопротивление $\rho=57$ Ом·м.



а – вид сверху; б – вид сбоку

Рисунок 17 - Групповой заземли, состоящий из четырех полушаровых электродов, размещенных в вершинах квадрата

Задача 3. Два полушаровых заземлителя (электрода) расположены на расстоянии друг от друга (расстоянии между их центрами) $S=5$ м. Они соединены между собой проводником, и с каждого из них стекает ток $I=5$ А.

Дано: радиусы заземлителей $r=0,05$ м; земля однородная, ее удельное сопротивление $\rho=50$ Ом·м; длина шага человека $a=0,8$ м.

Требуется: определить потенциалы электродов, их сопротивления стеканию тока, а также максимальные значения напряжений прикосновения и шага для человека, находящегося между заземлителями на прямой, соединяющей их центры.

Указания: вычисление произвести, полагая, что сопротивление стеканию тока с ног человека и сопротивление его обуви равны нулю; изобразить схему размещения электродов, потенциальные кривые и буквенные обозначения величин.

Задача 4. Два одинаковых стержневых заземлителя (электрода) круглого сечения забиты в землю вертикально на всю их длину. Расстояние между их центрами $S=5$ м. Электроды соединены между собой проводником, с каждого из них в землю стекает ток $I=5$ А.

Дано: длины электродов $L=5$ м; диаметры электродов $d=0,05$ м; земля однородная, ее удельное сопротивление $\rho=100$ Ом·м; длина шага человека $a=0,8$ м.

Требуется: определить потенциалы электродов, их сопротивления стеканию тока, а также максимальные значения напряжений прикосновения и шага для человека, находящегося между электродами на прямой, соединяющей их центры.

Указания: вычисление произвести, полагая, что сопротивление стеканию тока с ног человека и сопротивление его обуви равны нулю; изобразить схему размещения электродов, потенциальные кривые и буквенные обозначения величин.

Задача 5. Для строящейся понижающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ городской кабельной сети решено соорудить заземлитель контурного типа. Заземлитель будет содержать 10 вертикальных электродов – отрезков угловой стали с $b=50$ мм, длиной каждый $L_n=3$ м и горизонтальный электрод – стальную полосу сечением $4 \times 20=80$ мм², длиной $L_r=50$ м, соединяющую вертикальные электроды (см. рисунок 18).

На подстанции будут установлены два трехфазных трансформатора, работающих параллельно при изолированных нейтралях со стороны высшего напряжения и глухозаземленных нейтралях со стороны 400 В.

Дано: протяженность питающей кабельной сети 10 кВ $L=40$ км, воздушная сеть отсутствует; удельное сопротивление земли, измеренное при повышенной влажности земли, $\rho=65$ Ом·м; расстояния между соседними вертикальными электродами $a=5$ м; глубина погружения в землю верхнего конца вертикального электрода и глубина погружения горизонтального электрода $t=0,8$ м.

Требуется: рассчитать сопротивление заземлителя с целью проверки его соответствия требованиям ПУЭ. При этом следует иметь в виду, что заземлитель должен быть пригоден для установок как до 1000 В, так и выше 1000 В – вплоть до 35 кВ, т.е. его сопротивление r_z , не должно быть выше 4 Ом в первом случае и $125/I_3 \leq 10$ Ом во втором (где I_3 – ток замыкания на землю, А).

Расчет выполнить методом коэффициентов использования по допустимому сопротивлению; земля – однородная.

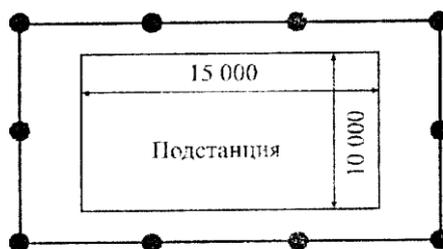


Рисунок 18 - Схема контурного заземлителя понижающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВт.

Тема 8. Зануление

Задача 1. Электропитание швейного полуавтомата производится с помощью четырехпроводной линии длиной $l=200$ м от трансформатора 6 / 0,4 кВ мощностью 100 кВА со схемой соединения обмоток Y/ YN. Линия выполнена медными фазными проводами сечением $S_{\text{ф}} = 25$ мм². Плотность тока в нулевом защитном проводнике 1 А / мм². Двигатель серии 4АС номинальной мощностью 12кВт, коэффициент мощности $\cos\varphi=0,85$, КПД=82,5. Двигатель защищен автоматом с комбинированным расщепителем, номинальный ток вставки $J_{\text{НВ}}^{\text{ПВ}} = 60$ А. Проверить отключающую способность зануления при нулевом защитном проводнике сечением 16 мм²

Задача 2. Проверить, обеспечена ли отключающая способность зануления в сети, показанной на рис. 6.4, при нулевом защитном проводнике — стальной полосе сечением 50 х 5 мм. Линия 380/220 В с медными проводами 3х20 мм питается от трансформатора Р, 6/0,4 кВ со схемой соединения обмоток Д/У_н (см. рисунок 19). Двигатели защищены предохранителями $I_{\text{НОМ}1}$ (двигатель 1) и $I_{\text{НОМ}2}$ (двигатель 2). Коэффициент кратности тока k .

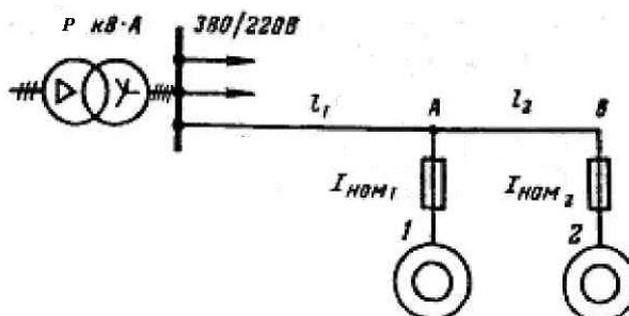


Рисунок 19 – Схема к задаче 2

Задача 3. Определить активное сопротивление $R_{\text{нз}}$ стальной полосы прямоугольного сечения $s = 40 \times 4$ мм² длиной $l = 0,2$ км, используемой в качестве нулевого защитного проводника электродвигателя. Номинальный ток плавких вставок предохранителей, защищающих электродвигатель, $I_{\text{НОМ}} = 125$ А. Коэффициент кратности тока $k = 3$.

3. Методические рекомендации по выполнению лабораторных занятий

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие порядок выполнения работ и оборудование к лабораторной работе.

Общие положения

1. Для выполнения лабораторных работ подгруппа делится на бригады по (3-4) человека.
2. Для каждой бригады преподаватель устанавливает график выполнения и защиты лабораторных работ в течение семестра.
3. Подготовка к лабораторной работе члены бригады ведут самостоятельно, заблаговременно, используя данные методические рекомендации и рекомендуемую литературу.
4. Отчет по лабораторной работе, его форма (см. приложение А) обязательна для исполнения всеми студентами. Отчет по лабораторной работе оформляется каждым членом бригады, выполнявшим лабораторную работу, отдельно. Отчет оформляется на листах формата А4, машинописный вариант.
5. Перед защитой преподаватель проверяет форму и содержание отчета. В случае выявленных недостатков отчет возвращается на доработку. В случае отсутствия замечаний допускается к защите.

Порядок выполнения лабораторных работ

1. Ознакомиться с теоретическим материалом по теме лабораторной работе, изложенным в данных методических указаниях и рекомендуемой литературе.
2. Ознакомиться с соответствующими нормативными правовыми актами (ГОСТ, СанПиН, СНиП и др.), регламентирующими нормативные значения исследуемых факторов, приведенными в рекомендуемой литературе.
3. Ознакомиться с методикой проведения исследований.
4. По паспортам (руководствам по эксплуатации) средств измерений ознакомиться с их метрологическими характеристиками, устройством и порядком работы с ними. *В методических указаниях такие данные не приводятся. Студентам в начале семестра, перед началом выполнения лабораторных работ выдаются в электронном виде паспорта (руководства по эксплуатации) применяемых в лабораторных работах средств измерений.*
5. Ознакомиться с лабораторной установкой.
6. Выполнить задания к лабораторной работе. Результаты исследований занести в тетрадь, для этих целей отдельно завести тетрадь объемом (12-18) стр., и завизировать выполнение лабораторной работы в конце занятия у преподавателя.
7. Оформить отчет (Форма отчета и содержание лабораторной работы см. рисунок 20).
8. Защитить лабораторную работу. Защита лабораторной работы проводится устно или в виде контрольной работы. Вопросы или контрольные задания на защите выдаются каждому члену бригады.

Факультет энергетический
 Кафедра энергетики
 Направление подготовки бакалавров _____ - _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № _____

на тему: _____

по дисциплине: _____

Выполнил
 студент группы _____ И.О.Ф.

 (подпись, дата)

Проверил
 ученое звание, ученая степень _____ И.О.Ф.

 (подпись, дата)

Благовещенск 20____

Рисунок 20 – Форма отчета и содержание лабораторной работы

Лабораторная работа № 1. Первая помощь пострадавшим от электрического тока

Цель работы: ознакомиться с правилами оказания первой медицинской помощи и провести успешные реанимационные мероприятия.

Задание к лабораторной работе: ознакомиться с устройством работа тренажера; ознакомиться с теоретическими аспектами оказания реанимационных мероприятий; отработать оказания реанимационных мероприятий на комплекс-тренажере «ЭЛТЕК».

Оборудование: комплекс-тренажер «ЭЛТЕК» (см. рисунок 21).



а) тренажер



б) экран

Рисунок 21 - комплекс-тренажер «ЭЛТЕК»

I. Содержание

II. Цель работы:

Задание к лабораторной работе:

Оборудование:

Измерительные приборы:

Таблица 1

Измерительные приборы, применяемые в лабораторной работе

Контролируемый параметр	Единица измерения	Наименование средства измерения	Тип средства измерения	Заводской номер	Погрешность средства измерения*

* - информация из паспорта (руководства по эксплуатации) на средство измерения.

