**Практическая работа № 9**

***РАСЧЕТ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ***

Электромагнитные волны возникают при ускоренном движении электрических зарядов. В диапазон включаются радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет (световые лучи), ультрафиолетовое излучение, рентгеновское и гамма-излучение. Диапазон электромагнитных волн состоит из волн с длинами, соответствующими частотам от 103 до 1024 Гц. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме не зависит от длины волны и равна С = 2,99 79\*108 м/с.

**Источники электромагнитных полей**

Источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются: атмосферное электричество, радиоизлучения, электрические и магнитные поля Земли, космические лучи, излучение солнца, искусственные источники. Искусственными источниками излучения электромагнитной энергии являются мощные телевизионные и радиовещательные станции, промышленные установки высокочастотного нагрева, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, а также мно­гие измерительные, лабораторные приборы. Источниками излучения могут быть любые элементы, включенные в высокочастотную цепь. В зависимости от энергии излучаемых фотонов излучения подразделяются на неионизирующие и ионизирующие излучения. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят электрические и магнитные поля.

Токи в высокой частоты создают электромагнитные поля вредные для здоровья человека.. Токи высокой частоты применяют для плавления и термической обработки металлов, диэлектриков и полупроводников и для многих других целей. В медицине применяют токи ультравысокой частоты различного диапазона волн с одинаковыми средними значениями энергии электрического и магнитного поля, так и преимущественно электрическим или магнитным переменным полем. В радиотехнике — токи ультравысокой и сверхвысокой частоты.

Среди всего спектра наибольшей биологической значимостью выделяются электромагнитные излучения радиочастот (РЧ) и сверхвысоких частот (СВЧ).

*Таблица 9.1*

**Электромагнитные излучения промышленной частоты**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частотный  диапазон | Частота | Наименование частот | | | Длина  волны | Наименование волн |
| Международное | Принятое сокращение в гигиенической практике | | Между-народное |
| - | <3 Гц | нет | ИЗЧ | РЧ  (радиочастоты) | ≥10 км | нет |
| 1 | 3-30 Гц | КНЧ (крайне низкая частота) | 10-104 км | Декамега метровые |
| 2 | 30- 300 Гц | СНЧ (сверхнизкая частота) | ЗЧ | 104-103 км | Мега метровые |
| 3 | 0,3-3 кГц | ИНЧ(инфранизкая частота) | 103-102 км | Гектокилометровые |
| 4 | 3-30 кГц | ОНЧ (очень низкая частота) | 100-10км | Мириа метровые |
| 5 | 30-300 кГц | НЧ (низкая частота) | ВЧ | 10-1км | Кило метровые |
| 6 | 0,3-3 МГц | СЧ (средняя частота) | 1-0,1км | Гекто метровые |
| 7 | 3-30 МГц | ВЧ (высокая частота) | 100-10 м | Дека метровые |
| 8 | 30-300 МГц | ОВЧ (очень высокая частота) | УВЧ | 10-1м | Метровые |
| 9 | 0,3-3 ГГц | УВЧ (ультравысокая частота) | СВЧ | | 1-0,1м | Деца метровые |
| 10 | 3-30 ГГц | СВЧ (сверхвысокая частота) | 10-1см | Санти метровые |
| 11 | 30-300 ГГц | КВЧ (крайне высокая) | 10-1мм | Миллиметровые |

В зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия ЭМП РЧ и СВЧ вызываемые изменения в организме подразделяют на изменения острого (термогенного) и хронического (атермального) воздействия. Острое воздействие обусловлено термическим воздействием ЭМП, как правило, при нарушении техники безопасности. 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 интенсивность электромагнитного поля, напряженность электрического поля имеет разные значения, что обусловлено рядом факторов: мощностью генератора, номинальным напряжением, пространственным положением, расстоянием от условной точки до токоведущих частей. По удаленности от источника выделят следующие зоны воздействия электромагнитного поля:

ближняя зона или зона индукции – R1 ≤ λ/2π, когда электрическая и магнитная напряженности действуют независимо друг от друга, что позволяет для длинноволновых промышленных частот или частот более 400Гц электрическое и магнитное поле рассматривать отдельно;

промежуточная зона - λ/2π ≤R2≤ λ∙2π одновременно действуют напряженности магнитного и электрического полей, плотность энергии формирующейся электромагнитной волны;

дальняя зона – R3 ≥ λ∙2π, электромагнитная волна сформирована и воздействие оказывает комплексная плотность энергии электромагнитного поля.

