

## **Лекция. Электромагнитные поля и излучения**

Электромагнитная волна, распространяясь от источника в неограниченном пространстве со скоростью света, создает электромагнитное поле (ЭМП), способное воздействовать на заряженные частицы и токи, в результате чего происходит превращение энергии поля в другие виды энергии. Действующим началом колебаний диапазона от единиц до нескольких тысяч Гц являются протекающие токи соответствующей частоты через тело как хороший проводник.

Для диапазона частот от нескольких тысяч до 30 мГц характерно быстрое возрастание поглощения энергии, а следовательно, и поглощенной мощности телом с увеличением частоты колебаний. Особенностью диапазона от 30 мГц до 10 гГц является «резонансное» поглощение. У человека такой характер поглощения возникает при действии ЭМП с частотами от 70 до 100 мГц. Для диапазонов от 10 до 200 гГц и от 200 до 3000 гГц характерно максимальное поглощение энергии поверхностными тканями, преимущественно кожей.

С уменьшением длины волны и увеличением частоты глубина проникновения электромагнитных волн в ткани уменьшается. Эта тенденция наблюдается до тех пор, пока длина волны в данном организме существенно превышает размеры клетки. На очень высоких частотах проницаемость тканей для электромагнитного излучения вновь начинает возрастать, например, для рентгеновского и гамма-излучения.

Различие диэлектрических свойств тканей приводит к неравномерности их нагрева, возникновению макро- и микротепловых эффектов со значительным перепадом температур.

*Электромагнитные поля промышленной частоты.* Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам в головном мозге и центральной нервной системе. В результате у человека наблюдаются головная боль в височной и затылочной областях, вялость, ухудшение памяти, боли в области сердца, угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету и интенсивному звуку, расстройство сна, сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, дыхания, повышенная раздражительность, а также наблюдаются функциональные нарушения в центральной нервной системе, изменения в составе крови.

Согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» пребывание в электромагнитных полях промышленной частоты напряженностью до 5 кВ/м допускается в течение всего рабочего дня.

*Электростатические поля.* Электростатическое поле (ЭСП) образует электростатические заряды, возникающие на поверхностях некоторых материалов как жидких, так и твердых, вследствие электризации.

Электризация возникает при трении двух диэлектрических или диэлектрического и проводящего материалов, если последний изолирован от земли. При разделении двух диэлектрических материалов происходит разделение электрических зарядов. Материал, имеющий большую диэлектрическую проницаемость, заряжается положительно, а меньшую – отрицательно.

Кроме трения, причиной образования статических зарядов является электрическая индукция, в результате которой изолированные от земли тела во внешнем электрическом поле приобретают электрический заряд.

Воздействие ЭСП на человека связано с протеканием через него слабого тока. При этом электротравм не бывает. Однако вследствие рефлекторной реакции на раздражение анализаторов на коже человек отстраняется от заряженного тела, что может привести к механической травме от удара о рядом расположенные элементы конструкций, падение с высоты, испуг с возможной потерей сознания.

Электростатическое поле большой напряженности (несколько десятков киловольт) способно изменять и прерывать клеточное развитие, вызывать катаракту с последующим помутнением хрусталика.

К воздействию электростатического поля наиболее чувствительны центральная нервная и сердечно-сосудистая системы, анализаторы. Люди жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Длительное пребывание человека в условиях, когда напряженность ЭСП имеет величину более 1 кВ/м, вызывает нервно-эмоциональное напряжение, утомление, снижение работоспособности, нарушение суточного бiorитма, снижение адаптационных резервов организма.

Предельно допустимое значение напряженности ЭСП устанавливается СанПиН 2.2.4.1191-03 в зависимости от времени его воздействия на работника за смену, равным 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в поле не регламентируется.

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

### ***Электромагнитные поля радиочастот***

Электромагнитные поля радиочастот большой интенсивности вызывают в организме человека тепловой эффект, который может выразиться в нагреве тела, либо отдельных его тканей или органов. Воздействие электромагнитного поля особенно вредно для органов и тканей, недостаточно хорошо снабженных кровеносными сосудами (глаза, мозг, почки, желудок, мочевой и желчный пузырь). Наиболее чувствительны к воздействию радиоволн центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. У человека

возникают головная боль, повышенная утомляемость, изменение артериального давления, нервно-психические расстройства, а также могут наблюдаться выпадение волос, ломкость ногтей, снижение веса.

