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 λ,м или частотой колебания *f,* Гц:

λ = *сТ* == *elf,* или с == λf, (45)

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

*Т* = 1// — 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 σ — 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

***Таблица 3.* Нормы облучения УВЧ и СВЧ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность потока мощности энергии а, Вт/м' | Допустимое время пребывания в зоне воздействия ЭМП | Примечание |
| До 0,1 0,1-11-10 | Рабочий деньНе более 2 чНе более 10 мин | 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 |

время пребывания на рабочих местах и в местах возможного нахожде­ния персонала, профессионально связанного с воздей­ствиемЭМП.

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 | Примечание |
|  <55—10 10—15 15—20 20—25 | Вез ограничений (рабочий день) <180 <90 <10 <5 | 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 — токове-дущие 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 τ — линейная плотность заряда провода, Кл/м; ε0 = 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 ω = *2nf —* угловая частота переменного тока, рад/с;

μ — магнитная проницаемость металла защитного экра­на, Г/м; γ — 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 = ωΙa2 βm / 4x2 (50)

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