На характер распределения поля в помещении влияет наличие металлических предметов и конструкций, которые являются проводниками, а также диэлектриков, находящихся в ЭМП.

**Нормирование электромагнитных полей**

Нормирование ЭМП промышленной частоты (50Гц) осуществляется по предельно допустимым уровням напряженности электрического поля Е (кВ/м), напряженности магнитного поля Н (А/м) или индукции магнитного поля В (мкТл) в зависимости от времени пребывания персонала в электромагнитном поле на рабочих местах. Регламентирующим документом являются Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 22.1.8/2.2.4.2490-09 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Согласно данного документа предельно допустимый уровень напряженности ЭП 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 Т (час) рассчитывается по формуле:

*Т = (50/Е) - 2,*  (9.1)

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

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

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

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

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП (Тпр) вычисляют по формуле:

*Tпр = 8∙(tE1/T E1 + t E2/T E2 +…+ t En/T En),* (9.2)

где, Тпр - приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности;

TЕ1, tЕ2,...tЕn - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E1, Е2,... En, ч;

TЕ1, TЕ2,...TЕn - допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон, ч. Приведенное время не должно превышать 8 ч.

Количество контролируемых зон определяется перепадом уровней напряженности ЭП на рабочем месте. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

Согласно ГОСТ 12.1.006-84\* «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» ЭМП радиочастот следует оценивать показателями интенсивности поля и создаваемой им энергетической нагрузкой. В диапазоне частот 60 кГц - 300 МГц интенсивность ЭМП характеризуется напряженностью электрического (Е) и магнитного (Н) полей, энергетическая нагрузка (ЭН) представляет собой произведение квадрата напряженности поля на время его воздействия. Энергетическая нагрузка, создаваемая электрическим и магнитным полем, равна:

*ЭЭЕ = Е2∙Т*  (9.3)

*ЭЭН = Н2 ∙Т* (9.4)

В диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц интенсивность ЭМП характеризуется поверхностной плотностью потока энергии (далее плотность потока энергии - ППЭ), энергетическая нагрузка представляет собой произведение плотности потока энергии поля на время его воздействия

*ЭНППЭ = ППЭ∙Т,* (9.5)

где *Т*— время воздействия, ч.

Предельно допустимые значения Е и Н в диапазоне частот 60 кГц - 300 МГц на рабочих местах персонала следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:

  (9.6)

 (9.7)

где, ЕПД и НПД предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, поля; Т - время воздействия, ч; ЭНЕПД и ЭННПД предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня, (В/м)2 ч и (А/м)2·ч.

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии:

*ЭНЕ/ ЭНЕПД + ЭНН/ ЭННПД ≤ 1,* (9.8)

где ЭНЕ и ЭНН — энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей. Предельно допустимые значения ППЭ ЭМП в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формуле:

*ППЭПД= К∙(ЭНППЭПД/Т)*, (9.9)

где, ППЭПД — предельно допустимое значение плотности потока энергии, Вт/м2 (мВт/см2, мкВт/см2); ЭНППЭПД — предельно допустимая величина энергетической нагрузки, равная 2 Втч/м2 (200 мкВтч/см2); К - коэффициент ослабления биологической эффективности, равный: 1 - для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн; 10 - для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн; 12,5 - для случаев локального облучения кистей рук (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см2);

Т - время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

*Таблица 9.2*

**Максимальные значения ЕПД, НПД, ЭНЕПД и ЭННПД**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предельные значения в диапазонах частот, МГц | | |
|  | от 0,06 до 3 | св. 3 до 30 | св. 30 до 300 |
| ЕПД, В/м | 500 | 300 | 80 |
| НПД, А/м | 50 | - | - |
| ЭНЕПД, (В/м)2 ч | 20000 | 7000 | 800 |
| ЭННПД, (А/м)2 ч | 200 | - | - |

Во всех случаях максимальное значение ППЭПД не должно превышать 10 Вт/м2 (1000 мкВт/см2).

