Министерство образования и науки Украины

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Кафедра ОРТ

РЕФЕРАТ

По курсу: «Электромагнитная совместимость радиоаппаратуры»

На тему: «Индустриальные помехи»

Выполнил:

студент группы РТу-99-3

Крючков А.Н.

Проверил:

преподаватель

Олейников В.М.

Харьков 2003

**Содержание**

1. Общие сведения

2. Классификация источников индустриальных радиопомех

3. Индустриальные помехи в радиопередатчике

4. Среда распространения индустриальных радиопомех

5. Подавление индустриальных радиопомех

**1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Индустриальные радиопомехи (ИРП) создают при работе электрические, электронные и радиотехнические устройства различного назначения, за исключением излучений, создаваемых высокочастотными трактами радиопередатчиков. По времени воздействия на рецепторы ИРП подразделяются на длительные – не менее 1 с, продолжительные – не более 1 с и кратковременные – не более 0,2 с. По спектральному составу ИРП подразделяются на непрерывные, которые создаются коллекторными двигателями, выпрямителями, ВЧ установками и другими электроустройствами, а подвижным электросоставом, автомототранспортом, промышленными объектами и другими установками, и редкоимпульсные, которые создаются устройствами, управляемыми электрическим током или работающими на нём. К ним относятся переключатели в устройствах с термической регулировкой, автоматические машины с программным управлением и другие устройства.

Рецепторами ИРП являются радиоприёмные устройства, телевизоры, звукозаписывающая и звуковоспроизводящая аппаратура, электронно-вычислительные и счётно-решающие машины, средства автоматики, медицинская диагностическая аппаратура и другие чувствительные к электронным полям устройства.

В качестве рецепторов ИРП рассмотрим бытовые радиовещательные приёмники, телевизоры и служебные радиоприёмные устройства.

Индустриальные радиопомехи делятся на две группы: излучаемые и распространяющиеся по проводам питания, управления, коммутации и заземления, которые называют ***коньюктивными.***

Параметрами первой группы могут быть напряжённость электрического (магнитного) поля, поверхностная плотность потока мощности, полоса частот, второй – напряжение (ток), мощность, полоса частот.

Различают симметричное напряжение ИРП, которое изменяется между двумя зажимами источника ИРП, сети питания или другой любой электрической сети измерительным прибором с симметричным входом. Общее несимметричное напряжение ИРП измеряют между точкой, имеющей потенциал, средний между потенциалами зажимов источника ИРП, сети питания или другой электрической сети и землёй. Симметричное и общее несимметричное напряжение ИРП измеряются с помощью дельтаобразного эквивалента сети. Несимметричное напряжение ИРП измеряют между зажимом источника ИРП, сети питания или любой другой электрической сети и землёй. Несимметричное напряжение ИРП измеряют с помощью V-образного эквивалента сети. Индустриальные радиопомехи относятся к вредным помехам, их уровень снижается, как правило, без ущерба работы устройства.

**2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ**

Источники индустриальных радиопомех классифицируются по основным признакам помехообразующих элементов, которые являются источниками излучения электромагнитной энергии, и по месту их эксплуатации или установки. В интересах защиты радиоприёмников звукового радиовещания и телевидения от воздействия индустриальных радиопомех источники ИРП объединяют в следующие группы:

Электроустройства бытового, коммунального или другого назначения, эксплуатируемые в жилых домах или подключённые к их электрической сети (кухонные плиты, пылесосы, нагреватели, утюги, швейные машины, ручные электроинструменты, лифты, кассовые аппараты и др.)

Наземный, городской и железнодорожный транспорт.

Устройства, содержащие двигатели внутреннего сгорания (автомобили, мотоциклы, моторные лодки, бензопилы, косилки для газонов и др.)

Устройства, содержащие источники кратковременных радиопомех (холодильники, утюги с терморегулятором, кухонные печи, обогревательные вентиляторы, гладильные прессы, регуляторы скорости различных устройств и др.)

Промышленные, научные, медицинские и бытовые ВЧ установки.

Линии электропередач и электрические подстанции.

Светильники с люминесцентными лампами.

