ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Источники электромагнитных полей радиочастот и их характеристика

Источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются: атмосферное электричество, радиоизлучения, электрические и магнитные поля Земли, искусственные источники (установки ТВЧ, радиовещание и телевидение, радиолокация, радионавигация и др.). Источниками излучения электромагнитной энергии являются мощные телевизионные и радиовещательные станции, промышленные установки высокочастотного нагрева, а также многие измерительные, лабораторные приборы. Источниками излучения могут быть любые элементы, включенные в высокочастотную цепь.

Токи высокой частоты применяют для плавления металлов, термической обработки металлов, диэлектриков и полупроводников и для многих других целей. Для научных исследований в медицине применяют токи ультравысокой частоты, в радиотехнике — токи ультравысокой и сверхвысокой частоты. Возникающие при использовании токов высокой частоты электромагнитные поля представляют определенную профессиональную вредность, поэтому необходимо принимать меры защиты от их воздействия на организм.

Токи высокой частоты создают в воздухе излучения, имеющие ту же электромагнитную природу, что и инфракрасное, видимое, рентгеновское и гамма-излучение. Различие между этими видами энергии — в длине волны и частоте колебаний, а значит, и в величине энергии кванта, составляющего электромагнитное поле. Электромагнитные волны, возникающие при колебании электрических зарядов (при прохождении переменных токов), называются *радиоволнами.*

Электромагнитное поле характеризуется длиной волны ,м или частотой колебания *f,* Гц:

 = *сТ* == *elf,* или с == f, (45)

где с = 3 • 10s м/с — скорость распространения радиоволн, равная скорости света; *f —* частота колебаний, Гц;

*Т* = 1/f — период колебаний.

Интервал длин радиоволн — от миллиметров до десятков километров, что соответствует частотам колебаний в диапазоне от 3 • 104 Гц до 3 • 10" Гц (рис. 17).

Интенсивность электромагнитного поля в какой-либо точке пространства зависит от мощности генаратора и расстояния от него. На характер распределения поля в помещении влияет наличие металлических предметов и конструкций, которые являются проводниками, а также диэлектриков, находящихся в ЭМП.

 Источники электромагнитных полей промышленной частоты в электроустановках сверхвысокого напряжения (СВН)

При эксплуатации электроэнергетических установок — открытых распределительных устройств (ОРУ) и воздушных ЛЭП напряжением выше 330 кВ — в пространстве вокруг токоведущих частей действующих электроустановок возникает сильное электромагнитное поле, влияющее на здоровье людей. В электроустановках напряжением ниже 330 кВ возникают менее интенсивные электромагнитные поля, не оказывающие отрицательного влияния на биологические объекты.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле. При малых частотах (в данном случае 50 Гц) электромагнитное поле можно рассматривать состоящим из двух полей (электрического и магнитного), практически не связанных между собой. Электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях электроустановок, а магнитное — при прохождении тока по этим частям. Поэтому допустимо рассматривать отдельно друг от друга влияние, оказываемое ими на биологические объекты.

 Установлено, что в любой точке поля в электроустановках сверхвысокого напряжения (50 Гц) .поглощенная телом человека энергия магнитного поля примерно в 50 раз меньше поглощенной им энергии электрического поля (в рабочих зонах открытых распределительных устройств и проводов ВЛ-750 кВ напряженность магнитного поля составляет 20—25 А/м при опасности вредного влияния 150—200 А/м).

На основании этого был сделан вывод, что отрицательное действие электромагнитных полей электроустановок сверхвысокого напряжения (50 Гц) обусловлено электрическим полем, то есть нормируется напряженность *Е,* кВ/м.

В различных точках пространства вблизи электроустановок напряженность электрического поля имеет разные значения и зависит от ряда факторов: номинального напряжения, расстояния (по высоте и горизонтали) рассматриваемой точки от токоведущих частей и др.

 Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Промышленная электротермия, в которой применяются токи радиочастот для электротермической обработки материалов и изделий (сварка, плавка, ковка, закалка, пайка металлов; сушка, спекание и склеивание неметаллов), широкое внедрение радиоэлектроники в народное хозяйство позволяют значительно улучшить условия труда, снизить трудоемкость работ, добиться высокой экономичности процессов производства. Однако электромагнитныеизлучения радиочастотных установок, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной Я других систем организма человека.