Измерения напряженности или плотности потока энергии ЭМП допускается не проводить в случаях, если: установка не работает в режиме излучения на открытый волновод, антенну или другой элемент, предназначенный для излучения ЭМП в окружающую среду, и ее номинальная мощность согласно паспортным данным не превышает:

2,5 Вт - в диапазоне частот от 60 кГц до 3 МГц;

400 мВт - в диапазоне частот свыше 3 МГц до 30 МГц;

100 мВт - в диапазоне частот свыше 30 МГц до 300 ГГц.

В диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц в случае одновременно работающих источников оценку воздействия допускается проводить путем суммирования значений ППЭ, измеренных от каждого источника; суммирование измеренных значений ППЭ не проводится в случаях облучения от двух или нескольких вращающихся, или сканирующих антенн, в связи с крайне малой вероятностью одновременного совпадения в одной точке максимумов диаграмм направленности излучения двух или нескольких антенн.

*Таблица 9.3*

**Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц-300 ГГц на рабочих местах персонала**

| Параметр | Диапазонах частот (МГц) | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0,03-3,0 | 3,0-30,0 | 30,0-50,0 | 50,0-300,0 | 300,0-300000 |
| Предельно допустимое значение *ЭЭЕ*, (В/м)2 ч | 20000 | 7000 | 800 | 800 | - |
| Предельно допустимое значение *ЭЭН*, (А/м)2 ч | 200 | - | 0,72 | - | - |
| Предельно допустимое значение *ЭЭППЭ*, (мкВт/см2)ч | - | - | - | - | 200 |
| Максимальный ПДУ *Е*, В/м | 500 | 296 | 80 | 80 | - |
| Максимальный ПДУ *Н*, А/м | 50 | - | 3,0 | - | - |
| Максимальный ПДУ *ППЭ.* мкВт/см2 | - | - | - | - | 1000 |

*Таблица 9.4*

**Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц-300 ГГц в жилых и общественных помещениях и зонах отдыха**

| Диапазон частот, Гц | 30-300 кГц | 0,3-3 МГц | 3-30 МГц | 30-300 МГц | 0,3-300 ГГц |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Нормируемый параметр | Напряженность электрического поля, Е (В/м) | | | | Плотность потока энергии, ППЭ (мкВт/см2) |
| Предельно допустимые уровни, | 25 | 15 | 10 | 3\* | 10  25\*\* |

\* - кроме средств радио и телевизионного вещания (диапазон частот 48,5-108; 174-230 МГц);

\*\* - для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования.

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

*Wпогл = σ∙Sэф ,* (9.10)

где σ — плотность потока мощности излучения электро­магнитной энергии, Вт/м2;

Sэф — эффективная поглощающая поверхность тела человека, м2.

В таблице 9.5 приведены предельно допустимые плотности потока энергии электромагнитных полей (ЭМП) в диапазоне частот 300 МГц—300000 ГГц и время пребывания на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, профессионально связанного с воздействием ЭМП.

В таблице 9.6 приведено допустимое время пребывания человека в электрическом поле промышленной частоты сверхвысокого напряжения (400 кВ и выше). Ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле представляет собой так называемую «защиту временем».

*Таблица 9.5*

**Нормы облучения УВЧ и СВЧ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность потока мощности ЭМИ σ, Вт/м2 | Допустимое время пребывания в зоне воздействия ЭМП | Примечание |
| До 0,1 | Рабочий день |  |
| 0,1-1 | Не более 2 ч | В остальное рабочее вре­мя плотность потока энер­гии не должна превышать 0,1 Вт/м2 |
| 1-10 | Не более 10 мин | При условии пользования защитными очками. В ос­тальное рабочее время плотность потока энергий не должна превышать 0,1 Вт/м2 |

*Таблица 9.6*

**Предельно допустимое время c напряжением 400 кВ и выше**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Электрическая напряженность Е, кВ/м | Допустимое время пребывания, мин | Примечание |
| <5 | Вез ограничений (рабочий день) | — |
| 5—10 | <180 | Остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равна 5 кВ/м |
| 10—15 | <90 |
| 15—20 | <10 |
| 20—25 | <5 |

*Таблица 9. 7*

**ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время пребывания, час | Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии | |
| общем | локальном |
| ≤1 | 1600 / 2000 | 6400/8000 |
| 2 | 800 / 1000 | 3200 / 4000 |
| 4 | 400 / 500 | 1600 / 2000 |
| 8 | 80 / 100 | 800 / 1000 |

При наличии высокой температуры или ионизирующего излучения предельно допустимая плотность потока энергии ЭМП не должна превышать 1 Вт/м2, следовательно, время нахождения в рабочей зоне необходимо пропорционально сокращать.