III. Теория, касающаяся объекта(ов) исследования

IV. Результаты исследований(в том числе таблицы, приведенные в описании к лабораторной работе)

V. Обработка результатов измерений

VI. Выводы

VII. Ответы на контрольные вопросы

VIII. Библиографический список

Приложения (при необходимости)

Краткое содержание теоретической части

1. Комплекс мероприятий по первой помощи

Первая доврачебная помощь, т. е., комплекс срочных мероприятий, при внезапных заболеваниях и повреждениях преследует, в основном, следующие задачи или цели:

1.1. Прекратить дальнейшее воздействие электрического тока (см. тему лекции № 2).

1.2. Сделать все необходимое для ликвидации угрозы, возникшей для здоровья или жизни больного и пострадавшего (улучшение или восстановление сердечной и дыхательной деятельности борьба с потерей крови и др.) и облегчить его страдания.

1.3. Предупредить возможные, иногда необратимые осложнения возникшего заболевания или повреждения: например, кровотечения, смещения обломков при переломах» шоки и др. Если, допустим, повреждение произошло на улице большого города, где можно быстро вызвать скорую медицинскую помощь, то первую помощь лучше оказывать на месте происшествия, т. е. без переноса пострадавшего. Если же скорую помощь быстро вызвать невозможно, то пострадавшего следует осторожно перенести в ближайшее помещение» уложить на кровать, кушетку, диван, скамью, расстегнув ворот и пояс.

1.4. Поддерживать основные жизненные функции больного или пострадавшего до момента оказания врачебной помощи. Больному создают максимально благоприятную обстановку и укладывают в более удобное для него положение - обычно на спину. При потере сознания или при небольшой кровопотере больного кладут без подушки. В некоторых случаях, например, при затруднении дыхания, нарушении мозгового кровообращения и носовых кровотечениях более целесообразно полусидячее положение больного. С этой целью ему под спину подкладывают подушки или даже стул под матрац. В редких случаях больного укладывают на бок. За больным или пострадавшим устанавливается постоянное наблюдение, особенно за состоянием его пульса, дыхания» сознания и температурой тела.

1.5. При необходимости транспортировки больного в ближайшее лечебное заведение создать максимально благоприятные условия для этого (покой, транспортная иммобилизация и др.).

Следует иметь в виду, что первая доврачебная помощь очень часто оказывается в весьма неблагоприятных условиях - на улице, в цехе, в поле, в лесу, на дороге и т. д. Поэтому она нередко весьма минимальна и ни в коем случае не может заменить квалифицированную медицинскую помощь.

Надо также учесть, что возникновение внезапного заболевания или повреждения вызывает вполне понятные волнения, а иногда (например, при кровотечении, удушье и т. п.) даже испуг не только у самого больного или пострадавшего, но и у окружающих его.

Поэтому при оказании первой помощи необходимо соблюдать максимальное спокойствие, хладнокровие и самообладание, а самого больного или пострадавшего следует максимально успокоить, ободрить, вывести его из подавленного, угнетенного или, наоборот, возбужденного состояния, вселить в него веру в хороший исход.

2. Определение состояния пострадавшего

Один из важнейших эталон в комплексе мероприятий по оказанию первой помощи до прихода врача – быстрое выявление признаков жизни и смерти у человека, попавшего в беду.

При тяжелых травмах, когда пострадавший находится в бессознательном состоянии и лежит без движения, бывает сложно определить, жив он или нет. Чаще всего это наблюдается при черепно-мозговой травме, при сдавливании тяжестями грудной клетки или живота, при закупорке дыхательных путей вследствие утопления и др. Чтобы не допустить смерти еще живого человека, необходимо сразу же приступить к его спасению.

К основным признакам наличия жизни относятся:

- сердцебиение, определяемое плотным прикладыванием уха или ладони к грудной клетке в ее левой половине на уровне левого соска;

- пульсация артерий в левой или правой половине шеи» в области лучезапястного сустава; в середине паховой области по переднебрюшной поверхности, где располагается бедренная артерия (рисунок 22) - дыхание, определяемое глазом или прикладыванием ладоней к груди и животу по движению грудной клетки или передней брюшной стенки, а также по У помутнению зеркала или какого-нибудь гладкого блестящего предмета и минимальному движению разволокненного кусочка ваты, поднесенного к носовым отверстиям и рту;

- реакция зрачков на свет, влажность и блеск роговиц, подтверждающие наличие жизни. Реакцию зрачков на свет проверяют, заслонив глаза от дневного света и резко отдернув ладони от глаз. При этом можно заметить сужение зрачка, что расценивается как положительная реакция.

Однако надо знать, что отсутствие вышеперечисленных признаков может быть при резко сниженных жизненных процессах в организме при так называемой клинической смерти, поэтому совершенно необходимо незамедлительно приступить к оказанию до врачебной помощи и продолжать ее в течение 2 ч и более, до появления явных признаков смерти.

Прекращать оказывать помощь следует только при появлении явных **признаков смерти**, к которым относятся:

- высыхание и помутнение роговицы глаз;

- возникновение деформации зрачка при сдавливании глазного яблока между пальцами;

похолодание тела, легко ощутимое ладонями, и появление сине-фиолетовых (трупных) пятен на коже. При положении на спине трупные пятна возникают в области ягодиц, лопаток, поясницы; на животе - в области лица, шеи, груди, передней брюшной стенки; на боку - в области крыльев таза, т. е. в местах соприкосновения с полом, землей и т. д.

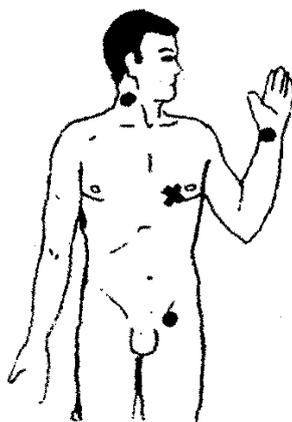


Рисунок 22 - Места определения пульса на артериях шеи, руки и ноги

Самым достоверным признаком смерти, когда нет сомнения в бессмысленности дальнейшего оказания помощи, является развитие трупного окоченения, которое чаще всего возникает через (2-4) часа после смерти.

Оказание первой доврачебной помощи должно начинаться с оценки общего состояния больного или пострадавшего. С этой целью у больного чаще всего проводят исследование состояния сердечной деятельности (пульса), дыхания, сознания и температуры.

Пульс обычно определяют в нижней части предплечья, над лучезапястным суставом на ладонной стороне выше основания большого пальца. Пульс ощущается четырьмя пальцами исследующего в виде ритмичной пульсации лучевой артерии в течение одной минуты. Нормальная частота пульса:

1) у взрослых от 60 до 80 ударов в минуту;

2) у детей от 78 до 80 в возрасте 10 лет и старше, у пятилетних (98-100) и у новорожденных (120-140) ударов.

Пульс может быть учащенным и замедленным, напряженным и слабым, а также аритмичным. Значительное учащение или замедление, а также появление аритмичности пульса указывают на нарушение сердечнососудистой деятельности.

Весьма важно наблюдение за частотой и ритмом дыхания больного. Частоту дыхания можно определить либо наблюдая дыхательные движения грудной клетки, либо положив ладонь на подложечную область больного. В норме частота дыхания у взрослых колеблется от 16 до 20 в минуту, а у детей несколько чаще. Дыхание может быть частым или редким, глубоким или поверхностным. Учащение дыхания наблюдается при повышении температуры и особенно при заболеваниях легких и сердца. При этом может нарушаться и ритм дыхания, когда дыхательные движения происходят через различные промежутки времени. Нарушения дыхательной деятельности могут сопровождаться изменением цвета кожи и слизистых оболочек губ - они приобретают синюшный оттенок (цианоз). Наиболее часто расстройство дыхания проявляется в

виде одышки, при которой нарушаются его частота, глубина и ритм. Сильная и быстро возникающая одышка называется удушьем, а остановка дыхания - асфиксией. Нарушение дыхания, зависящее от заболеваний легких (пневмония и др.), может сопровождаться кашлем и выделением мокроты, иногда с примесью крови.

Потеря сознания может быть либо кратковременной (например, при обмороке) или более длительной (при повреждениях и заболеваниях головного мозга, при коматозных состояниях и др.). Иногда наблюдается своеобразная заторможенность, оглушенность, сонливость или судорожное состояние больного или пострадавшего, о чем всегда следует сообщать врачу.

Если у больного имеются общие явления, свойственные, например, особо тяжелым повреждениям (травматический шок, большая кровопотеря и т. п.), то прежде всего необходимо принять соответствующие меры к ликвидации или уменьшению этих жизненно опасных осложнений.

В том случае, когда у больного или пострадавшего резко нарушено или отсутствует дыхание или произошла остановка сердечной деятельности (что определяется по отсутствию дыхательных движений грудной клетки и отсутствию пульса), то немедленно приступают к искусственному дыханию и наружному массажу сердца.

Искусственное дыхание имеет большое значение для пострадавшего, так как способствует насыщению крови кислородом (из-за отсутствия самостоятельного дыхания). Прежде всего, следует убедиться в проходимости воздухопроводящих путей больного и устранить механические причины, препятствующие дыханию. С этой целью осматривают полость рта и носа, которые при помощи пальца, носового платка или марлевого тампона должны быть быстро очищены, от слюны, слизи, рвотных масс, земли, ила, песка и других инородных тел. Необходимо устранить часто наблюдающееся западание языка, если искусственное дыхание будет производиться при положении больного на спине. Если же при этом больной лежит ничком, т. е. на животе, то нужно следить, чтобы его рот и нос не упирались в землю или подложенный под голову предмет. Кроме того, надо расстегнуть одежду больного, затрудняющую дыхание и кровообращение, а при оказании помощи утонувшему - освободить дыхательные пути и желудок от воды. Все эти подготовительные меры к искусственному дыханию должны проводиться с максимальной быстрой и занимать не более одной минуты.