Нормирование ЭМП радиочастотного диапазона в производственных условиях проводится СанПиН 2.2.4.1191-03, согласно которым оценка воздействия ЭМП радиочастот на людей осуществляется по интенсивности излучения и энергетической экспозиции.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрического и магнитного полей (*ЕПДУ, НПДУ*) диапазона частот от 10 до 30 кГц при воздействии в течение всей рабочей смены составляют 500 В/м и 50А/м соответственно. ПДУ напряженности электрического и магнитного полей при продолжительности воздействия до 2 часов за смену равны 1 000 В/м и 100 А/м соответственно.

### ***Способы защиты от вредного воздействия электромагнитных полей***

Захита человека от опасного воздействия электромагнитного облучения осуществляется следующими способами: уменьшением излучения от источника; экранированием источника излучения и рабочего места; установлением санитарно-защитной зоны; поглощением или уменьшение образования зарядов статического электричества; устраниением зарядов статического электричества; применением средств индивидуальной защиты.

Уменьшение мощности излучения от источника реализуется применением поглотителей электромагнитной энергии; блокированием излучения.

*Поглощение электромагнитных излучений* осуществляется поглотительным материалом путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. В качестве такого материала применяют каучук, поролон, пенополистерол, ферромагнитный порошок со связывающим диэлектриком.

*Экранирование источника излучения* и рабочего места производится специальными экранами. При этом различают отражающие и поглащающие экраны. Первые изготавливают из материала с низким электросопротивлением – металлы и их сплавы (медь, латунь, алюминий, сталь, цинк). Они могут быть сплошные и сетчатые. Экраны должны быть заземлены для обеспечения стекания в землю образующихся на них зарядов.

Поглащающие экраны выполняют из радиопоглащающих материалов: эластичных или жестких пенопластов, резиновых ковриков, листов поролона или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных пластин.

Для устранения зарядов статического электричества используют заземление частей оборудования, увлажнение воздуха.

## **4.6. Электрический ток**

Опасность поражения людей электрическим током на производстве и в быту появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования и бытовых приборов. По сравнению с другими видами производственного травматизма электротравматизм составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым и особенно летальным исходом занимает одно из первых мест. На производстве из-за несоблюдения правил электробезопасности происходит 75% электропоражений.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое, биологическое, световое воздействие.

Термическое воздействие тока характеризуется нагревом кожи и тканей до высокой температуры вплоть до ожогов.

Электролитическое воздействие заключается в разложении органической жидкости, в том числе крови, и нарушении ее физико-химического состава.

Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Механическое действие связано с сильным сокращением мышц вплоть до их разрыва.

Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей и сопровождается судорожными сокращениями мышц.

Световое действие приводит к поражению слизистых оболочек глаз.

### ***Виды поражения организма человека электрическим током***

Электротравмы – это травмы, полученные от воздействия электрического тока на организм, которые условно разделяют на общие (электрический удар), местные и смешанные.

*Электрический удар* представляет собой возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся резкими судорожными сокращениями мышц, в том числе мышцы сердца, что может привести к остановке сердца.

Под местными электротравмами понимается повреждение кожи и мышечной ткани, а иногда связок и костей. К ним можно отнести электрические ожоги, электрические знаки, металлизацию кожи, механические повреждения.

*Электрические ожоги* – наиболее распространенная электротравма, возникает в результате локального воздействия тока на ткани. Ожоги бывают двух видов – контактный и дуговой. Контактный ожог является следствием преобразования электрической энергии в тепловую и возникает в основном в электроустановках напряжением до 1 000 В.

Электрический ожог – это как бы аварийная система, защита организма, так как обуглившиеся ткани в силу большей сопротивляемости, чем обычная кожа, не позволяют электричеству проникнуть вглубь, к жизненно важным системам и органам. Иначе говоря, благодаря ожогу ток заходит в тупик.