СанПиН 2971-84\* «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля. 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 ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственные угодья) - 15 кВ/м;

- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения - 20 кВ/м.

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» определяет минимальные расстояния до источников электромагнитного излучения. Например, при размещении антенн радиолюбительских радиостанций (РРС) диапазона 3-30 МГц, радиостанций гражданского диапазона частот 26,5-27,5 МГц (РГД) с эффективной излучаемой мощностью более 100 Вт до 1000 Вт включительно, должна быть обеспечена невозможность доступа людей в зону установки антенны на расстояние не менее 10 м от любой ее точки. При установке на здании антенна должна быть смонтирована на высоте не менее 1,5 м над крышей при обеспечении расстояния от любой ее точки до соседних строений не менее 10 м для любого типа антенны и любого направления излучения.

При размещении антенн РРС и РГД с эффективной излучаемой мощностью от 1000 до 5000 Вт, должна быть обеспечена невозможность доступа людей и отсутствие соседних строений на расстоянии не менее 25 м от любой точки антенны независимо от ее типа и направления излучения. При установке на крыше здания антенна должна монтироваться на высоте не менее 5 м над крышей. Рекомендуется размещение антенн ПРТО (в т.ч. РРС, РГД) на отдельно стоящих опорах и мачтах.

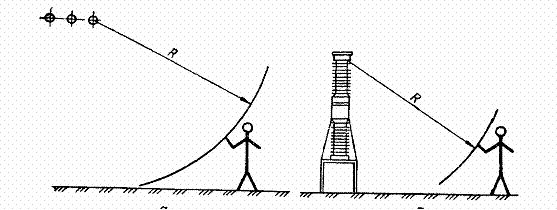
Размещение только приемных антенн не ограничивается и не требует получения санитарно-эпидемиологических заключений. В целях защиты населения от воздействия ЭМП, создаваемых антеннами ПРТО, устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и зоны ограничения с учетом перспективного развития ПРТО и населенного пункта.

Зона ограничения представляет собой территорию, на внешних границах которой на высоте от поверхности земли более 2 м, уровни ЭМП превышают ПДУ. СЗЗ и зона ограничений не могут иметь статус селитебной территории, а также не могут использоваться для размещения площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта, предприятий по обслуживанию автомобилей, бензозаправочных станций, складов нефти и нефтепродуктов, не может рассматриваться как территория для размещения коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков.

На технической территории ПРТО и территориях специальных полигонов не допускается размещение жилых и общественных зданий.

Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в таблицах 5, 6, 7, работы должны производиться с 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 (рис.1). 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.9.1.* 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).

**Основные меры защиты от воздействия электромагнитных излучений**

Меры по защите от воздействия электромагнитных полей и излучений предпринимаются на этапе проектирования и привязки мощного радиотехнического и иного промышленного оборудования, рассчитывается расположение рабочего места, санитарно-защитной зона, определяется оптимальное время нахождения на рабочем месте, то есть закладывается «защита расстоянием» и «защита временем». 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:

 (9.10)

где, ω= 2π/Т или ω= 2πf — угловая частота переменного тока, рад/с (если частота переменного тока  f = 50 Гц, то угловая  частота ω= 314 рад/с);

µ — магнитная проницаемость металла защитного экра­на, Гн/м;

γ— электрическая проводимость металла экрана (Ом • м)-1;

Эх—эффективность экранирования на рабочем месте, определяемая из выражения:

*Эх = Нх,/ Нхэ,*         (9.11)

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

Если регламентируется допустимая электрическая составляющая поля Eд, магнитная составляющая может быть определена из выражения:

*Hд =1,27×105 (Eд /xf),*                 (9.12)

где f — частота поля, Гц.

Уменьшение излучения непосредственно у источника достигается увеличением расстояния между источником направленного действия и рабочим местом, уменьшением мощности излучения генератора. Важно 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, например, масляными красками. Применение дистанционного контроля и управление передатчиками в экранированном помещении (использование для визуального наблюдения смотровых окон). Когда организационные мероприятия не позволяют снизить воздействие ЭМИ до необходимого значения применяют инженерно-технические решения, например, экранирование источников излучения и рабочих мест.