Электрооборудование промышленного, электрического, транспортного, медицинского и коммунального назначения напряжением не выше 1000В, эксплуатируемое вне жилых домов и не связанное с их электрическими сетями. К этой же группе относят предприятия различного назначения на выделенных территориях или в отдельных зданиях.

Устройства магистральной, внутризоновой и местной связи.

Телевизионные и УКВ радиовещательные приёмники.

Радиовещательные приёмники с амплитудной модуляцией.

Источники ИРП, устанавливаемые совместно со служебными

радиоприёмными устройствами, подразделяют на следующие группы.

Радиоэлектронное и электронное оборудование и аппаратура связи:

Оборудование и аппаратура антенно-фидерных трактов РПрУ;

Оборудование и аппаратура станций воздушной подвижной службы, служб радиоопределения, средств контроля, управления и обслуживания аэропортов;

Оборудование и аппаратура станций фиксированной и сухопутной служб;

Оборудование и аппаратура станций морской подвижной службы и службы радиоопределения (в части морских судов);

Оборудование и аппаратура станций космических систем и служб.

Электрическое и электромеханическое оборудование и источники питания, куда входят оборудование, размещаемое вблизи чувствительных к ИРП элементов аппаратуры радиоприёмных устройств, а также оборудование и источники питания станций перечисленных выше служб.

Устройства с двигателями внутреннего сгорания:

Транспортные средства, предназначенные для размещения радиоприёмных устройств; подвижные электростанции, устанавливаемые на подвижных станциях. К этой же группе относятся подвижные автономные электростанции, предназначенные для питания радиостанций различных служб.

**3. ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПОМЕХИ В РАДИОПЕРЕДАТЧИКЕ**

К индустриальным радиопомехам, создаваемым радиопередающим устройством, относятся все излучения от оборудования передатчика помимо антенны, за исключением излучений высокочастотных трактов. Кроме излучения ИРП, создаваемые передатчиком, распространяются по проводам управления, коммутации, заземления и в цепях питания.

Необходимо отметить, что ИРП от передатчиков изучены недостаточно. Вместе с тем ИРП, создаваемые радиопередатчиками, существенно влияют на использование РЧС станциями подвижных служб, служб радиоопределения и др. Уровни ИРП от радиопередатчиков и их оборудования, устанавливаемых совместно с радиоприёмными устройствами, нормируются Общесоюзными нормами 15-78 и 15А-83. Напряжённость электромагнитного поля *E*, создаваемая оборудованием радиопередатчика на расстоянии 1 м, не должна превышать в полосах частот:

150 кГц – 30 МГц *E* = 32 - 7,87·lg(f/0.15) дБкмВ/м;

30 - 100 МГц *E* = 32 – 13,39·lg(f/30) дБкмВ/м;

100 – 1000 МГц *E* = 25+20·lg(f/100) дБкмВ/м.

Напряжение *U* в проводах питания, управления, коммутации и заземления не должно превышать:

150 – 500 кГц *U* = 50 – 19,14·lg(f/0.15) дБкмВ;

500 кГц - 6 МГц *U* = 40 – 12,97·lg(f/0,5) дБкмВ;

6 – 100 МГц *U* = 26 дБкмВ,

где f – нормируемая частота, МГц.

Установлены также нормы на уровень ИРП на клеммах источников питания станций подвижных служб (ГОСТ 22579-77, ГОСТ 22252-77 и ГОСТ 22580-77).

Долгое время, считали, что рецепторами индустриальных радиопомех являются только радиоприёмники. Проведённые исследования показали, а практика подтвердила, что рецепторами ИРП могут быть радиопередатчики. Поэтому стандартом определены параметры восприимчивости передатчиков к излучаемым и распространяющимся по проводам ИРП.

Воздействуя на передатчик, ИРП могут увеличить уровень шумового излучения, расширить занимаемую ширину полосы частот, исказить передаваемый сигнал и т.д. Для исключения этого влияния в передатчиках с помощью фильтров в первую очередь защищают цепи его питания. Указанными выше стандартами установлены нормы на допускаемое напряжение ИРП на клеммах источников питания передатчиков станций подвижных служб. Стандартом на радиовещательные передатчики (ГОСТ 13924-80) установлены нормы на восприимчивость передатчиков к интегральной помехе и псофометрическому шуму.