Частота искусственного дыхания должна приближаться к физиологической, т. е. составлять 16-20 полных дыхательных циклов в минуту. Однако она должна меняться в зависимости от степени дыхательной недостаточности; стадии терминального состояния и способа искусственного дыхания. Длительность искусственного дыхания различна и зависит от характера причины, вызвавшей нарушение нормальной дыхательной деятельности, и ее тяжести. Однако во всех случаях следует руководствоваться общими правилами: искусственное дыхание необходимо продолжать до тех пор, пока не восстановится самостоятельное и нормальное по глубине, частоте и ритму дыхание или же не появятся явные признаки окончательной остановки сердечной деятельности, несмотря на применение мер для ее восстановления (массаж сердца и др.). Наиболее простым и эффективным способом искусственного дыхания является способ «рот в рот» и «рот в нос», который заключается в следующем. Больного кладут на спину с резко запрокинутой назад головой, для чего подкладывают под плечи валик или удерживают голову руками оказывающего помощь, который стоит на коленях сбоку от больного (рисунок 23).



Рисунок 23 - Искусственное дыхание «рот в рот»

При этом положении просвет глотки и воздухоносных путей значительно расширяются и обеспечивается их полная проходимость, что является основным условием успешного проведения такого способа. Всякое смещение головы способно нарушить проходимость дыхательных путей, и часть воздуха может попасть в желудок. Поэтому необходимо тщательно удерживать голову больного в запрокинутом к спине положении. Оказывающий помощь делает глубокий вдох, широко раскрывает рот, быстро приближает его ко рту больного и, плотно прижав свои губы вокруг рта больного, делает глубокий выдох в рот последнего, т. е. как бы вдвует воздух в его легкие и раздувает их. При этом становится заметным расширение грудной клетки больного (вдох). После этого оказывающий помощь откидывается назад и вновь делает глубокий вдох. В это время грудная клетка больного спадается - происходит пассивный выдох. Затем оказывающий помощь вновь выдыхает воздух в рот больного и т. д.

Наружный (непрямой) массаж сердца вместе с искусственным дыханием относятся к числу важнейших мероприятий, направленных на спасение жизни пострадавшего.

Наружный массаж сердца заключается в сильном и ритмичном сдавливании грудной клетки в направлении от грудины к позвоночнику, что вызывает сжатие и расправление сердца. В результате многократного сдавливания искусственно поддерживается кровообращение в организме.

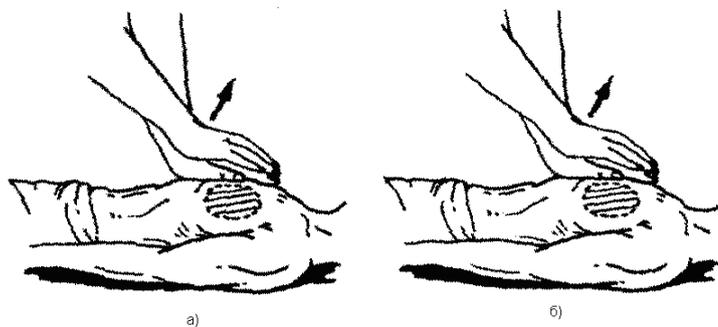
Массаж сердца следует выполнять до восстановления самостоятельной сердечной деятельности, признаками которой являются появление пульсации на сонных или лучевых артериях, уменьшение синюшной или бледной окраски кожи, сужение зрачков и повышение артериального давления.

Наружный массаж сердца надо выполнять следующим образом: больного (или пострадавшего) укладывают на спину на плотное основание (пол, земля и др.); оказывающий помощь становится сбоку от него и ладонными поверхностями рук, наложенными одна на другую, ритмично и сильно надавливает (50-60) раз в 1 минуту на область нижней поверхности груди, сдавливая грудную клетку по направлению к позвоночнику, используя собственную массу тела. Эту манипуляцию нужно выполнять прямыми руками (рисунок 24).

Если реанимацию выполняет 1 человек, то рекомендуется после каждых 10-12 сдавливания груди делать 2 вдвухания в легкие пострадавшего; если же 2 человека, то одно вдвухание следует чередовать с (5-6) сдавливаниями грудной клетки. Искусственный массаж сердца требует большой выносливости и физического напряжения» так как иногда эту процедуру приходится выполнять больше (1,5-2) часа. Необходимо знать, что грубое выполнение может привести к перелому ребер с повреждением легких, сердца и др.

Эффективность проводимого непрямого массажа подтверждается появлением пульса на сонной или бедренной артерии. Через (1-2) мин кожа и слизистые оболочки губ пострадавшего принимают розовый оттенок, зрачки сужаются.

Сочетание непрямого массажа сердца с искусственным дыханием. Непрямой массаж сердца проводят одновременно с искусственным дыханием, так как непрямым массажем сердца сам по себе не вентилирует легкие. Если реанимацию проводят два человека, легкие раздувают в соотношении 1:5, т. е. на каждое раздувание легких производят 5 компрессий (сжатий) грудины (рисунок 25).



а) положение сердца при поднятии рук;
б) положение сердца при нажатии руками на область грудной клетки (стрелками указано направление)

Рисунок 24 - Непрямой массаж сердца

Если помощь оказывает один человек, то легкие раздувают в соотношении 2:10, т. е. через каждые 2 быстрых вдувания воздуха в легкие пострадавшего выполняют 10 компрессий грудины с интервалом в 1 с.



Рисунок 25 - Одновременное проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца

Внимание! Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца являются реанимационными мероприятиями. Их следует начинать немедленно и проводить до восстановления самостоятельного устойчивого пульса и дыхания, до прибытия врача или доставки пострадавшего в лечебное учреждение. При появлении явных признаков биологической смерти оказание помощи прекращают.

Помните, что от быстроты и правильности ваших действий зависит жизнь человека!

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью работы.
2. Под руководством преподавателя ознакомиться с устройством тренажера «ЭЛТЕК».
3. Установить на тренажер сменную лицевую маску. Обработать её дезинфицирующим раствором.
4. В порядке индивидуальной отработки практических навыков оказания первой реанимационной помощи:
 - а) проконтролировать на тренажере появление пульса на сонной артерии;
 - б) обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера. При угле запрокидывания (15-20) градусов должен прозвучать сигнал "дыхательные пути освобождены";
 - в) провести по правилам первой реанимационной помощи ИВЛ методом "изо рта в рот". При достаточно интенсивном поступлении воздуха верхняя часть грудной клетки тренажера приподнимается;
 - г) ритмичным надавливанием на грудную полость тренажера провести непрямой массаж сердца. При прикладываемом усилии, обеспечивающем глубину продавливания (3-5) см на анатомическом дисплее загорается видеоимитатор сердечной деятельности, при большей глубине - видеоимитатор перелома ребер и звуковой сигнал "чрезмерная компрессия, возможны многочисленные повреждения внутренних органов";
 - д) в случае правильного выполнения упражнений через некоторое время на анатомическом дисплее загораются и постоянно горят имитаторы сердечной и дыхательной деятельности, верхняя часть грудной клетки тренажера ритмично поднимается-опускается, голосовое сопровождение сигнализирует об успешности реанимационных мероприятий.
5. После освоения отдельных навыков, следует отработать методики оказания первой реанимационной помощи одним и (разбившись на пары) двумя спасателями.

Контрольные вопросы

1. Что такое терминальные состояния? Какие терминальные состояния Вам известны?
2. Что относится к этиологии и патогенезу терминальных состояний?
3. Какова средняя продолжительность клинической смерти? Её симптомы?
4. Какова последовательность оказания первой медицинской (доврачебной) помощи?
5. Назовите признаки жизни и признаки биологической смерти.
6. Каким образом следует проверять проходимость верхних дыхательных путей пострадавшего?

7. Какие способы искусственной вентиляции легких вы знаете? В каких случаях предпочтительнее применять каждый их них?
8. Какова методика проведения ИВЛ методом "изо рта в рот"?
9. Как правильно расположить руки на груди пострадавшего при проведении непрямого массажа сердца?
10. Какова методика проведения наружного массажа сердца?
11. Каково соотношение раздуваний легких и надавливаний на грудину при оказании первой реанимационной помощи одним спасателем? Двумя спасателями?
12. Каков порядок действий каждого спасателя при оказании ими первой реанимационной помощи?
13. Назовите показатели эффективности проводимой реанимации.
14. Какие практические навыки оказания реанимационной помощи можно отрабатывать на тренажере ЭЛТЕК?

Лабораторная работа № 2. Исследование электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочем месте персонала, обслуживающего электроустановки

Цель работы: ознакомиться с характеристиками электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) (ЭМП ПЧ); нормированием ЭМП ПЧ; методикой измерения параметров ЭМП ПЧ; средствами измерения ЭМП ПЧ; провести исследования ЭМП ПЧ в лабораторных условиях и сделать выводы.

Задание к лабораторной работе: измерить уровни напряженностей ЭМП ПЧ на рабочем месте персонала, обслуживающего электроустановки, и сделать выводы о соответствии этих параметров санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Оборудование: Бытовые электроприборы (электронагреватель, электрическая плита) – источники могут быть заменены на другие.

Измерительные приборы:

1. Измеритель параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50» (внешний вид см. рисунок 26). Руководство по эксплуатации приведено на сайте приборостроительной компании «НТМ-ЗАЩИТА» по адресу <https://www.ntm.ru/products/44/7261>.
2. Цифровой мультиметр М3900 (внешний вид см. рисунок 27).
3. Рулетка.