При выборе способов экранирования источников излученияопираются на санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот № 848-70\* (с изменениями от 8 февраля 1978 г).

Для защиты от проникновения СВЧ энергии в рабочее помещение рекомендуется экранировать источники излучения. Экранирование не должно нарушать процесс регулировки настройки испытания при работе с излучающим устройством. Поэтому при конструировании экранирующих приспособлений необходимо учитывать основные параметры, характеризующие излучение и назначение производственного процесса, связанного с экранируемым источником излучения.

Тип, форма, размеры и материал экранирующего устройства зависит от того, имеет ли место непосредственное излучение или паразитное, направленное или ненаправленное, непрерывное или импульсное, какова излучаемая мощность и рабочий диапазон частот.

Любая экранирующая система для защиты от проникновения СВЧ энергии основана на радиофизических принципах отражения или поглощения электромагнитной энергии.

Известно, что полное отражение электромагнитной волны обеспечивается материалами с высокой электропроводимостью (металлы), полное поглощение возможно в материалах с плохой электропроводимостью (полупроводники, диэлектрики с большими потерями).

С учетом указанных свойств материалов, характера и параметров источника излучения, особенностей производственного процесса был рекомендован и внедрен в практику ряд типовых экранирующих устройств, которые показали хорошую эффективность.

В зависимости от производственного процесса, мощности источника излучения, диапазона волн можно рекомендовать разные виды экранов: металлические (сплошные и сетчатые), мягкие металлические с хлопчатобумажной или другой ниткой, поглощающие экраны. Все экраны, кроме поглощающих, обеспечивают отражение энергии СВЧ.

Отражающие экраны. Если производственный процесс основан на непосредственном излучении энергии волн в пространстве (например, при испытании антенных устройств), полное или частичное экранирование источника может привести к нарушению процесса или даже к невозможности его осуществления. Волны, отражаемые стенками экранирующих устройств, обращенные в сторону излучателя, будут оказывать влияние на режим работы РЛС: пробой в генераторных лампах передатчиков, изменение его рабочей частоты. В подобных случаях рационально применять поглощающие покрытия. Отражающие поверхности экранирующего устройства покрываются материалом, практически полностью поглощающим энергию падающих волн.

В тех случаях, когда имеются только паразитные излучения волн (утечки из щелей в линиях передачи СВЧ энергии, из катодных выводов магнетрона и т.д.), отражения от стенок экранирующего устройства не оказывают влияния на режим работы излучателя генераторной установки или РЛС в целом, экранировка может быть сделана без поглощающих покрытий.

Экраны могут быть использованы для экранирования помещения, источника излучения, рабочего места. Все экраны должны быть тщательно заземлены.

Сплошные металлические экраны обеспечивают надежное экранирование при любых практически встречающихся интенсивностях СВЧ полей с учетом допустимых величин (10 мкВт/см2). Экран может быть изготовлен из металла любой толщины. При толщине экрана в 0,01 мм поле СВЧ ослабляется примерно на 50 дБ (в 100 000 раз). Следовательно, ослабление в сплошных металлических экранах достаточно велико, и для облегчения веса можно пользоваться даже тонкой металлической фольгой.

Сетчатые экраны обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными экранами. Однако в ряде случаев по техническим соображениям и когда требуется ослабление потока мощности СВЧ на 20-30 дБ (в 100-1000 раз), экраны из сеток находят широкое применение.

Эластичные экраны могут быть предназначены для изготовления экранных штор, драпировок, чехлов, специальной одежды - комбинезонов, халатов, капюшонов, защищающих работающих от электромагнитных излучений СВЧ энергии.

В качестве материала для эластичных экранов используется специальная ткань, в структуре которой тонкие металлические нити образуют сетку с размерами ячейки 0,5∙0,5 мм.

Тонкая металлическая проволока скручена с хлопчатобумажными нитями, которые защищают от внешних воздействий и служат электрической изоляцией. Хлопчатобумажные нити заполняют промежутки между металлическими нитями и придают этим тканям плотность и эластичность. Ткань имеет наименование «Ткань хлопчатобумажная с микропроводом», арт. 7289.

Защитные свойства ткани сохраняются при температуре внешней среды -40 - +100°С и при относительной влажности до 98%. Ткань можно стирать, гладить, окрашивать, а изделия из нее изготовлять на обычных швейных машинах.