**4. СРЕДА РАСПРОСТРОНЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ**

Создаваемые источниками ИРП распространяются в открытом пространстве и по проводам.

Излучаемые радиопомехи характеризуются напряжённостью электрического и магнитного поля или поверхностной плотностью потока мощности. Последний параметр применяется, как правило, на частотах выше 1 ГГц.

Амплитудные, частотные, временные и пространственные характеристики электромагнитного поля излучаемых ИРП в значительной степени определяются их источником.

Электромагнитное поле, создаваемое промышленными ВЧ установками, расположенными на уровне земли, затухает с увеличением расстояния от источника на высоте 1…4 м над уровнем земли со средним коэффициентом 1/rn, где r – расстояние от источника; n – меняется от 1,3 для открытых сельских районов до 2,8 для интенсивно застроенных городских районов. Для приблизительных расчётов среднее значение n=2,2. При этом могут быть значительные отклонения измеренных значений напряжённости поля от значений, рассчитанных при n=2,2. Средние квадратические отклонения составляют около 10дБ при логарифмически-нормальном распределении. Поляризация полей не может быть предсказана. Интенсивность поля увеличивается на частотах 30-300 МГц с ростом частоты.

Экранирующее влияние зданий на излучение ИРП изменяется в широких пределах, в зависимости от материала зданий, толщины стен и площади окон. Считается, что здания снижают поле ИРП примерно на 10дБ.

Электромагнитное поле (ЭМП), создаваемое системами зажигания автомобилей, на расстоянии 10м имеет максимум на частоте 30 МГц. На частотах вше 1 ГГц уровень напряжённости поля уменьшается со скоростью 20дБ/октаву. Излучения ниже 100 МГц имеют тенденцию к вертикальной поляризации с колебаниями уровня напряжённости поля в среднем около 10дБ. Максимальные уровни напряжённости поля, создаваемые системами зажигания группы, автомобилей, не превышают наибольший уровень, создаваемый одним автомобилем в группе составляет –10дБмк/м. Выбросы напряжённости поля при малых потоках автотранспорта обусловлены встречными автомобилями.

Линии электропередач (ЛЭП) и их оборудование создают наибольшую напряжённость поля ИРП при дожде, снегопаде, тумане и высокой относительной влажности, а в засушливых районах – при повышенной турбулентности воздуха и при солнечной активности, спектр этих ИРП простирается от ОНЧ до ОВЧ.

Уровень напряжённости электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, изменяется в пределах 40…160 дБмкв/м, зависит от значения напряжения сети ЛЭП. Спад напряжённости поля в ближней зоне (10 м) пропорционален квадрату расстояния 1/r2 , с удалением от ЛЭП это равенство изменяется.

Сварочные и нагревательные устройства создают электромагнитное поле наибольшей интенсивности в области частот 750 кГц, 3 и 20 МГц. Напряжённость поля на расстоянии 300 м от источника равна приблизительно 20 дБмкВ/м, убывая в среднем от увеличения расстояния со скоростью 1/r1.5.

Кроме того, на распространение волн ИРП оказывают влияние характер подстилающей поверхности, рельеф местности, наличие на пути распространения посторонних предметов и другие факторы.

Индустриальные радиопомехи по проводам распространяются на значительные расстояния, и их уровень с увеличением расстояния уменьшается очень медленно. При это ИРП распространяются по проводам, не посредственно связанными с источниками ИРП (первичные носители), а также по проводам, имеющим ёмкостную или индуктивную связь с первичными носителями ИРП (вторичные носители). К ним относят провода питания, трубы отопительной системы, оборудование лифтов и др. В этом случае источник ИРП можно рассматривать и как генератор и как рецептор энергии. С увеличением частоты ИРП затухание в проводах увеличивается. Практически нормируют полосу частот в проводах от 150 кГц до 30 МГц, полагая при этом, что на более высоких частотах уровень ИРП не превышает допустимый.

**5. ПОДАВЛЕНИЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ**

Подавление ИРП включает организационные и (или) технические мероприятия, направленные на ослабление или устранение воздействия ИРП. Эти мероприятия проводят при разработке электроустройств, их установке и эксплуатации. Подавление ИРП может быть выполнено как в самом источнике ИРП и на пути распространения ИРП, так и в радиоприёмном устройстве с помощью помехоподавляющих устройств и помехоподавляющих элементов. К *помехоподавляющим элементам* относят, например, дроссели, конденсаторы, фильтры, непосредственно осуществляющие подавление или перераспределение энергии ИРП. Совокупность помехоподавляющих элементов, конструктивно объединённых в одно изделие, называют *помехоподавляющим устройством*. *Помехоподавляющее оборудование* может состоять из необходимого набора помехоподавляющих устройств и элементов. Каждый помехоподавляющий элемент (устройство, оборудование) имеет полосу рабочих частот, в которой обеспечивается подавление ИРП не менее заданного нормативно-технической документацией на элемент (устройство, оборудование).

Основными методами подавления ИРП являются экранирование и фильтрация.

**Экранирование** осуществляется с помощью металлических экранов в виде кожухов, стенок, перегородок, перемычек и т.д. Основная задача экранирования заключается в локализации или изоляции электромагнитного поля ИРП, от окружающего пространства. Для подавления ВЧ электромагнитных полей применяют экраны из металлов: стали, меди, алюминия – или используют ферропласты. Низкочастотные поля более ослабляются ферромагнитными материалами: ферритами, пермаллоем и др.

Различают электромагнитный режим работы экранов, основанный на действии в их толще вихревых токов. Электромагнитное экранирование может быть представлено как поглощение и многократное отражение электромагнитной энергии от металлической толщи экрана. Поэтому составляющая экранирования – отражение проявляется на более низких частотах (примерно до 10 МГц), а на более высоких проявляется эффект поглощения. Если источник ИРП создаёт в основном магнитное поле, то сталь экранирует лучше меди. Чем меньше размеры экрана, толще его стенки и больше магнитная проницаемость стали, тем шире область низких частот, в которой сталь экранирует лучше. Качество экранирования в сильной степени зависит от непрерывности экрана. Для выполнения этого условия применяют перемычки, вставки, прокладки, пропаивают или проклеивают проводящим клеем места соединения отдельных конструкций экранов.

**Фильтрация** ИРП заключается в снижении напряжения помех на сетевых зажимах электроустройств – источников ИРП с помощью фильтров.

Фильтры могут быть ёмкостными, индуктивно-ёмкостными, однозвенными и многозвенными.

Необходимо отметить, что введение средств помехоподавления в электроустройство не должно отрицательно влиять не его работу. Соединительные проводники между помехообразующими элементами и помехоподавляющими средствами должны быть как можно короче. При наличии экрана несимметричные ёмкостные элементы следует устанавливать в местах выхода фильтрующих приборов из экрана. Если устройство – источник ИРП заземляется, то заземление должно представлять собой надёжное электрическое соединение корпуса или кожуха Электроустройства с металлической арматурой или контуром заземления. Колебание сопротивления заземления вызывает дополнительную нерегулярную ИРП. Мероприятия по заземлению должны отвечать всем требованиям по технике безопасности.

**Электроустройства бытового назначения с коллекторными двигателями.** Это самая многообразная и многочисленная группа источников ИРП, которые находятся в непосредственной близости от радиоприёмников, телевизоров и их антенн. Радиопомехи от коллекторных электродвигателей наиболее интенсивны на низких частотах и уменьшаются с повышением частоты. Средства помехоподавления выбирают с учётом степени подавления ИРП. Уровни напряжения радиопомех на сетевых зажимах от коллекторных электродвигателей достигают 70-100 дБмкВ в полосе частот 150-500 кГц и 60-90 дБмкВ в полосе 500 кГц-30МГц. Эффективность помехоподавляющих устройств на нижних участках нормируемой полосы частот должна составлять 20…30 дБ.