Рисунок 26 - Внешний вид измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50»



Рисунок 27 - Цифровой мультиметр М3900

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Организация и проведение контроля уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ

К организации и проведению контроля уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ предъявляются следующие требования:

а) контроль уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ должен осуществляться на рабочих местах персонала, обслуживающего электроустановки переменного тока (генерирующее оборудование, воздушные и кабельные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, распределительные устройства и другие объекты), электросварочное оборудование;

б) в электроустановках с однофазными источниками контролируются действующие (эффективные) значения напряженностей ЭП ПЧ и МП ПЧ:

$$E = E_m / \sqrt{2} \text{ и } H = H_m / \sqrt{2},$$

где E_m и H_m - амплитудные значения изменения во времени напряженностей ЭП ПЧ и МП ПЧ;

в) в электроустановках с двух- и более фазными источниками ЭМП ПЧ контролируются действующие (эффективные) значения напряженностей E_{\max} и H_{\max} , где E_{\max} и H_{\max} - действующие значения напряженностей по большей полуоси эллипса или эллипсоида;

г) для случая воздушных и кабельных линий электропередачи (ВЛ и КЛ) на стадии проектирования при расчетах (при наличии утвержденной методики) на основании учета технических характеристик ВЛ и КЛ (номинальное напряжение, ток, мощность, пропускная способность и так далее) строят общие (усредненные) вертикальные или горизонтальные профили напряженности E и H вдоль трасс ВЛ и КЛ. При этом используют ряд усовершенствованных программ, учитывающих для отдельных участков трасс ВЛ и КЛ (например, для ВЛ рельеф местности и некоторые характеристики грунта), что позволяет повысить точность расчета;

д) при проведении контроля за уровнями ЭП ПЧ и МП ПЧ на рабочих местах должны соблюдаться установленные требованиями безопасности при эксплуатации электроустановок предельно допустимые расстояния от оператора, проводящего измерения, и измерительного прибора до токоведущих частей, находящихся под напряжением;

е) контроль уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ должен осуществляться во всех зонах возможного нахождения человека при выполнении им работ, связанных с эксплуатацией и ремонтом электроустановок;

ж) измерения напряженности ЭП ПЧ и МП ПЧ должны проводиться на высоте 0,5; 1,0 и 1,7

м от поверхности земли, пола помещения или площадки обслуживания оборудования и на расстоянии 0,5 м от оборудования и конструкций, стен зданий и сооружений;

з) на рабочих местах, расположенных на уровне земли и вне зоны действия экранирующих устройств, напряженность ЭП ПЧ допускается измерять лишь на высоте 1,7 м;

и) при расположении нового рабочего места над источником МП ПЧ напряженность (индукция) МП ПЧ должна измеряться на уровне земли, пола помещения, кабельного канала или лотка;

к) измерения и расчет напряженности ЭП ПЧ должны производиться при наибольшем рабочем напряжении электроустановки или измеренные значения должны пересчитываться на это напряжение путем умножения измеренного значения на отношение U_{\max}/U , где U_{\max} - наибольшее рабочее напряжение электроустановки, U - напряжение электроустановки при измерениях;

л) измерения уровней ЭП ПЧ следует проводить приборами, не искажающими ЭП ПЧ, в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора при обеспечении необходимых расстояний от датчика до земли, тела оператора, проводящего измерения, и объектов, имеющих фиксированный потенциал;

м) измерения ЭП ПЧ производятся с использованием приборов ненаправленного приема, оснащенных изотропными (трехкоординатными) датчиками с допустимой относительной погрешностью $\pm 20\%$;

н) измерения и расчет напряженности (индукции) МП ПЧ должны производиться при максимальном рабочем токе электроустановки, или измеренные значения должны пересчитываться на максимальный рабочий ток (I_{\max}) путем умножения измеренных значений на отношение I_{\max}/I , где I - ток электроустановки при измерениях;

о) измеряется напряженность (индукция) МП ПЧ при обеспечении отсутствия его искажения находящимися вблизи рабочего места железосодержащими предметами;

п) измерения МП ПЧ производятся с использованием приборов ненаправленного приема, оснащенных изотропными (трехкоординатными) датчиками с допустимой относительной погрешностью $\pm 20\%$.

2.5 Требования к организации и выполнению работ по инструментальному контролю

1. Задание на проведение измерений ЭМП ПЧ на рабочем месте (РМ) выдается организацией или экспертом, в задачи которых будет входить проведение гигиенической оценки (санитарно-эпидемиологической экспертизы) условий труда. В случае производственного контроля объекты измерения и периодичность измерений определяются программой производственного контроля.

2. Подготовка к проведению измерений должна включать:

- планирование измерений - выбор РМ и контролируемых зон (КЗ);
- хронометраж рабочего времени в каждой из КЗ;
- подготовку средств измерений к работе.

3. Планирование измерений отражается в "Акте обследования объекта". РМ и КЗ, на которых предполагается проводить измерения, присваиваются номера. К акту обследования прилагается план расположения РМ и КЗ в производственном помещении.

В акте обследования должны быть отражены:

- профессия работника, связан ли работающий профессионально с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП ПЧ;
- перечень КЗ, входящих в состав каждого РМ;
- время выполнения работы в каждой из КЗ в условиях воздействия ЭМП ПЧ за рабочую смену;
- фазность источников ЭМП ПЧ;
- коэффициент загрузки сети;
- расположение источника электромагнитного поля по отношению к РМ;
- общее или локальное воздействие на работников МП ПЧ;
- временные характеристики режимов генерации импульсных МП ПЧ.

Характеристики РМ определяют алгоритмы анализа результатов измерений уровней ЭМП ПЧ и заключение по ним.

4. Проведение измерений ЭМП ПЧ осуществляется в соответствии с заданием, результаты

измерений вносятся в рабочий журнал учета результатов измерений и оформляются в последующем в виде протоколов измерений.

5. Планирование инструментальных исследований, последующий анализ результатов и оформление документов (журнала учета результатов, протокола измерений) целесообразно автоматизировать с использованием специализированных компьютерных программ.

6. В процессе измерений и по их завершении в рабочий журнал вносятся:

- сведения о предприятии, цель измерений, сведения о полученном задании на измерения, сведения о лицах, присутствующих при измерениях;
- дата и время проведения измерений;
- данные о средствах измерений (тип, заводской номер, данные о государственной поверке);
- номера рабочих мест и контролируемых зон;
- результаты измерений для каждой КЗ - максимальные величины из средних значений по трем измерениям на каждой высоте;
- должность работающего, связан ли работающий профессионально с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП ПЧ;
- характер воздействия МП ПЧ (общее или локальное);
- время воздействия ЭМП ПЧ за рабочую смену;
- данные об оборудовании, являющемся источником ЭМП ПЧ (тип, напряжение и ток максимальные и фактические, фазность, продолжительность импульсов и пауз);
- сведения о наличии средств индивидуальной и коллективной защиты (экранирующих устройств), их расположении по отношению к РМ;
- результаты обработки первичных данных с учетом:
 - а) погрешности средства измерения (результаты измерений ЭП ПЧ и МП ПЧ умножаются на корректирующий коэффициент

$$K_{\text{корр}} = 1 + \text{дельта}/100,$$

где дельта - паспортная относительная погрешность (%) используемого средства измерения);

б) отношения максимального напряжения (тока) к фактическому;

в) фазности тока 50 Гц.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Подготовка измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50» к работе и порядок работы

Внешний вид измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50» приведен в приложении А. Подготовка «ВЕ-50» к работе и порядок работы с ним приведены в Приложении Г.

2.2 Порядок выполнения работы

1. Занести в рабочую тетрадь сведения об оборудовании рабочего места.

2. Составить план (эскиз) размещения рабочего места персонала в помещении учебной лаборатории.

3. В соответствии с п. 2.4 провести измерения фоновых уровней электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочем месте персонала, создаваемых электропроводкой и другими электрическим приборами в учебной аудитории. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу 3.

4. Включить 1-ый источник ЭМП ПЧ в электрическую сеть учебной лаборатории.

5. В соответствии с п. 2.4 провести измерения уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ, создаваемых 1-ым источником ЭМП ПЧ и другими источниками создающими фон, на рабочем месте персонала. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу 3. Провести измерение напряжения U (В) в сети цифровым мультиметром (см. Приложение Б), результат занести в таблицу 3. Измерение напряжения в сети цифровым мультиметром проводить в положении переключателя «700» в секторе «V_~».

6. Включить дополнительно 2-ой источник ЭМП ПЧ в электрическую сеть учебной лаборатории.

7. В соответствии с п. 2.4 провести измерения уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ, создаваемых 1-ым и 2-ым источниками ЭМП ПЧ и другими источниками создающими фон, на рабочем месте персонала. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу 15. Провести измерение напряжения U (В) в сети цифровым мультиметром, результат занести в таблицу 15.

Таблица 15 - Результаты измерений параметров электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц)

Наименование параметра электромагнитного поля	Единица измерения	ПДУ	Измеренный параметр ЭМП ПЧ на высоте h , м			Напряжение в сети учебной лаборатории U , В	Максимальное напряжение в сети * U_{max} , В	Скорректированный параметр ЭП ПЧ на высоте, м			Источники ЭМП ПЧ
			0,5	1,0	1,7			0,5	1,0	1,7	
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон и 1-ый источник ЭМП ПЧ
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон, 1-ый источник ЭМП ПЧ и 2-ой источник ЭМП ПЧ
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										

* - ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009). Напряжения стандартные (см. Приложение Д)

Системы и электрооборудование переменного тока по ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009). «Напряжения стандартные» (см. таблицу 16, 17).

Таблица 16 - Системы и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно

Номинальное напряжение трехфазных четырехпроводных или трехпроводных систем, В		Номинальное напряжение однофазных трехпроводных систем, В
50 Гц	60 Гц	60 Гц
-	120/208	120/240
230	240	-
230/400	230/400	-
-	277/480	-
-	480	-
-	347/600	-
-	600	-
400/690	-	-
1000	-	-

Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применяться.

Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.

Значение 200 или 220 В также используют в некоторых странах.

Значения 100/200 В также используют в некоторых странах в системах с частотой 50 или 60 Гц.

Меньшие значения в первой и второй колонках являются напряжениями *между фазой и нейтралью*, большие значения - напряжениями между фазами. Если указано одно значение, оно относится к *трехфазным* трехпроводным системам и устанавливает напряжение между фазами. Меньшее значение в третьей колонке является напряжением *между фазой и нейтралью*, большее значение - напряжение между *фазными проводниками*.

При нормальных условиях оперирования напряжение питания не должно отличаться от номинального напряжения системы больше чем на $\pm 10\%$.

В таблице 2 указаны наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и электроприемников.

Таблица 17 - Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и электроприемников для систем переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно

Системы	Номинальная частота, Гц	Напряжение				
		Наибольшее напряжение питания или используемое напряжение, В	Номинальное напряжение, В	Наименьшее напряжение питания, В	Наименьшее используемое напряжение, В	
Трехфазные четырехпроводные или трехпроводные системы	50	253	230	207	198	
		253/440	230/400	207/360	198/344	
		440/759	400/690	360/621	344/593	
		1100	1000	900	860	
	60	132/229	120/208	108/187	103/179	
		264	240	216	206	
		253/440	230/400	207/360	198/344	
		305/528	277/480	249/432	238/413	
		528	480	432	413	
		382/660	347/600	312/540	298/516	
		660	600	540	516	
	<p>Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применять.</p> <p>Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.</p> <p>Значение 200 или 220 В также используют в некоторых странах.</p> <p>Значения 100/200 В также используют в некоторых странах в системах с частотой 50 или 60 Гц.</p>					

8. В таблице 3 в колонку «ПДУ» в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 занести ПДУ при воздействии ЭП и МП ПЧ в течение 8 часов и при общем облучении.

9. В таблице 3 в колонку «Максимальное напряжение в сети» в соответствии с ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) занести U_{max} (см. таблицы 16,17).

10. В соответствии с п. 2.4.к в таблицу 3 в колонку «Скорректированный параметр ЭП ПЧ» занести скорректированные значения эффективного значения напряженности электрического поля.

11. Сделать вывод о соответствии рабочего места персонала санитарно-гигиеническим требованиям по параметрам ЭМП ПЧ. В случае их несоответствия дать рекомендации по улучшению условий труда на рабочем месте персонала.

Контрольные вопросы

1. Назовите причины возникновения ЭМП ПЧ на рабочем месте персонала.
2. Какое влияние оказывают на здоровье человека ЭМП ПЧ?
3. Какие показатели нормируются для ЭП ПЧ?
4. Какие показатели нормируются для МП ПЧ?
5. Если измерения параметров ЭМП ПЧ производятся не при максимальных значениях напряжения и рабочих токов электроустановки, что необходимо выполнить?

6. Какие требования предъявляются к приборам для измерения параметров ЭП ПЧ?
7. Какие требования предъявляются к приборам для измерения параметров МП ПЧ?
8. На каких высотах выполняют измерения параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ?
9. Запишите формулу для расчета допустимого времени пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ПЧ ($T_{ПР}$)?
10. Рассчитать допустимое время пребывания персонала в течение рабочего дня, при условии его пребывания в зонах с различной напряженностью ЭП ($T_{ПР}$) и сделать выводы. Время пребывания t_{E1} , t_{E2} , $t_{Eн3}$ в контролируемых зонах с напряженностью E_1 , E_2 , E_3 приведены в таблице 18. Вариант каждому студенту подгруппы задается преподавателем.

Таблица 18 – Варианты задания для вопроса № 10

№ варианта	1	2	3	4	5	6
t_{E1} , час	2,0	1,0	5,0	4,0	1,0	0,5
t_{E2} , час	3,0	4,0	2,0	2,0	5,0	3,5
$t_{Eн3}$, час	3,0	3,0	1,0	2,0	3,0	4,0
E_1 , кВ/м	10,0	6,0	10,0	7,0	6,0	21,0
E_2 , кВ/м	6,0	8,0	15,0	14,0	12,0	10,0
E_3 , кВ/м	12,0	10,0	22,0	18,0	24,0	8,0

Лабораторная работа № 3. Исследование сопротивления тела человека электрическому току

Цель работы: определить основные параметры электрического сопротивления тела человека. Исследовать влияние частоты тока и площади электродов на величину сопротивления.

Оборудование:

универсальный лабораторный стенд по электробезопасности.

Измерительные приборы:

вольтметр.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пояснения к расчету электрических параметров тела человека

При эксплуатации электроустановок возможно прикосновение человека к частям, находящимся под напряжением. В этом случае ток, проходящий через тело человека, может быть определен по формуле

$$I = \frac{U_{np}}{Z_{\text{ч}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ч}}$ – сила тока, проходящего через человека, А;

U_{np} – напряжение прикосновения, В;

$Z_{\text{ч}}$ – полное сопротивление тела человека, Ом.

Полное сопротивление тела человека определяется сопротивлением наружных слоев кожи $Z_{\text{к}}$ и сопротивлением подкожных (внутренних) тканей $R_{\text{в}}$. Кожный покров обладает активной $R_{\text{к}}$ и емкостной $X_{\text{к}}$ составляющими. Полное сопротивление тела человека, прикоснувшегося к электродам, упрощенно можно представить эквивалентной электрической схемой, приведенной на рисунке 28.

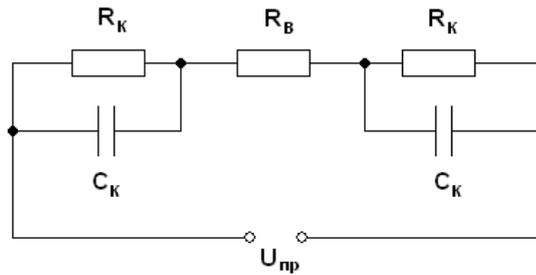


Рисунок 28 - Электрическая схема сопротивления тела человека по пути тока «рука-рука»

Таким образом, полное сопротивление тела человека для пути тока «рука-рука» можно определить по формуле

$$Z_{\text{ч}} = 2Z_{\text{к}} + R_{\text{в}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{к}}$ – сопротивление кожного покрова, Ом;
 $R_{\text{в}}$ – сопротивление внутренних тканей, Ом.
 Откуда сопротивление кожного покрова

$$Z_{\text{к}} = \frac{Z_{\text{ч}} - R_{\text{в}}}{2}. \quad (3)$$

Сопротивление кожного покрова обладает активной $R_{\text{к}}$ и емкостной $X_{\text{к}}$ составляющими

$$Z_{\text{к}} = R_{\text{к}} + X_{\text{к}}. \quad (4)$$

С учетом того, что емкостная составляющая сопротивления кожного покрова определяется как

$$X_{\text{к}} = \frac{1}{2\pi f C_{\text{к}}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{к}}$ – емкость наружного слоя кожи, Ф;
 f – частота приложенного напряжения, Гц,
 получим

$$Z_{\text{к}} = \frac{R_{\text{к}}}{\sqrt{1 + (2\pi f C_{\text{к}} R_{\text{к}})^2}}, \quad (6)$$

Для измерения сопротивления $R_{\text{в}}$ можно использовать токи высокой частоты. Действительно, как следует из формул (2) и (6), при увеличении частоты ($f \rightarrow \infty$) значение сопротивления кожного покрова $Z_{\text{к}} \rightarrow 0$ и полное сопротивление тела человека равно

$$Z_{\text{ч}}(f \rightarrow \infty) \approx R_{\text{в}}. \quad (7)$$

При уменьшении частоты ($f \rightarrow 0$) полное сопротивление тела человека постоянному току следует вычислить по формуле

$$Z_{\text{ч}}(f=0) = 2R_{\text{к}} + R_{\text{в}} \quad (8)$$

откуда

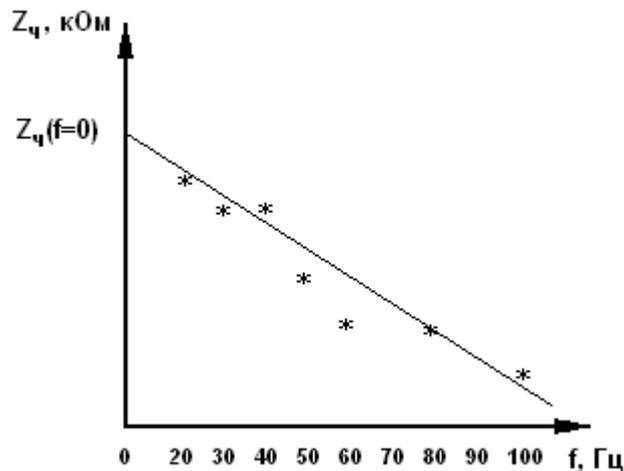
$$R_{\text{к}} = \frac{Z_{\text{ч}}(f=0) - R_{\text{в}}}{2}. \quad (9)$$

Для определения $Z_{\text{ч}}(f \rightarrow 0)$ можно использовать метод экстраполяции. Для этого в линейном масштабе прямоугольных координат $Z_{\text{ч}}$ и f по измеренным данным строится график зависимости полного сопротивления тела от частоты тока в диапазоне $f=(20 \div 100)$ Гц (см. рисунок 29).

Экстраполяцию можно провести аналитически, например, используя метод наименьших квадратов.

Из (6) следует, что выражение для расчета емкости наружного слоя кожи имеет следующий вид

$$C_{\text{к}} = \frac{\sqrt{R_{\text{к}}^2 - Z_{\text{к}}^2}}{2\pi f C_{\text{к}} R_{\text{к}}}. \quad (10)$$



* – экспериментальные значения.