*Таблица 9.8*

**Ослабление мощности СВЧ с помощью ткани хлопчатобумажной с микропроводом СТУ-36-12-199-63**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Длина волны, см | 0,8 | 3,2 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| Ослабление, дБ | 20 | 28 | 40 | 43 | 46 | 54 |

Приведенные данные по ослаблению мощности СВЧ, создаваемому тканями, достаточны для большинства практических случаев.

Наконец, в качестве экранирующего материала для различных отверстий, окон помещений, кабин и камер, приборных панелей, смотровых окон может быть рекомендовано оптически прозрачное стекло с отражающими экранными свойствами. Это стекло покрыто полупроводниковой двуокисью олова (SnO2). Стекло создает ослабление более 20 дБ в диапазоне волн 0,8 – 150 см.

Поглощающие экраны. Резиновые коврики ВКФ-1, В2Ф-2, В2Ф-3 представляют собой прессованные листы резины специального состава с коническими сплошными или полыми шипами (высота 8-10 мм).

Широко используются магнитоэлектрические пластины ХВ-0,8; 2; 3,2; 10,6 (цифра обозначает среднюю длину волны, на которую рассчитан поглощающий материал). Пластина представляет собой пористую резину, наполненную карбонильным железом, с впрессованной латунной сеткой (размер ячеек меньше 1 мм2).

Способы укрепления поглощающих покрытий к каркасу щита или защищаемой поверхности состоят, главным образом, в приклеивании их с помощью специальных клеев типов ПХВ, ХВК-2а, МС, N 88 и т.д.

Форма экранирующего устройства может быть в виде экранированной камеры (замкнутого экрана) или незамкнутого экрана.

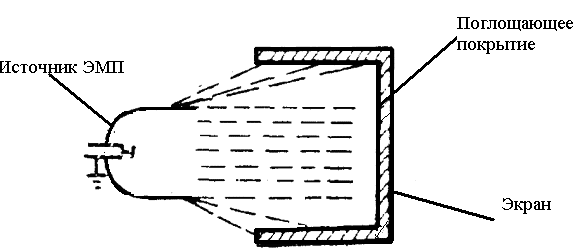
При ненаправленном паразитном излучении чаще всего небольшой интенсивности экранирование следует выполнять в виде камеры, которая полностью окружает источник излучения. В качестве замкнутого экрана может быть рассмотрен металлический каркас шкафа передатчика. В период регулировки в случае необходимости наблюдения за режимом работы всей генераторной установки (что не всегда обеспечивается смотровыми окнами) обшивку и дверцы шкафа, выполненные из листового металла, можно временно заменять на обшивку и дверцы, выполненные из металлической сетки.

Экранированную камеру можно рекомендовать и для отдельных производственных процессов в случае направленного излучения, например, для процесса испытаний облучателей на пробой, когда интенсивность облучения у источника излучения большая. В этом случае может оказаться необходимым экранирование двойной камерой из сетки или сплошным листовым металлом.

Размеры экранирующей камеры определяются размерами источника излучения, рабочего помещения и соображениями удобства работы. Однако минимально возможные размеры камеры обуславливаются в первую очередь значением излучаемой мощности.

В случае необходимости, вызванной мощностью источника излучения, технологическим процессом, размерами камеры, можно применять поглощающие покрытия на всей внутренней поверхности камеры или на отдельных участках, в зависимости от направленности излучения.

С направленным излучением приходится встречаться главным образом при работе антенных устройств. Интенсивность облучения может значительно превышать допустимые величины. В зависимости от характера работ могут быть применены различные формы незамкнутых экранов и материалы для их изготовления. Некоторые формы экранов, которые внедрены в практику и вполне оправдали себя, например, плоские и П-образные экраны. На рис. 9.2. показан П-образный экран для источника направленного излучения (антенны).



*Рис.9.2*. Экранирующая защита от излучений остронаправленной антенны

Основной направленный поток излучения поглощается в покрытии, не проникая за стенку экрана, расположенного напротив антенны. Излучение, направленное под некоторым углом к основному потоку, поглощается в покрытии на боковых стенках.

Форма, размер, материал незамкнутого экрана по отношению к источнику излучения должны выбираться в каждом конкретном случае с таким расчетом, чтобы работающие в данном помещении не подвергались облучению с интенсивностью выше допустимой величины.

