

## ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ РАДИОПОМЕХИ

Под промышленными радиопомехами (ИРП) понимают электромагнитные помехи в диапазоне радиочастот, создаваемые электрическими и электронными устройствами всех видов и назначений, кроме радиопередающих устройств, работающих на присвоенных им частотах.

Индустриальные радиопомехи создаются электрооборудованием и приборами, компьютерами и телевизорами, электротранспортом и автомобилями, линиями электропередачи и другими техническими средствами. При работе электроустройств радиопомехи возникают вследствие резких изменений тока и напряжения в электрических цепях, зачастую сопровождающихся искрением, например при разрывах контактов или при скольжении щеток электрических машин по коллектору. В результате создается непрерывный спектр радиопомех, охватывающий полосу частот, используемую для радиосвязи, радиовещания и телевидения.

Источники ИРП достаточно плотно размещены в пространстве, часто в непосредственной близости от радиоэлектронных средств (РЭС). Поэтому, несмотря на меньшую мощность на радиочастотах в сравнении с радиостанциями, ИРП в значительной степени определяют электромагнитную обстановку (ЭМО), и их устранение является одной из основных задач в обеспечении нормальных условий работы РЭС. Таким образом, процедура управления использованием радиочастотного спектра (РЧС) включает мероприятия по регулированию ИРП.

В отличие от естественных радиопомех для ИРП имеются возможности регулирования их не только в рецепторах, т.е. аппаратуре, подверженной влиянию ИРП, но и в местах их возникновения (на источнике помех). Уровни ИРП на источнике ограничиваются до допустимых значений. Требования к допустимым уровням регламентируются нормативными документами — Нормами Государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ), Государственными стандартами, ведомственными нормативными актами. В общей сложности отечественная нормативная база состоит из десятков нормативных документов.

Устройства-источники ИРП подвергаются контролю качества по параметрам электромагнитной совместимости (ЭМС) при сертификации и выпуске. Устройства, не отвечающие требованиям нормативных документов, не получают одобрения.

Для ограничения ИРП на источнике используют различные средства помехоподавления: искрогасители, отражающие и поглощающие фильтры и экраны, дроссели, симметрирующие устройства, заземление и др. [1–4]. На основе методов фильтрации и экранирования разрабатывают конструкции, минимизирующие уровни помех.

Задачу обеспечения ЭМС РЭС и источников ИРП решают при проектировании и пусконаладке приемо-передающих центров радиовещания, телевидения и практически всех видов радиосвязи. Проблема обеспечения ЭМС научной аппаратуры и служебных систем на борту космических аппаратов решается на всех стадиях разработки космического проекта. Вопросы борьбы с ИРП актуальны для локальных объектов военного и гражданского назначения в авиации, морском и речном флоте, для транспортных средств всех видов и назначений.

С течением времени проблема ИРП не становится менее актуальной. Технический прогресс постоянно увеличивает как число устройств-источников помех, так и число устройств-рецепторов. Поэтому и сегодня специалисты всех стран мира активно работают в этой области.

Исследования ИРП и борьба с ними были начаты в 20 годы XX века. В 1933 г. в Париже была проведена конференция, участники которой постановили, что неотложная международная проблема во избежание трудностей при обмене товарами и услугами — разработка унифицированных норм и методов измерений ИРП.

Результатом этой встречи было создание Международного специального комитета по радиопомехам (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques, CISPR/СИСПР), входящего в состав Международной электротехнической комиссии (МЭК). Советский Союз, правопреемником которого является Россия, вступил в СИСПР в 1947 г. Сегодня 35 стран являются членами СИСПР; их представители работают по программам шести технических подкомитетов (ПК):

- ПК А «Измерения радиопомех и статистические методы»;
- ПК В «Помехи, относящиеся к промышленным, научным и медицинским радиочастотным установкам, другим (крупным) промышленным установкам, воздушным линиям электропередачи, высоковольтному оборудованию и системам с электротягой»;
- ПК D «Электромагнитные помехи, относящиеся к электрическому/электронному оборудованию автомобилей и устройствам, содержащим двигатели внутреннего сгорания»;
- ПК F «Помехи, относящиеся к бытовым приборам, инструментам, осветительному оборудованию и подобным установкам»;
- ПК H «Нормы для защиты радиослужб»;
- ПК I «Электромагнитная совместимость оборудования информационных технологий, оборудования мультимедиа и приемников».

Стандарты, разработанные в рамках СИСПР, носят рекомендательный характер и служат основой для разработки региональных и национальных нормативных документов. Сегодня СИСПР предлагает 38 публикаций и технических отчетов, содержащих нормы, методы измерений, технические требования к средствам измерений и др.

В Европе нормативные документы разрабатывают две общеевропейские организации по стандартизации: Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (CENELEC) и Европейский институт стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI).

На международном, региональном и национальном уровнях проводятся работы по гармонизации нормативных документов в области ЭМС и, в частности, ИРП. Страны-члены международных организаций принимают меры по сокращению различий в области метрологии, стандартизации и сертификации за счет использования в этих областях документов, согласованных на международном уровне.