Действие электромагнитных полей на организм человека проявляется в функциональном расстройстве центральной нервной системы; субъективные ощущения при этом — повышенная утомляемость, головные боли и т. п. Первичным проявлением действия электромагнитной энергии является нагрев, который может привести к изменениям и даже к повреждениям тканей и органов. Механизм поглощения энергии достаточно сложен. Возможны также перегрев организма, изменение частоты пульса, сосудистых реакций. Поля сверхвысоких частот могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика). Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы. Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Изменения, возникающие в организме под воздействием электромагнитных полей, чаще всего обратимы.

В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли, ""наступает расстройство нервной системы и др. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей и т. п.).

Аналогичное воздействие на организм человека оказывает электромагнитное поле промышленной частоты в электроустановках сверхвысокого напряжения. Интенсивные электромагнитные поля вызывают у работающих нарушение функционального состояния центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы и периферической крови. При этом наблюдаются повышенная

утомляемость, вялость, снижение точности рабочих движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце (обычно сопровождается аритмией) , голов ные боли.

Предполагается, что нарушение регуляции физиологических функций организма обусловлено воздействием поля на различные отделы нервной системы. При этом повышение возбудимости центральной нервной системы происходит за счет рефлекторного действия поля, а тормозной эффект — за счет прямого воздействия поля на структуры головного и спинного мозга. Считается, что кора головного мозга, а также промежуточный мозр особенно чуствительны к воздействию поля.

Наряду с биологическим действием электрическое поле обусловливает возникновение разрядов между человеком и металлическим предметом, имеющим иной, чем человек, потенциал. Если человек стоит непосредственно на земле или на токопроводящем заземленном основании, то потенциал его тела практически равен нулю, а если он изолирован от земли, то тело оказывается под некоторым потенциалом, достигающим иногда нескольких киловольт.

Очевидно, что прикосновение человека, изолированного от земли, к заземленному металлическому предмету, равно как и прикосновение человека, имеющего контакт с землей, к металлическому предмету, изолированному от земли, сопровождается прохождением через человека в землю разрядного тока, который может вызывать болезненные ощущения, особенно в первый момент. Часто прикосновение сопровождается искровым разрядом. В случае прикосновения к изолированному от земли металлическому предмету большой протяженности (трубопровод, проволочная ограда на деревянных стойках и т. п. или большого размера металлическая крыша деревянного здания и пр.) сила тока, проходящего через человека, может достигать значений, опасных для жизни.

 Нормирование электромагнитных полей

Исследованиями установлено, что биологическое действие одного и того же по частоте электромагнитного по-ля зависит от напряженности его составляющих (электрической и магнитной) или плотности потока мощности для диапазона более 300 МГц. Это является критерием для

определения биологической активности электромагнитных излучений. Для этого электромагнитные излучения с частотой до 300 МГц разбиты на диапазоны, для которых установлены предельно допустимые уровни напряженности электрической, В/м, и магнитной, А/м, составляющих поля. Для населения еще учитывают их местонахождение в зоне застройки или жилых помещений.

Согласно ГОСТ 12.1.006—84, нормируемыми параметрами в диапазоне частот 60 кГц — 300 МГц являются напряженности *Е* и *Н* электромагнитного поля. На рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, профессионально связанного с воздействием электромагнитного поля, предельно допустимая напряженность этого поля в течение всего рабочего дня не должна превышать нормативных значений.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле. Вт:

где  — плотность потока мощности излучения электромагнитной энергии" Вт/м2; 5эф — эффективная поглощающая поверхность тела человека, м2.

В табл. 3 приведены предельно допустимые плотности потока энергии электромагнитных полей (ЭМП) в диа-назоне частот 300 МГц—300000 ГГц и время пребывания на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, профессионально связанного с воздействиемЭМП.

Таблица 3. Нормы облучения УВЧ и СВЧ

|  |  |
| --- | --- |
| Плотность потока мощности энергии а, Вт/м | Допустимое время пребывания в зоне воздействия ЭМП |
| До 0,1 | Рабочий день |
| 0,1-1 | Не более 2 ч |
| 1-10 | Не более 10 мин |

Примечание

В остальное рабочее время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м2 При условии пользования защитными очками. В остальное рабочее время плотность потока энергий не должна превышать 0,1 Вт/м2

В табл. 4 приведено допустимое время пребывания человека в электрическом поле промышленной частоты сверхвысокого напряжения (400 кВ и выше).