Если по условиям производственного процесса уменьшение излучений непосредственно в излучающем устройстве или его экранирования невозможны, следует применять экранирование рабочего места.

В качестве индивидуальных средств защиты от действия СВЧ рекомендуются специальные защитные очки, применение которых необходимо при интенсивности облучения свыше 0,1 мВт/см2, и специальная защитная одежда (халат с капюшоном) в исключительных случаях, главным образом, для кратковременных экспериментальных исследований с большими интенсивностями облучения.

Очки предназначены для защиты глаз от вредного действия СВЧ в интервале ППМ на рабочем месте 100-1000 мкВт/см2 (0,1-1 мВт/см2) и выше. Серийно выпускаются очки с пленкой двуокиси олова, которые позволяют достигать ослабление мощности - порядка 30 дБ (1000 раз) в диапазоне волн 1,8-150 см. Светопропускание стекол не ниже 74%. Механическая прочность пленки не уступает механической прочности самого стекла; пленка обладает химической стойкостью и подвержена действию только плавиковой кислоты. Оправа очков выполнена из пористой губчатой резины и оклеена с внешней стороны тканью с экранирующими свойствами.

Защитная одежда выполняется из металлизированной защитной ткани, арт. 7289 и может применяться только при кратковременных работах с излучением от источников, не находящихся непосредственно под высоким питающим напряжением, при интенсивности облучения выше 1000 мкВт/см2 с обязательным применением защитных очков.

Персонал, работающий в помещениях, смежных с теми, где находятся источники ЭМИ энергии, может в отдельных случаях подвергаться облучению вследствие малого затухания энергии ЭМИ в строительных материалах.

Вопрос о необходимости экранирования стен, пола, потолка и выбора материала для экрана должен решаться только с учетом уровня интенсивности облучения в смежном межэтажном и этажном помещениях.

В качестве материала для экранирования могут быть использованы сплошные металлические листы любой толщины: металлическая сетка, поглощающие покрытия, мягкие экраны из ткани.

**Задание**

Рассчитать средства защиты (допустимое время работы; минимальное расстояние; минимальную толщину сплошного) на рабочем месте, оснащенном тремя единицами радиотехнического оборудования с различными предельно допустимыми плотностями потока в рабочем диапазоне от 300МГц до 300ГГц: при отсутствии ионизирующего излучения и нормального температурного режима 18-22ºС, определив суммарную плотность потока и сравнив с нормативным значением предельно допустимой плотности. Варианты задания представлены в таблице 9.10.

**Порядок выполнения задания**

1. Определяем предельно допустимую плотность потока энергии ЭМП от РТО, Вт/м2 (мкВт/см2):

*ППЭ= WN/T,* (9.13)

где WN - нормированное значение допустимой нагрузки на организм человек, Втч/м2 (мВтч/см2, мкВтч/см2);

Т - время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч. Допустимое время пребывания в зоне облучения 8 ч.

Во всех случаях она не должна превы­шать 10 Вт/м2 (1000 мкВт/см2), а при наличии рентгеновского из­лучения или высокой температуры воздуха в рабочих помещениях (выше 28 °С) - 1 Вт/м2 (100 мкВт/см2).

Нормированные значения допустимой энергетической нагрузки выбираем согласно рекомендаций ГОСТ 12.1.006-84\*

*WN = К∙ЭНППЭПД,* (9.14)

где, ЭНППЭПД — предельно допустимая величина энергетической нагрузки, равная 2 Втч/м2 (200 мкВтч/см2);

К - коэффициент ослабления биологической эффективности, равный: 1 - для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн; 10 - для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн; 12,5 - для случаев локального облучения кистей рук (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см2).

2. Определяем суммарную плотность потока

*∑ППЭ = ППЭ1+ ППЭ2 +...+ ППЭĸ*, (9.15)

где ППЭ1,ППЭ2, ППЭĸ-плотности потоков энергии от первого, второго и к источников ЭМП, Вт/м2 (мкВт/см2).

Сравниваем полученное значение с предельно допустимой плотностью потока.

3. Рассчитаем допустимое время работы, ч:

*Т= WN/ ∑ППЭ,* (9.16)

4. Находим минимальное расстояние от радиотехнических объектов до рабочего места.