Когда организм и источник напряжения соприкасались неплотно, ожоги образуются на местах входа и выхода тока. Если ток проходит по телу несколько раз разными путями, возникают множественные ожоги.

Множественные ожоги чаще всего случаются при напряжении до 380 В из-за того, что такое напряжение «примагничивает» человека и требуется время на отсоединение. Высоковольтный ток такой «липучестью» не обладает. Наоборот, он отбрасывает человека, но и такого короткого контакта достаточно для серьезных глубоких ожогов. При напряжении выше 1 000 В случаются электротравмы с обширными глубокими ожогами, поскольку в этом случае температура поднимается по всему пути следования тока.

При напряжении выше 1 000 В в результате случайных коротких замыканий может возникнуть и дуговой ожог.

*Электрические знаки* или электрические метки представляют собой четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшегося действию тока. Обычно электрические знаки имеют круглую или овальную форму с углубленным в центре размером от 1 до 5 мм.

*Металлизация кожи* – это выпадение мельчайших частичек расплавленного металла на открытые поверхности кожи. Обычно такое явление происходит при коротких замыканиях, производстве электросварочных работ. На пораженном участке возникает боль от ожога и наличия инородных тел.

*Механические повреждения* – следствие судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через человека, приводящее к разрыву кожи, мышц, сухожилий. Это происходит при напряжении ниже 380 В, когда человек не теряет сознания и пытается самостоятельно освободиться от источника тока.

*Факторы, определяющие исход воздействия электрического тока на человека.* Согласно ГОСТу 12.1.019 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования» степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от силы тока, напряжения, рода тока, частоты электрического тока и пути прохождения через тело человека, продолжительности воздействия и условий внешней среды.

Сила тока – главный фактор, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия. Сила тока (в амперах) зависит от приложенного напряжения (в вольтах) и электрического сопротивления организма (в омах).

По степени воздействия на человека различают три пороговых значения тока: ощутимый, неотпускающий и фибрилляционный.

*Ощутимым* называют электрический ток, который при прохождении через организм вызывает ощутимое раздражение. Минимальная величина, которую начинает ощущать человек при переменном токе с частотой 50 Гц, составляет 0,6–1,5 мА.

*Неотпускающим* считают ток, при котором непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, ноги или других частей тела не позволяют пострадавшему самостоятельно оторваться от токоведущих частей (10,0–15,0 мА).

*Фибрилляционный* – ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца – быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, приводящие к его остановке (90,0–100,0 мА). Через несколько секунд происходит остановка дыхания. Чаще всего смертельные исходы наступают от напряжения 220 В и ниже. Именно низкое напряжение заставляет беспорядочно сокращаться сердечные волокна и приводит к моментальному сбою в работе желудочков сердца.

*Допустимым* следует считать ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 с – 2 мА, а при 120 с и менее – 6 мА.

*Безопасным напряжением* считают 36 В (для светильников местного стационарного освещения, переносных светильников и т. д.) и 12 В (для переносных светильников при работе внутри металлических резервуаров, котлов). Но при определенных ситуациях и такие напряжения могут представлять опасность.

Безопасные уровни напряжения получают из осветительной сети, используя для этого понижающие трансформаторы. Распространить применение безопасного напряжения на все электрические устройства невозможно.

В производственных процессах используются два рода тока – постоянный и переменный. Они оказывают различное воздействие на организм при напряжениях до 500 В. Опасность поражения постоянным током меньше, чем переменным. Наибольшую опасность представляет ток частотой 50 Гц, которая является стандартной для отечественных электрических сетей.

*Путь, по которому электрический ток проходит через тело человека,* во многом определяет степень поражения организма. Возможны следующие варианты направлений движения тока по телу человека:

- человек обеими руками дотрагивается до токоведущих проводов (частей оборудования), в этом случае возникает направление движения тока от одной руки к другой, т. е. «рука-рука», эта петля встречается чаще всего;

- при касании одной рукой к источнику путь тока замыкается через обе ноги на землю «рука-ноги»;

- при пробое изоляции токоведущих частей оборудования на корпус под напряжением оказываются руки работающего, вместе с тем стекание тока с корпуса оборудования на землю приводит к тому, что и ноги