Таблица 4. Предельно допустимое время c напряжением 400 кВ и выше

|  |  |
| --- | --- |
| Электрическая напряженность Е, кВ/м | Допустимое время пребывания, мин |
| <5 | Вез ограничений (рабочий день) <180 <90 <10 <5 |
| 5—10 10—15 | Вез ограничений (рабочий день) <180 <90 <10 <5 |
| 15—20 20—25 | Вез ограничений (рабочий день) <180 <90 <10 <5 |

Примечание

Остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равна 5 кВ/м

Ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле представляет собой так называемую "защиту временем".

Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в табл. 4, работы должны производиться'^ применением защитных средств — экранирующих устройств или экранирующих костюмов.

Пространство, в котором напряженность электрического поля равна 5 кВ/м и больше, принято называть *опасной зоной* или зоной *влияния.* Приближенно можно считать, что эта зона лежит в пределах круга с центром в точке расположения ближайшей токоведущей части, находящейся под напряжением, и радиусом *R* == 20 м для электроустановок 400—500 кВ и *R =* 30 м для электроустановок 750 кВ (рио. 18). На пересечениях линий электропередачи сверхвысокого (400—750 кВ) и ультравысокого (1150 кВ) напряжения с железными и автомобильными дорогами устанавливаются специальные знаки безопасности, ограничивающие зоны влияния этих воздушных линий.

**Рис. 18. Радиусы опасных зон (зон влияния):**

а—источник влияния—открытое распределительное устройство или провода воздушной линии электропередачи; б — источник влияния — токоведущие части аппаратов

Допустимое значение тока, длительно проходящего через человека и обусловленного воздействием электрического поля электроустановок сверхвысокого напряжения, составляет примерно 50—60 мкА, что соответствует напряженности электрического поля на высоте роста человека примерно 5 кВ/м. Если при электрических разрядах, возникающих в момент прикосновения человека к металлической конструкции, имеющей иной, чем человек, потенциал, установившийся ток не превышает 50— 60 мкА, то человек, как правило, не испытывает болевых ощущений. Поэтому это значение тока принято в качестве нормативного (допустимого).

 Измерение интенсивности электромагнитных полей

Для определения интенсивности электромагнитных полей, воздействующих на обслуживающий персонал, замеры проводят в зоне нахождения персонала по высоте от уровня пола (земли) до 2 м через 0,5 м. Для определения характера распространения и интенсивности полей в цехе, на участке, в кабине, помещении (лаборатории и др.) должны быть проведены измерения в точках пересечения координатной сетки со стороной в 1 м. Измерения проводят (при максимальной мощности установки) периодически, не реже одного раза в год, а также при приеме в эксплуатацию новых установок, изменениях в конструкции и схеме установки, проведении ремонтов и т. д.

Исследования электромагнитных полей на рабочих ме-? стах должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.002—84, ГОСТ 12.1.006—84 по методике, утвержденной Минздравом СССР.

Для измерения интенсивности электромагнитных полей радиочастот используется прибор ИЭМП-1. Этим прибором можно измерить напряженности электрического и магнитного полей вблизи излучающих установок в диапазоне частот 100 кГц—300 МГц для электрического поля и в диапазоне частот 100 кГц — 1,5 МГц — для магнитного поля. С помощью данного прибора можно установить зону, в пределах которой напряженность поля выше допустимой.

 Плотность потока мощности в диапазоне УВЧ—СВЧ измеряют прибором ПО-1, с помощью которого можно определить среднее по времени значение *о,* Вт/м2.

Измерения напряженности электрического поля в электроустановках сверхвысокого напряжения производят приборами типа ПЗ-1, ПЗ-1 м и др.

Измеритель напряженности электрического поля-работает следующим образом. В антенне прибора электрическое поле создает э. д. с>, которая усиливается с помощью транзисторного усилителя, выпрямляется полупроводниковыми диодами и измеряется стрелочным микро-амперметром.'Антенна представляет собой симметричный диполь, выполненный в виде двух металлических пластин, размещенных одна над другой. Поскольку наведенная в симметричном диполе э. д. с. пропорциональна напряженности электрического поля, шкала м аллиамперметра отградуирована в киловольтах на метр (кВ/м).