Рисунок 29 - Зависимость полного сопротивления тела человека от частоты тока

Пояснения к обозначениям на панели стенда

Внешний вид стенда «Исследование сопротивления тела человека электрическому току» приведен на рисунок 30.

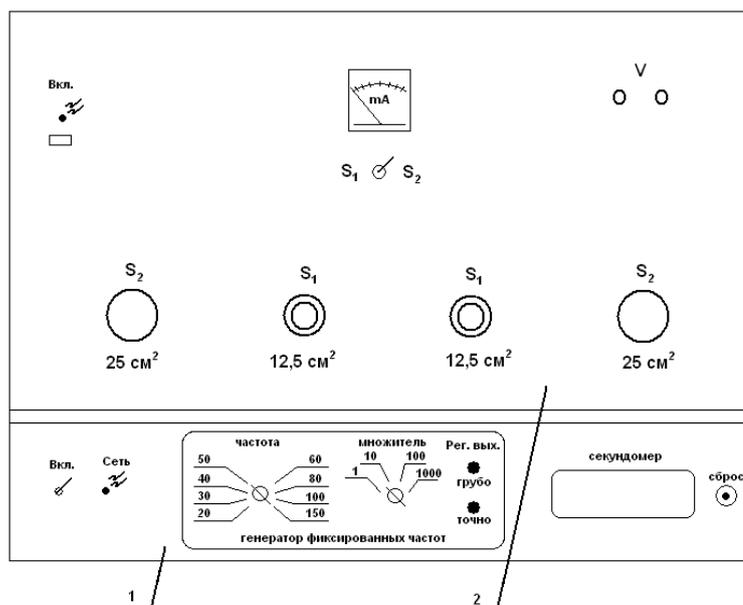


Рисунок 30 – Внешний вид лабораторного стенда

Органы управления и их назначение:

- тумблер «ВКЛ» на основном блоке – подача напряжения на основной блок;
- кнопка «СЕТЬ» – подача напряжения на съемный блок;
- тумблер «S₁-S₂» – подключение к схеме соответствующих дисков-электродов S₁ или S₂;
- кнопка «СБРОС» – сброс показаний секундомера;
- ручки «ГРУБО», «ТОЧНО» – установка величины тока в электрической цепи.

Внимание! Подключение блока питания стенда к основному блоку и к электрической сети осуществляет преподаватель.

ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СТЕНДЕ

1. Соединить шнур питания стенда с сетью. Включить на базовом блоке тумблер «СЕТЬ». При этом на блоке загорается светодиод, свидетельствующий о готовности стенда к работе.

2. Установить ручку «РЕГ. ВХОДА» генератора в крайнее левое положение. При этом вольтметр должен показать «0» В.

3. Переключателем П1 подключить к схеме соответствующие диски-электроды S₁=12,5 см² или S₂=25,0 см². Один из испытуемых (член бригады, выполняющей работу) кладет руки на диски-электроды, подключенные к схеме переключателем П1.

Внимание! В процессе измерений необходимо стремиться к тому, чтобы плотность прижатия рук к дискам-электродам была постоянна в течение всего опыта.

4. С помощью переключателей «ЧАСТОТА» и «МНОЖИТЕЛЬ» генератора установить соответствующую частоту тока. Медленно вращая вправо ручки «РЕГ. ВЫХОДА», установить заданное преподавателем значение тока в цепи, контролируя его значение по миллиамперметру на сменной панели.

Произвести считывание показаний вольтметра.

Ручку «РЕГ. ВЫХОДА» генератора вернуть в крайнее левое положение.

Установить следующую заданную частоту тока или площадь дисков-электродов и продолжить эксперимент. Результаты измерений занести в таблицу 19.

Для заданной преподавателем частоты определить сопротивление тока человека в зависимости от величины проходящего тока I_ч. Результаты измерений занести в таблицу 20.

Расчеты электрических параметров тела человека занести в таблицу 21.

Таблица 19 - Влияние частоты тока и площади дисков-электродов на величину полного сопротивления кожного покрова при $I_{ч}=\text{const}$

Частота, Гц	lg f	Сопротивление тела человека $Z_{ч}$, и напряжение U при площади дисков-электродов S			
		$S_1=12,5 \text{ см}^2$		$S_2=25 \text{ см}^2$	
		U, В	$Z_{ч}$, кОм	U, В	$Z_{ч}$, кОм
20					
30					
40					
...					

Таблица 20 - Влияние величины тока, протекающего через тело человека, на полное сопротивление тела человека для $f=\text{const}$

I, mA		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
U, В	$S_1=12,5 \text{ см}^2$						
	$S_2=25 \text{ см}^2$						
$Z_{ч}$, кОм	$S_1=12,5 \text{ см}^2$						
	$S_2=25 \text{ см}^2$						

Обработка результатов измерений

1. Определить полное сопротивление тело человека.

2. По данным табл. 2 построить графики зависимостей:

$Z_{1ч}=\varphi(f)$ при $S_1=12,5 \text{ см}^2$;

$Z_{2ч}=\varphi(f)$ при $S_2=25,0 \text{ см}^2$.

Примечание. Частоту следует откладывать в логарифмическом масштабе.

3. По формуле (7) определить внутреннее сопротивление тела человека $R_{в}$.

4. Определить сопротивление тела человека постоянному току $Z_{ч}(f=0)$ методом наименьших квадратов или методом графической экстраполяции (рисунок 27).

5. По формуле (9) рассчитать активное сопротивление наружного слоя кожи $R_{к}$.

6. По формуле (3) определить полное сопротивление кожи $Z_{к}$ на частоте, заданной преподавателем.

7. По формуле (10) определить емкость наружного слоя кожи $C_{к}$, а по $C_{к}$ – емкостное сопротивление кожного покрова $X_{к}$.

8. Полученные значения основных параметров электрического сопротивления тела человека занести в таблицу 21.

9. На электрической схеме сопротивления тела человека для пути «рука-рука», представленной на рис. 1, указать значения сопротивлений кожного покрова, внутренних тканей и емкости кожного покрова, полученных при выполнении лабораторной работы.

10. По данным табл. 2 построить график и охарактеризовать зависимость полного сопротивления тела человека от величины тока и площади электродов (линейная, нелинейная и т.п.).

11. Сделать общие выводы по работе.

Таблица 21 - Параметры электрического сопротивления тела человека

Площадь электродов, см ²	R ₀ , кОм	Z(f=0), кОм	R _к , кОм	Частота тока f, кГц			
				Z _ч , кОм	Z _к , кОм	C, мкФ	X _с , кОм
S ₁ =12,5							
S ₂ =25,0							

Контрольные вопросы

1. Перечислить составляющие, определяющие электрическое сопротивление тела человека.
2. Как изменится сопротивление тела человека при загрязнении кожного покрова?
3. Как изменится сопротивление тела человека при повреждении кожи?
4. Как изменится полное сопротивление тела человека при увеличении частоты приложенного напряжения?
5. Составьте эквивалентную схему сопротивления тела человека при пути тока «рука-нога».
6. Как зависит сопротивление тела человека от площади электродов и частоты приложенного напряжения?

Лабораторная работа № 4. Исследование опасности поражения током в сетях трехфазного тока напряжением до 1000 В

Цель работы: изучить влияние параметров сети на исход поражения человека электрическим током в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

Оборудование:

универсальный лабораторный стенд по электробезопасности.

Измерительные приборы: вольтметр.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пояснения к расчету

Ток, проходящий через тело человека, касающегося одной из фаз трехфазной сети с изолированной нейтралью при равенстве сопротивлений изоляции и емкостей проводов фаз относительно земли $r_A=r_B=r_C=r$; $C_A=C_B=C_C=C$ определяется по формуле:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\phi} \cdot \sqrt{(1+r(r+6R_{\phi}))/9R_{\phi}^2(1+r^2\omega^2C^2)}} \quad (1)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

R_{ϕ} – сопротивление тела человека, Ом;

ω – круговая частота ($\omega=2\pi f$, $f=50$ Гц), рад/сек.

Ток, проходящий через тело человека, касающегося одной из фаз трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, определяется по формуле:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\phi} + R_0} \quad (2)$$

где R_0 – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Пояснения к обозначениям на панели стенда

Внешний вид стенда «Исследование электробезопасности в сетях трехфазного тока напряжением до 1000 В» приведен на рисунке 31. Органы управления и их назначение:

- тумблер «ВКЛ» на основном блоке – подача напряжения на основной блок;

- кнопка «СЕТЬ» – подача напряжения на съемный блок;
- тумблер R_0 – выбор режима нейтрали;
- тумблер «ЗАМЫКАНИЕ» – имитация аварийного режима (появление напряжения на корпусе электроустановки);
- переключатели $r_a, r_b, r_c, C_a, C_b, C_c$ – установка величины сопротивления и емкости фаз относительно земли;
- переключатель $R_{ч}$ – установка величины электрического сопротивления тела человека.

Внимание! Подключение блока питания стенда к основному блоку и к электрической сети осуществляет преподаватель.

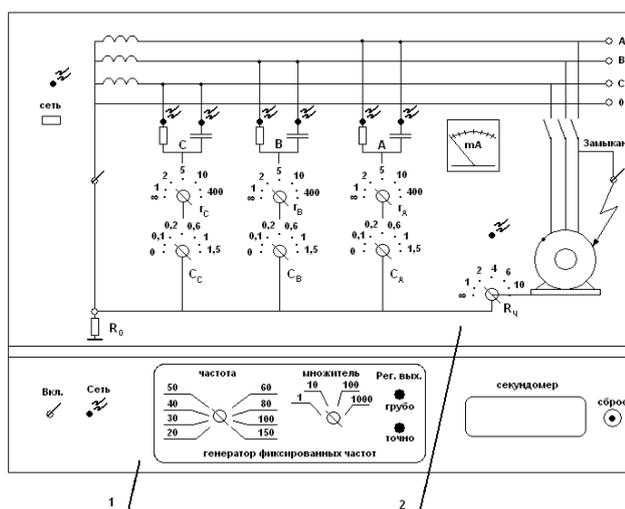


Рисунок 31 – Внешний вид лабораторного стенда

ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СТЕНДЕ

1. Исследование сети с изолированной нейтралью.