## 8.1. Рецепторы ИРП

Радиосредства всех видов и назначений составляют важнейший класс рецепторов помех. ИРП оказывают мешающее воздействие на прием сигналов радиовещания (РВ), телевидения (ТВ) и радиосвязи. При приеме РВ программ помехи проявляются в виде шелчков и тресков. При приеме ТВ программ признаками мешающего воздействия ИРП являются рябь, нарушения синхронизации, снег на экране, искажения цвета и изображения и, в ряде случаев, полное исчезновение изображения. Различные виды радиосвязи также подвержены влиянию ИРП — от незначительного снижения качества до срыва связи.

Начало борьбы с ИРП в 30-е годы XX века проходило под флагом защиты от помех служб радиосвязи и радиовещания. В качестве исторической справки в табл. 8.1 приведены виды радиосвязи середины XX века и соответствующие отношения полезного сигнала к помехе, обеспечивающие нормальный радиоприем. Материал взят из публикации 1951 г. [5].

**Таблица 8.1.** Отношение полезного сигнала к помехе, обеспечивающее нормальный радиоприем

| Род работы  | Отношение сигнал/помеха, $A_0$ , дБ |                      |
|---|-------------------------------------|----------------------|
|   | Едва удовлетворительный прием       | Вполне хороший прием |
| Незатухающая телеграфия:  |                                     |                      |
| – прием на слух   | -5...+5                             | 5...10               |
| – прием на записывающий аппарат                                     | 5...10                              | 10...20              |
| – прием на буквопечатающий аппарат                                  | 15...20                             | 25...30              |
| Прием черно-белых статических изображений при полосе частот 3000 Гц | 5...10                              | 10...20              |
| Коммерческая телефония  | 10...15                             | 25...35              |
| Радиосвечение   | 15...20                             | 30...100             |

Позже, в конце 50-х годов, к службам, требующим защиты от ИРП, добавилось телевидение. В настоящее время в перечень радиослужб-рецепторов ИРП входит множество видов фиксированной и подвижной радиосвязи (соговая, транкинговая, абонентский радиодоступ, спутниковая связь, телевизионное и ЧМ вещание и др.). В ПК Н СИСПР в 2003 году открыто новое направление «База данных характеристик радиослужб» [6] с целью сбора технической информации, необходимой для оценки мешающего действия ИРП различным службам радиосвязи.

Второй класс рецепторов ИРП — электронная аппаратура всех видов и назначений. Все большее значение приобретает проблема восприимчивости такой аппаратуры к ИРП. Это явление становится все более заметным по двум причинам: во-первых, постоянно увеличивается распространение и взаимодействие электронных изделий во всех сферах повседневной жизни и, во-вторых, современное оборудование с микропроцессорами и пластмассовыми корпусами, как правило, обладает худшей устойчивостью к электромагнитным полям. Восприимчивость к помехам сегодня является серьезной проблемой электронных устройств многих видов, особенно тех, функционирование которых связано с безопасностью или экономикой.

В [7] приведены примеры зарегистрированных случаев электромагнитной несовместимости технических средств:

- электромагнитный импульс от пьезоэлектрического прикуривателя сигарет вызывал открытие заграждающего барьера перед автостоянкой, и водители получали возможность парковаться бесплатно;
- опускание пантографов электровозов воздействовало на установленное поблизости оборудование железнодорожной сигнализации и управления, вызывая появление сигналов «опасность» и переключение светофоров на красный свет;
- в 60-е годы на одной из атомных электростанций под влиянием ИРП неоднократно срабатывала защитная система «гашения» атомного реактора;
- в войне за Фолклендские острова радиолокатор из-за помех не обнаружил запуск ракеты противника, в результате был потоплен корабль «Шеффилд».

В обзоре Международной авиационной федерации сообщалось о 97 событиях, которые привели или могли привести к трагическим результатам. Все они связаны с воздействием на системы управления самолетом помех от электронных устройств, используемых пассажирами в полете: компьютеров, проигрывателей компакт-дисков, сотовых телефонов и др.

Устройства-рецепторы двух описанных классов принципиально отличаются друг от друга следующим.

Радиоприемное устройство предназначено для приема сигналов по антенному входу, на котором могут одновременно появиться полезный и мешающий сигналы. Этот путь проникновения ИРП в приемник является основным. Дополнительные пути проникновения: по проводам заземления, по цепям питания. Кроме того, если приемник плохо экранирован, то помехи могут приниматься непосредственно его контурами.

Электронное устройство-рецептор второго класса не предназначено для приема сигналов, и основным путем воздействия на них ИРП будет тот, который для приемников считается дополнительным. Если предположить, что на этом пути помехи устранены, то электронное устройство станет невосприимчивым к ИРП, в то время как радиоприемник продолжит реагировать на помехи.

Именно поэтому и сегодня, как в первой половине XX века, СИСПР декларирует, что главный объект его внимания и защиты — средства радиосвязи [8].