Измерение напряженности должно производиться во всей зоне, где может находиться человек в процессе выполнения работы. Наибольшее измеренное значение напряженности является определяющим. При размещении рабочего места на земле наибольшая напряженность обычно бывает на высоте роста человека. Поэтому замеры рекомендуется производить на высоте 1,8 м от уровня земли.

Напряженность электрического поля, кВ/м, для любой точки можно определить из выражения

где  — линейная плотность заряда провода, Кл/м; 0 = 8,85 • 1012 — электрическая постоянная, Ф/м; *т —* кратчайшее расстояние от провода до точки, в которой определяется напряженность, м.

Это выражение предусматривает определение напряженности электрического поля уединенного бесконечно длинного прямолинейного проводника, заряженного равномерно по длине. Вводя соответствующие поправки, можно с достаточной точностью определить уровни напряженности электрического поля в заданных точках линии и подстанции сверхвысокого напряжения в реальных условиях.

 Методы защиты от электромагнитных полей

Основные меры защиты от воздействия электромагнитных излучений:

уменьшение излучения непосредственно у источника (достигается увеличением расстояния между источником направленного действия и рабочим местом, уменьшением мощности излучения генератора); рациональное размещение СВЧ и УВЧ установок (действующие установки мощностью более 10 Вт следует размещать в помещениях с капитальными стенами и перекрытиями, покрытыми радиопоглощающими материалами — кирпичом, шлакобетоном, а также материалами, обладающими отражающей способностью —-масляными красками и др.); дистанционный контроль и управление передатчиками в экранированном помещении (для визуального наблюдения за передатчиками оборудуются смотровые окна, защищенные металлической сеткой); экранирование источников излучения и рабочих мест (применение отражающих заземленных экранов в виде листа или сетки из металла, обладающего высокой электропроводностью — алюминия, меди, латуни, стали); организационные меры (проведение дозиметрического контроля интенсивности электромагнитных излучений — не реже одного раза в 6 месяцев; медосмотр — не реже одного раза в год; дополнительный отпуск, сокращенный рабочий день, допуск лиц не моложе 18 лет и не имеющих заболеваний центральной нервной системы, сердца, глаз);

применение средств индивидуальной защиты (спецодежда, защитные очки и др.).

У индукционных плавильных печей и нагревательных индукторов (высокие частоты) допускается напряженность поля до 20 В/м. Предел для магнитной составляющей напряженности поля должен быть 5 А/м. Напряженность ультравысокочастотных электромагнитных полей (средние и длинные волны) на рабочих местах не должна превышать 5 В/м.

Каждая промышленная установка снабжается техническим паспортом, в котором указаны электрическая схема, защитные приспособления, место применения, диапазон волн, допустимая мощность и т. д. По каждой установке ведут эксплуатационный журнал, в котором фиксируют состояние установки, режим работы, исправления, замену деталей, изменения напряженности поля. Пребывание персонала в зоне воздействия электромагнитных полей ограничивается минимально необходимым для проведения операций временем.

Новые установки вводят в эксплуатацию после приемки их, при которой устанавливают выполнение требований и норм охраны труда, норм по ограничению полей и радиопомех, а также регистрации их в государственных контролирующих органах..

Генераторы токов высокой частоты устанавливают в отдельных огнестойких помещениях, машинные генераторы — в звуконепроницаемых кабинах. Для установок мощностью до 30 кВт отводят площадь не менее 40 м2, большей мощности — не менее 70 м2. Расстояние между установками должно быть не менее 2 м, помещения экранируют, в общих помещениях установки размещают в экранированных боксах. Обязательна общая вентиляция помещений, а при наличии вредных выделений — и местная. Помещения высокочастотных установок запрещается загромождать металлическими предметами. Наиболее простым и эффективным методом защиты от электромагнитных полей является "защита расстоянием". Зная характеристики металла, можно рассчитать толщину экрана S, мм, обеспечивающую заданное ослабление электромагнитных полей на данном расстоянии:

где  = *2nf —* угловая частота переменного тока, рад/с;

 — магнитная проницаемость металла защитного экрана, Г/м;  — электрическая проводимость металла экрана (Ом • м)'1; Эх*—*эффективность экранирования на рабочем месте, определяемая из выражения

Эх **=** Нх**,/** Нхэ **(49)**

где *Нх* и *Нхэ —* максимальные значения напряженности магнитной составляющей поля на расстоянии *х,* м от источника соответственно без экрана и с экраном, А/м.