оказываются под напряжением, но с другим потенциалом, так возникает путь тока «руки-ноги»;

– при стекании тока на землю от неисправного оборудования земля поблизости получает изменяющийся потенциал напряжения, и человек, наступивший обеими ногами на такую землю, оказывается под разностью потенциалов, т. е. каждая из этих ног получает разный потенциал напряжения, в результате возникает шаговое напряжение и электрическая цепь «нога-нога», которая случается реже всего и считается наименее опасной;

– прикосновение головой к токоведущим частям может вызвать в зависимости от характера выполняемой работы путь тока на руки или на ноги – «голова-руки», «голова-ноги».

Все варианты различаются степенью опасности. Наиболее опасными являются варианты «голова-руки», «голова-ноги», «руки-ноги» (петля полная). Это объясняется тем, что в зону поражения попадают жизненно важные системы организма – головной мозг, сердце.

*Продолжительность воздействия* тока влияет на конечный исход поражения. Чем дольше воздействует электрический ток на организм, тем тяжелее последствия.

*Условия внешней среды*, окружающей человека в ходе производственной деятельности, могут повысить опасность поражения электрическим током. Увеличивают опасность поражения током повышенная температура и влажность, металлический или другой токопроводящий пол.

*По степени опасности* поражения человека током все помещения делятся на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

*Задача от воздействия электрического тока.* Для обеспечения электробезопасности необходимо точное соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и проведение мероприятий по защите от электротравматизма.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц – соответственно 2 В и 0,4 мА; для постоянного тока – 8 В и 1,0 мА (эти данные приведены для продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки).

*Мерами и способами обеспечения электробезопасности служат:*

- применение безопасного напряжения;
- контроль изоляции электрических проводов;
- исключение случайного прикосновения к токоведущим частям;
- устройство защитного заземления и зануления;
- использование средств индивидуальной защиты;

– соблюдение организационных мер обеспечения электробезопасности.

Одним из аспектов может быть применение безопасного напряжения – 12 и 36 В. Для его получения используют понижающие трансформаторы, которые включают в стандартную сеть с напряжением 220 или 380 В.

Для защиты от случайного прикосновения человека к токоведущим частям электроустановок используют ограждения в виде переносных щитов, стенок, экранов.

*Защитное заземление* – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом (металлоконструкция зданий и др.) металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Цель защитного заземления – устранение опасности поражения человека электрическим током

в случае прикосновения его к металлическому корпусу электрооборудования, который в результате нарушения изоляции оказался под напряжением.

*Зануление* – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевой защитный проводник – это проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или его эквивалентом.

*Защитное отключение* – это система защиты, обеспечивающая безопасность путем быстрого автоматического отключения электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током. Продолжительность срабатывания защитного отключения составляет 0,1–0,2 с. Данный способ защиты используют как единственную защиту или в сочетании с защитным заземлением и занулением.

*Применение малых напряжений.* К малым относят напряжение до 42 В, его применяют при работе с переносными электроинструментами, использовании переносных светильников.

*Контроль изоляции.* Изоляция проводов со временем теряет свои диэлектрические свойства. Поэтому необходимо периодически проводить контроль сопротивления изоляции проводов с целью обеспечения их электробезопасности.

*Средства индивидуальной защиты* – подразделяются на изолирующие, вспомогательные, ограждающие. Изолирующие защитные средства обеспечивают электрическую изоляцию от токоведущих частей и земли. Они подразделяются на основные и дополнительные. К основным изолирующими средствам в электроустановках до 1000 В относят диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными ручками. К дополнительным средствам – диэлектрические галоши, коврики, диэлектрические подставки.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите естественные и искусственные источники электромагнитных излучений.
2. Охарактеризовать электромагнитные поля промышленной частоты и их действие на организм человека.
3. В чем заключается воздействие электростатических полей на организм человека?
4. Дать характеристику электромагнитных полей радиочастот и их ПДУ.
5. Виды поражения организма человека электрическим током.
6. Какие факторы определяют исход воздействия электрического тока на человека?
7. Какие варианты движения тока по телу человека являются наиболее опасными?
8. Какие используются меры и способы обеспечения электробезопасности?