4.1 Вычисляем среднюю мощность излучения, Вт

*Pср = (Римп τ)/Тс,*  (9.17)

где Римп – мощность излучения в импульсе, Вт;

τ – длительность импульса, с;

Тс – период следования импульсов, с.

4.2 Рассчитаем минимальное расстояние, м

*r=[(Pср σ)/(12,56 ∑ППЭ)]1/2*, (9.18)

где σ – коэффициент усиления антенны.

*Таблица 9.9*

**Физические свойства металлов, используемых для защитных экранов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материалы экрана | Удельное сопротивление, ρ, Ом•мм2/м- | Магнитная проницаемость металла защитного экра­на, µ, Гн/м; | Удельная электрическая проводимость металла экрана, γ, (Ом•м)-1 | Эквивалентная глубина проникновения |
| Алюминий | 0,03 | ≈1 | 33,3·104 | 2,75 |
| Медь | 0,0175 | 0,999994 | 57·104 | 2,1 |
| Железо | 0,1 | 200 | 10·104 | 0,355 |

5. Определим толщину экрана

 (19)

где, ω — угловая частота переменного тока, рад/с (если частота переменного тока f = 50 Гц, то угловая частота ω= 314 рад/с);

µ —магнитная проницаемость металла защитного экрана, Гн/м

γ— электрическая проводимость металла экрана (Ом • м)-1;

Эх—эффективность экранирования на рабочем месте.

**вопросы для контроля**

1. Назовите источники электромагнитных полей.

2. Как электромагнитные поля воздействуют на организм че­ловека?

3. Типы и формы экранирующих устройств.

4. Перечислите и охарактеризуйте основные методы защи­ты от электромагнитных излучений.

5. Материалы и конструкции для экранов.

6. Где в помещениях устанавливают высоко частотные генераторы?

7. Как рассчитать толщину защитного экрана?

8. Индивидуальные средства защиты от электромагнитных полей?

*Таблица 9.10*

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Характеристики радиотехнического объекта (РТО) | | | | | | | | Интенсивность облучения, мкВт/см2 | | | Эффективность экранирования на рабочем месте, Эх | Материал экрана |
| Тип атенны | | | Римп кВт | τ, мс | Тс, мс | σ | f, МГц | ППЭ1 | ППЭ2 | ППЭ3 |
| Непод-вижная | Враща-ющаяся | Сканирующая |
| 1 | + |  |  | 100 | 10 | 100 | 10 | 300 | 3 | 50 | 4 | 100 | Al |
| 2 |  | + |  | 1000 | 10 | 100 | 10 | 400 | 6 | 30 | 7 | 100 | Cu |
| 3 |  |  | + | 800 | 10 | 100 | 12 | 450 | 12 | 33 | 6 | 500 | Al |
| 4 | + |  |  | 500 | 10 | 100 | 6 | 500 | 4 | 10 | 51 | 600 | Fe |
| 5 |  | + |  | 300 | 10 | 100 | 5 | 550 | 5 | 3 | 24 | 100 | Al |
| 6 |  |  | + | 200 | 0,1 | 10 | 3 | 600 | 3 | 10 | 30 | 120 | Cu |
| 7 | + |  |  | 400 | 10 | 100 | 5 | 800 | 5 | 50 | 6 | 100 | Fe |
| 8 |  | + |  | 180 | 1 | 10 | 8 | 900 | 8 | 10 | 40 | 600 | Cu |
| 9 |  |  | + | 60 | 1 | 10 | 6 | 700 | 6 | 60 | 3 | 500 | Al |
| 10 |  |  |  | 90 | 1 | 10 | 3 | 800 | 3 | 12 | 33 | 700 | Cu |

**Список литературы**

1. ГОСТ 12.1.006-84\*. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – Введ.01.01.1986//Система стандартов безопасности труда – М.,1999.
2. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. –Введ.15.08.2010//Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электронный ресурс: [http://www.infosait.ru].
3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. - Введ.20.02.2008 //Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электронный ресурс: [http://www.infosait.ru].
4. СанПиН 2.2.4.1329-03. Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей. - Введ.25.06.2003 //Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. [http://www.infosait.ru].
5. СанПиН 2971-84\*. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. - Введ.23.02.1984//Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электронный ресурс:[http://www.infosait.ru].
6. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях. - Введ.15.05.2009//Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электронный ресурс:[http://www.infosait.ru].