Напряженность *Нц* может быть определена из выражения

 Нх = a2 m / 4x2 **(50)**

где  и *а —* число витков и радиус катушки, м;  — сила тока в катушке, А; *х —* расстояние от источника (катушки) до рабочего места, м; m — коэффициент, определяемый соотношением *х/а* (при *х/а* > 10 m = 1).

Если регламентируется допустимая электрическая составляющая поля *E*д, магнитная составляющая может быть определена из выражения

 **Hд =1,27105 (*E*д /*xf*)** (51)

где *f* — частота поля, Гц.

*Экранирование —* наиболее эффективный способ защиты. Электромагнитное поле ослабляется экраном вследствие создания в толще его поля противоположного направления. Степень ослабления электромагнитного поля зависит от глубины проникновения высокочастотного тока в толщу экрана. Чем больше магнитная проницаемость экрана и выше частота экранируемого поля, тем меньше глубина проникновения и необходимая толщина экрана. Экранируют либо источник излучений, либо рабочее место. Экраны бывают отражающие и поглощающие.

Для защиты работающих от электромагнитных излучений применяют заземленные экраны, кожухи, защитные козырьки, устанавливаемые на пути излучения. Средства защиты (экраны, кожухи) из радиопоглоща-ющих материалов выполняют в виде тонких резиновых ковриков, гибких или жестких листов поролона, ферромагнитных пластин.

Для защиты от электрических полей сверхвысокого напряжения (50 Гц) необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов ЛЭП. Для открытых распределительных устройств рекомендуются заземленные экраны

(стационарные или временные) в виде козырьков, навесов и перегородок из металлической сетки возле коммутационных аппаратов, шкафов управления и контроля. К средствам индивидуальной защиты от электромагнитных излучений относят переносные зонты, комбинезоны и халаты из металлизированной ткани, осуществляющие защиту организма человека по принципу заземленного сетчатого экрана.

 Защита от лазерного излучения

Лазеры широко применяют в технике, медицине. Принцип действия лазеров основан на использовании вынужденного электромагнитного излучения, возникающего в результате возбуждения квантовой системы. Лазерное излучение является электромагнитным излучением, генерируемым в диапазоне длин волн 0,2—1000 мкм, который может быть разбит в соответствии с биологическим действием на ряд областей спектра:

 0,2—0,4 мкм—ультрафиолетовая область; 0,4—0,7—видимая; 0,75—1,4 мкм — ближняя инфракрасная; свы-I ше 1,4 мкм—дальняя инфракрасная область. Основными энергетическими параметрами лазерного излучения I являются: энергия излучения, энергия импульса, мощность излучения, плотность энергии (мощности) излучения, длина волны.

При эксплуатации лазерных установок обслуживающий персонал может подвергаться воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов. Основную опасность представляют прямое, рассеянное и отраженное излучение.

Наиболее чувствительным органом к лазерному излучению являются глаза — повреждения сетчатки глаз могут быть при сравнительно небольших интенсивностях.

Лазерная безопасность — это совокупность технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда персонала при использовании лазеров. Способы защиты от лазерного излучения подразделяют на коллективные и индивидуальные.

*Коллективные средства защиты* включают: применение телевизионных систем наблюдений за ходом процесса, защитные экраны (кожухи); системы блокировки и сигнализации; ограждение лазерно-опаснои зоны. Для контроля лазерного излучения и определения границ лазерно-опаснои зоны применяют калориметрические, фотоэлектрические и другие приборы.

В качестве *средств индивидуальной защиты* используют специальные противолазерные очки, щитки, маски, технологические халаты и перчатки. Для уменьшения опасности поражения за счет уменьшения диаметра зрачка оператора в помещениях должна быть хорошая освещенность рабочих мест: коэффициент естественной освещенности должен быть не менее 1 ,.5 %, а общее искусственное освещение должно создавать освещенность не менее 150 лк.