В бытовых электроустройствах широко применяют коммутационные элементы, которые являются источниками ИРП (терморегуляторы, пускатели, переключатели реле и др.). При замыкании и размыкании цепи электрическими контактами коммутационных элементов происходит резкое изменение тока в коммутируемой цепи. Уровень радиопомех определяется крутизной фронтов образующихся импульсов, их амплитудной длительностью и числом переключений, а также процессом разряда в межконтактном промежутке.

В электроустройствах с коммутационными элементами требования к помехоподавляющим фильтрам могут быть значительно ослаблены при непосредственном воздействии на механизм образования ИРП с помощью искрограсительных цепочек на переключаемых контактах.

На работе домашних радиоприёмников и телевизоров могут сказываться ИРП от лифтов. Радиопомехи от лифтов носят редкоимпульсный характер. Источниками ИРП от лифтов являются систему управления и сигнализации. Для реализации норм по напряжению помех устанавливают ёмкостной фильтр на щите питания. Однако большое число контакторов и реле в системе управления и сигнализации лифтов требуют тщательного ухода. Загрязнение или обгорание этих элементов может привести к возрастанию радиопомех на 40 дБ.

Наиболее мощным источников радиопомех в квартире является телевизор. Как известно, получение изображения на экране телевизионного приёмника связано с необходимостью модуляции электронного луча кинескопа, его ускорения и отклонения.

Модуляция луча осуществляется полным цветовым телевизионным сигналом с амплитудой до 40В, подаваемым на управляющий электрод кинескопа. Ускорение луча происходит за счёт подачи на электроды кинескопа высоковольтного постоянного напряжения, получаемого за счёт выпрямления импульсов обратного хода строчной развёртки амплитудой до 25 кВ. Отклонение луча осуществляется магнитными полями, создаваемыми отклоняющими катушками при протекании по ним импульсно-пилообразных токов, которые вырабатывают каскады строчной и кадровой развёрток. Таким образом, в схеме телевизора имеются импульсные токи и высокие импульсные напряжения, которые создают в пространстве вокруг телевизора электромагнитное поле ИРП, напряжённость которого будет зависеть от фазовых и амплитудных соотношений векторов полей отдельных источников.

Кроме того, высококачественные потенциалы и токи возникают в силовом трансформаторе телевизора и связанной с ним электрической сети и антенном кабеле. Наиболее опасными являются связи помехообразующих элементов с электрической сетью и антенным кабелем.

Таким образом, телевизионный приёмник как источник ИРП воздействует на другие радиоприёмные устройства, в том числе на другие телевизионные приёмники, посредством электромагнитного поля излучения элементами схемы, через электросеть питания и антенный кабель.

Количественный анализ электрической и магнитной составляющих поля радиопомех свидетельствует о том, что спектр радиопомех имеет дискретный характер, кратный основной частоте строчной развёртки. Интенсивность радиопомех уменьшается с расстоянием, а также с увеличением частоты. Магнитная составляющая поля уменьшается с частоты 1 МГц, электрическая – с 2,5 МГц. Диаграммы направленности излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях имеют случайный характер, зависящий от частоты излучения. Разница между максимумом и минимумом диаграммы направленности излучения может достигать 15…20 дБ. Напряжение радиопомех на сетевых клеммах телевизоров может достигать 50…60 дБмкВ, а на антенных клеммах 60…70 дБмкВ.

В заключение отметим, что для снижения уровней радиопомех на путях их распространения по проводам разработаны специальные фильтры. Это симметричные П-образные фильтры НЧ типа ФП, серийно выпускаемые нашей промышленностью. В качестве ёмкостных элементов в фильтрах типа ФП использованы проходные конденсаторы КБП и конденсаторы КГБ-МН, в качестве индуктивных элементов применены специальные дроссели.

Для ослабления высококачественных помех с эффективностью не менее 80 дБ в цепях постоянного, пульсирующего и переменного токов с напряжением от 60 до 500 и рабочими нагрузками от 0,1 до 100 A применяется серия широкополосных помехоподавляющих фильтров ФБ (ФБ-2М; ФБ-2Т; ФБ-3М; ФБ-4М).

В полосах частот СВЧ используют широкополосные заградительные фильтры типа ФПС.

Измерение индустриальных радиопомех проводится в регламентированных нормативными документами условиях.