1.1. Поставить переключатель $r_a, r_b, r_c, R_{ч}$ в положение « ∞ », а переключатели $C_a, C_b,$ и C_c в положение «0». Тумблер R_0 – в положение «ВЫКЛ».

Включить на стенде тумблер «СЕТЬ», а на вертикальной панели нажать кнопку «СЕТЬ». О готовности стенда к работе сигнализирует лампочка на блоке, а на вертикальной панели загорается светодиод.

Измерить с помощью вольтметра напряжение U_{ϕ} сети (для расчета по п.1.2).

Внимание! Показания вольтметра при измерении напряжения умножить на 10.

1.2. Рассчитать ток (см. пояснение к расчету), протекающий через тело человека при однополюсном прикосновении. Данные для расчета приведены в таблице 22. Вариант задания определяет преподаватель. Сопротивление тела человека $R_{ч}$ задается преподавателем. Величина напряжения сети U_{ϕ} определяется в п.1.1.

Таблица 22 - Варианты заданий

Номер варианта	Сопротивление фаз относительно земли r , кОм	Емкость фаз относительно земли C , мкФ
1	∞	0,1
2	1	0
3	5	0
4	∞	0,2
5	2	0
6	10	0

Номер варианта	Сопротивление фаз относительно земли r , кОм	Емкость фаз относительно земли C , мкФ
7	∞	0,5
8	400	0
9	10	0
10	∞	1
11	2	0
12	5	0
13	∞	1,5
14	10	0
15	∞	0,5
16	400	0

1.3. Включить на вертикальной панели тумблер «ЗАМЫКАНИЕ». О появлении напряжения на корпусе электродвигателя свидетельствует зажигание светодиода.

Исследовать зависимость величины протекающего через человека тока и напряжения прикосновения от:

а) величины сопротивления $r_A=r_B=r_C=r$ изоляции фаз $I_q=f(r)$ и $U_{пр}=f(r)$ при $C_A=C_B=C_C=const$ и $R_q=const$.

Результаты измерений записать в таблицу 23.

б) величины емкости $C_A=C_B=C_C=C$ фаз относительно земли $I_q=f(C)$ и $U_{пр}=f(C)$ при $r_A=r_B=r_C=const$ и $R_q=const$.

Результаты измерений занести в таблицу 24.

Таблица 23 - Влияние сопротивления фаз относительно земли на величину тока и напряжения прикосновения

r , кОм		∞	1	2	5	10	400
C , мкФ	R_q , кОм	I_q , мА					
		$U_{пр}$, В					
C , мкФ	R_q , кОм	I_q , мА					
		$U_{пр}$, В					

Таблица 24 - Влияние емкости фаз относительно земли на величину тока и напряжения прикосновения

C , мкФ		0	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5
r , кОм	R_q , кОм	I_q , мА					
		$U_{пр}$, В					
r , кОм	R_q , кОм	I_q , мА					
		$U_{пр}$, В					

1.4. Выключить на вертикальной панели тумблер «ЗАМЫКАНИЕ».

1.5. Построить по данным таблиц 23 и 14 графики зависимостей: $I_q=f(r)$ и $U_{пр}=f(r)$ при $C_A=C_B=C_C=const$, $R_q=const$. $I_q=f(C)$ и $U_{пр}=f(C)$ при $r_A=r_B=r_C=const$, $R_q=const$.

1.6. Результаты расчета по п.1.2 сравнить с экспериментальными данными, полученными в

п.1.3.

1.7. По результатам п. 1.5 сделать вывод о влиянии сопротивления r и емкости C фаз относительно земли на степень опасности прикосновения человека к корпусу электрооборудования в сетях с изолированной нейтралью.

2. Исследование сети с глухозаземленной нейтралью

2.1. Перевести тумблер на вертикальной панели «R₀» в положение «ВКЛ». Величина R₀ устанавливается в соответствии с требованиями ПУЭ.

2.2. Поставить переключатели r_A, r_B, r_C, C_A, C_B, C_C в положение в соответствии с заданием преподавателя.

2.3. Рассчитать ток, протекающий через человека при однополюсном прикосновении (см. пояснения к расчету и п.1.1).

2.4. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ». При этом на корпусе электродвигателя загорается светодиод, свидетельствующий об аварии.

2.5. Исследовать зависимость величины протекающего через человека тока и напряжения прикосновения:

$$I_{\text{ч}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ и } U_{\text{пр}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ при } C_A=C_B=C_C=\text{const } r_A=r_B=r_C=\text{const}$$

Результаты измерений занести в таблицу 25 и по ним построить графики зависимости.

Результаты расчета по п.2.3 сравнить с экспериментальными данными.

Таблица 25 - Влияние сопротивления тела человека на величину тока и напряжения прикосновения

R _ч , кОм			∞	1	2	4	6	10
C, мкФ	r, кОм	I _ч , мА						
		U _{пр} , В						
C, мкФ	r, кОм	I _ч , мА						
		U _{пр} , В						

2.6. Поставить переключатели r_A=r_B=r_C=r в положение «∞», а переключатели C_A=C_B=C_C=C – в положение «0».

2.7. Исследовать зависимость величины протекающего через человека тока и напряжения прикосновения:

$$I_{\text{ч}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ и } U_{\text{пр}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ при } C_A=C_B=C_C=0, r_A=r_B=r_C=\infty$$

Результаты измерений занести в таблицу 26. Сравнить результаты расчета с экспериментальными данными.

Таблица 26 - Влияние сопротивления тела человека на величину тока и напряжения прикосновения

R _ч , кОм			∞	1	2	4	6	10
C, мкФ	r, кОм	I _ч , мА						
		U _{пр} , В						
C, мкФ	r, кОм	I _ч , мА						
		U _{пр} , В						

2.8. Выключить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ».

2.9. Выключить стенд.

2.10. Построить по результатам п.2.5. и п.2.7. графики зависимостей:

$$I_{\text{ч}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ при } C_A=C_B=C_C=C=\text{const};$$

$$U_{\text{пр}}=f(R_{\text{ч}}) \text{ при } r_A=r_B=r_C=r=\text{const}.$$

2.11. Сделать выводы о влиянии сопротивления r и емкости C фаз относительно земли на степень опасности прикосновения человека к корпусу электрооборудования в сетях с глухозаземленной нейтралью.

2.12. На основании полученных результатов проанализировать степень опасности прикосно-

вения человека к корпусу электрооборудования для различных режимов нейтрали сети.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение сетей с изолированной нейтралью.
2. От каких параметров сети с изолированной нейтралью зависит исход поражения человека электрическим током?
3. Дайте определение сетей с глухозаземленной нейтралью.
4. Какими параметрами определяется исход поражения человека электрическим током в сети с глухозаземленной нейтралью?
5. В каких случаях используют сети с изолированной и заземленной нейтралью?
6. Дайте сравнительную оценку опасности сетей с изолированной и заземленной нейтралью в случае нормального состояния изоляции фаз.

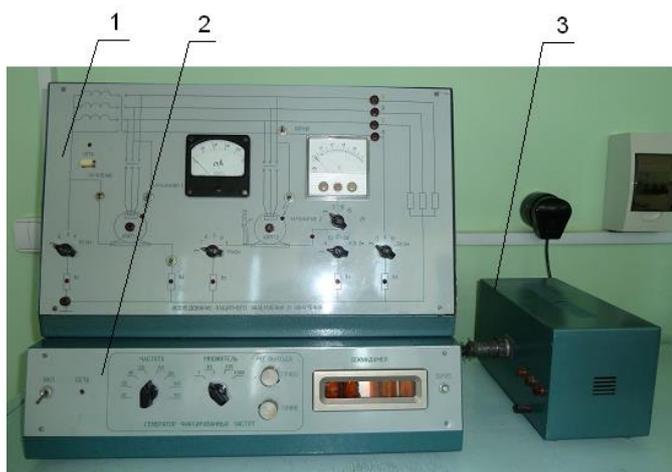
Лабораторная работа № 5, 6. Исследование эффективности зануления и защитного заземления

Цель работы: ознакомиться с устройством, назначением и основными характеристиками защитного заземления и зануления в электроустановках напряжением до 1000 В; уяснить влияние параметров защитного заземления и зануления на исход поражения человека электрическим током; провести исследования работы схем защитного заземления и зануления.

Задание к лабораторной работе: провести исследования работы схем защитного заземления и зануления; проанализировать эффективность их работы; сделать выводы.

Оборудование: универсальный лабораторный стенд по электробезопасности (см. рисунок 32).

Измерительные приборы: мультиметр.



1 – базовый блок; 2 – съемный блок
(блок исследования эффективности защитного заземления и зануления);
3 – блок питания стенда

Рисунок 32 - Универсальный лабораторный стенд по электробезопасности

Пояснения к обозначениям на панели стенда

Внешний вид стенда по «Исследованию эффективности зануления и защитного заземления» приведен на рисунке 32.

Органы управления и их назначение:

- тумблер «ВКЛ» на основном блоке – подача напряжения на основной блок;
- кнопка «СЕТЬ» – подача напряжения на съемный блок;
- тумблеры «ЗАМЫКАНИЕ 1» и «ЗАМЫКАНИЕ 2» – имитация аварийных режимов (появление напряжения на корпусах электроустановок);
- тумблер «ЗАНУЛЕНИЕ» – подключение корпуса электроустановки к нулевому проводу;

- тумблер «ОБРЫВ» – имитация обрыва нулевого провода;
- тумблер « R_3 » – установка защитного заземления;
- переключатель « R_0 » – установка величины сопротивления рабочего заземления;
- переключатель « $R_ч$ » – установка величины электрического сопротивления тела человека;
- переключатель « $R_з$ » – установка величины сопротивления защитного заземления;
- переключатель « $R_п$ » – установка величины сопротивления повторного заземления нулевого провода;
- переключатель « $Z_п$ » – установка величины сопротивления петли «фаза-нуль».

Внимание! Подключение блока питания стенда к основному блоку и к электрической сети осуществляет преподаватель.

ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СТЕНДЕ

1. Сеть с глухозаземленной нейтралью

1.1. Определить величину напряжения прикосновения при различных сопротивлениях петли «фаза-нуль» и время отключения электродвигателя.

Внимание! Показания вольтметра при измерении напряжения **умножить на 10**.

1.1.1. Поставить переключатели $R_п$, $R_з$, $R_ч$, R_0 – в положение « ∞ »; тумблеры «ОБРЫВ», «ЗА-НУЛЕНИЕ», « $R_з$ », «ЗАМЫКАНИЕ 1» и «ЗАМЫКАНИЕ 2» – в положение «ВЫКЛ.»

1.1.2. Включить тумблер «СЕТЬ» на блоке и кнопку «СЕТЬ» на вертикальной панели. О готовности стенда к работе свидетельствует загорание лампочки на блоке и светодиода на вертикальной панели.

1.1.3. Проверить работоспособность стенда.

Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2». При этом на корпусе 2 электродвигателя загорается светодиод, свидетельствующий о том, что корпус находится под напряжением.

Установить переключатель « $Z_п$ » в положение 3 Ом и убедиться в срабатывании автомата защиты.

1.1.4. Привести схему в исходное состояние:

а) выключить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2»;

б) дважды нажать на вертикальной панели кнопку «СЕТЬ».

1.1.5. Переключатель « $Z_п$ » установить в положение « ∞ », переключатель « $R_ч$ » – в положение 1 кОм, тумблер «ЗАЗЕМЛЕНИЕ» – в положение «ВЫКЛ.», переключатели « $R_п$ », « R_0 » – в одно из положений, указанных преподавателем ($R_п=3$ Ом; 4 Ом; 10 Ом; 30 Ом; $R_0=2$ Ом; 3 Ом; 4 Ом; 10 Ом).

1.1.6. Вращением правой ручки, расположенной на амперметре A_2 , установить красную стрелку на заданное преподавателем значение номинального тока уставки I_y расцепителя автомата.

1.1.7. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и по амперметру A_2 зафиксировать ток короткого замыкания в цепи «ФАЗА-НУЛЬ».

1.1.8. По миллиамперметру A_1 измерить ток, протекающий через тело человека, и по секундомеру – время отключения электродвигателя.

Внимание! Если электродвигатель не отключается в течение 30 с, то время отключения считать бесконечным.

1.1.9. Измерить напряжение прикосновения на электродвигателе 1 и 2.

Внимание! В случае отключения электродвигателя измерению подлежит только время отключения.

1.1.10. Привести схему в исходное состояние в соответствии с п. 1.1.4.

Нажать на секундомере кнопку «СБРОС» и повторить аналогичное измерение (пп. 1.1.7 – 1.1.9) для различных значений $Z_п$.

1.1.11. Результаты измерений записать в таблицу 27.

Таблица 27 - Влияние сопротивления цепи “фаза-нуль” Z_n на величину напряжения прикосновения и время отключения

Z_n , Ом	Ток устав- ки I_y , А	Время срабаты- вания защиты, с	U_{pp1} , В	U_{pp2} , В	$I_{кз}$, А	$I_ч$, мА	R_0 , Ом	R_n , Ом	$R_ч$, кОм
15									
10									
3									

1.1.12. По результатам измерений построить зависимости: $U_{pp1}=Y(Z_n)$; $U_{pp2}=Y(Z_n)$; $I_ч=Y(Z_n)$; $t_{отк}=Y(Z_n)$.

1.1.13. По результатам измерений сделать вывод о влиянии Z_n на величину напряжения прикосновения, на силу тока через человека и на время отключения электродвигателя.

1.1.14. Привести схему в исходное состояние в соответствии с п.1.1.4.

1.2. Определить влияние повторного заземления нулевого провода на величину напряжения прикосновения при обрыве и при отсутствии обрыва нулевого провода.

1.2.1. Установить переключатели Z_n в положение 10 Ом, R_0 в положение 4 Ом, $R_ч$ – в положение 1 кОм, тумблер «ЗАЗЕМЛЕНИЕ» – вкл, «ОБРЫВ» – вкл.

1.2.2. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2».

1.2.3. Изменяя величину R_n , измерить $I_{кз}$, $I_ч$, U_{pp1} , U_{pp2} и данные записать в таблицу 28.

Таблица 28 - Влияние величины сопротивления повторного заземления R_n на напряжение прикосновения при обрыве нулевого провода (при $Z_n=15$ Ом)

R_n , Ом	$I_{кз}$, А	$I_ч$, мА	U_{pp1} , В	U_{pp2} , В
3				
4				
10				
30				
∞				

1.2.4. Выключить тумблер «ОБРЫВ» и, проведя аналогичные измерения, заполнить табл. 29.

Таблица 29 - Влияние величины сопротивления повторного заземления R_n на напряжение прикосновения при отсутствии обрыва нулевого провода (при $Z_n=15$ Ом)

R_n , Ом	$I_{кз}$, А	$I_ч$, мА	U_{pp1} , В	U_{pp2} , В
3				
4				
10				
30				
∞				

1.2.5. Выключить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и привести схему в исходное состояние.

1.2.6. По результатам измерений построить зависимости $U_{пр1}=Y(R_n)$, $U_{пр2}=Y(R_n)$ для случаев с обрывом и без обрыва нулевого провода.

1.2.7. Сделать вывод о роли повторного заземления нулевого провода и опасности его обрыва. Сравнить полученные результаты со случаем отсутствия повторного заземления нулевого провода $R_n \rightarrow \infty$.

2. Сеть с изолированной нейтралью

2.1. Определить зависимость величины тока, протекающего через человека, от величины сопротивления защитного заземления.

2.1.1. Поставить переключатели « R_0 », « R_q », « Z_n », « R_3 » – в положение « ∞ », «ЗАМЫКАНИЕ 1», «ЗАМЫКАНИЕ 2» – выкл., «ЗАНУЛЕНИЕ», « R_3' » – выкл., «ОБРЫВ» – выкл.

2.1.2. Переключатель « R_3 » поставить в положение 4 Ом, « R_q » – в положение по заданию преподавателя. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и по миллиамперметру А1 измерить ток, протекающий через тело человека. Провести аналогичные измерения при положении переключателя « R_3 » – (25, 50, 100) Ом. Результаты измерения занести в таблицу 30.

Таблица 30 - Влияние величины сопротивления заземлителя R_3 на силу тока I_q , протекающего через тело человека

R_3 , Ом	R_q , кОм	I_q , мА
4		
25		
50		
100		
∞		

2.1.3. Построить график зависимости $I_q=Y(R_3)$ и указать на нем область неотпускающего и фибрилляционного токов.

2.1.4. По данным измерений оценить опасность увеличения R_3 выше допустимого сопротивления.

Контрольные вопросы

1. Что называется напряжением прикосновения?
2. Что такое защитное заземление? Каковы его функции?
3. Что такое защитное зануление? Чем оно отличается от защитного заземления?
4. В каких сетях трехфазного тока применяется защитное заземление?
5. В каких сетях трехфазного тока применяется зануление?
6. Как осуществляется нормирование допустимых величин защитного заземления?
7. Какие параметры необходимо учитывать при проектировании зануления?
8. Каким образом осуществляется нормирование допустимых значений напряжений прикосновений и токов?

4. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы

1. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

2. Методические рекомендации при подготовке к практическим занятиям

Целью проведения практических занятий является закрепление полученного на лекциях теоретико-методического материала, развитие логического мышления и аналитических способностей у будущих бакалавров. Методика проведения практических занятий предусматривает решение общих (типовых) задач и нескольких задач для самостоятельного решения. Темы практических занятий сообщаются студентам заранее и определены рабочей программой дисциплины.

Методические рекомендации для выполнения практических работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме практической работы, а также приведен порядок выполнения работы с требованиями к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях по теме практического занятия. Изучить выданный преподавателем материал по темам практических работ. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Ознакомиться с исходными данными для выполнения индивидуального задания

3. Методические рекомендации при подготовке к лабораторным работам

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия. Целью проведения лабораторных работ является закрепление полученного на лекциях и практических занятиях теоретико-методического материала.

Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста.

Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

Индивидуальные задания для лабораторных работ представлены конкретно-практическими и творческими задачами.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, студент должен уяснить место конкретной лабораторной работы в изучаемом курсе, поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы и требования к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

Методика проведения лабораторных работ предусматривает их выполнение в микро группах с написанием отчета и его защитой.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить отчеты по лабораторным работам.

4. Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (подготовка к семинарским занятиям, подготовка к практическим занятиям, сдача экзамена).

5. Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть I. Воздействие электрического тока и электромагнитного поля на человека [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 132 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47394>.

2. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть II. Заземление электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47395>.

3. Привалов Е.Е. Электробезопасность. Часть III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Привалов Е.Е.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47396>.

4. Монахов А.Ф., Электробезопасность. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Монахов А.Ф., Долин П.А., Медведев В.Т. ; под ред. В.Т. Медведева. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. — 280 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72333#book_name.

5. Долин П.А., Медведев В.Т., Корочков В.В. Электробезопасность: задачник: Учебное пособие / Под ред. Проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2003. – 215 с.: ил.