

Предисловие

Аппаратура автоматизированного радиомониторинга (АРМ) получила широкое применение как инструмент решения задач в самых различных областях от управления использованием радиочастотного спектра (РЧС) до контроля радиообстановки при проведении контртеррористических операций. Она служит базой технических мероприятий по противодействию несанкционированному съему информации, в том числе специальных исследований побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН).

Перечень задач, решаемых с помощью средств АРМ, включает выявление и анализ радиоизлучений для идентификации источников сигналов и помех, измерение параметров сигналов и помех, оценку их опасности или ценности для пользователя, измерение напряженности электромагнитного поля или плотности потока мощности, определение положения источников радиосигналов и радиопомех на местности.

Основными функциями АРМ являются постоянное или периодическое наблюдение за эфиром в широком диапазоне частот, оперативное обнаружение, анализ и локализация потенциальных или специально организованных радиоканалов утечки информации и проведение других мероприятий по противодействию съему информации в контролируемых зонах (помещениях) различных ведомств и коммерческих учреждений. В частности, аппаратура АРМ позволяет проверять радиотехнические устройства и вычислительную технику на наличие и уровень ПЭМИН, представляющих интерес для перехвата радиосредствами, а затем и оценивать эффективность мер по предотвращению электромагнитного доступа к конфиденциальным данным (например, экранирование, зашумление).

В данной книге приведены справочные сведения и рекомендации по методам и средствам решения вышеперечисленных задач, отражен опыт разработки и даны классификация и подробное описание современных высокопроизводительных аппаратно-программных средств АРМ, в том числе для обнаружения, радиопеленгования, измерения параметров и технического анализа, идентификации и локализации источников электромагнитного поля. Рассмотрены примеры построения и применения аппаратуры и программного обеспечения АРМ в сложной помеховой обстановке в промышленных центрах, внутри зданий и на открытой местности.

Книга подготовлена с привлечением материалов открытой отечественной и иностранной печати, а также по итогам научно-исследовательских

и опытно-конструкторских работ, проведенных специалистами компании «ИРКОС» под руководством и при непосредственном участии авторов.

В первом разделе детально обсужден перечень задач, решаемых системами АРМ, проведен анализ номенклатуры, структуры, функций и параметров средств АРМ, разработана системная иерархия средств, определены состав, функции и основные технические характеристики для каждого класса средств.

Во втором разделе большое внимание уделено основным параметрам современных радиоприемных устройств, влияющих на эффективность решения задач АРМ. Показаны особенности построения цифровых радиоприемных устройств (ЦРПУ) для диапазона радиочастот от 9 кГц до 18 ГГц. Рассмотрены примеры построения и характеристики одно- и двухканальных ЦРПУ.

Третий раздел посвящен математическим аспектам обнаружения узкополосных сигналов и сигналов с динамическим частотно-временным распределением (программной перестройкой рабочей частоты — ППРЧ) одноканальной и двухканальной радиоаппаратурой.

В четвертом разделе проанализированы пути решения задач АРМ на основе использования многоканальных панорамных ЦРПУ, рассмотрены особенности их аппаратного построения и программного обеспечения (ПО), приведены основные технические данные.

Пятый и шестой разделы посвящены радиосигналам, используемым в системах связи, радиовещания, телевидения и передачи данных, особенностям технического анализа и измерения параметров модулированных и немодулированных сигналов. Приведены примеры измерения параметров радиосигналов и даны рекомендации по использованию ПО.

В седьмом разделе дан обзор и рассмотрены теоретические основы методов радиопеленгации и основные параметры радиопеленгационных устройств, приведены примеры построения многофункциональной аппаратуры радиомониторинга и пеленгования в ВЧ, ОВЧ, УВЧ и СВЧ диапазонах, показано влияние используемых ЦРПУ на эффективность пеленгования.

Восьмой раздел посвящен построению территориально распределенных систем радиомониторинга и определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ). Рассмотрено использование стационарных, мобильных, портативных и носимых средств АРМ. В главе также нашли отражение вопросы, связанные с системным оборудованием станций АРМ, передачей данных по каналам связи и навигацией. Показаны возможности специального ПО для обнаружения сигналов, измерения их параметров и пеленгования ИРИ с отображением местоположения на электронной карте.

В девятом разделе рассматриваются результаты сравнения нескольких методов локализации источников радиоизлучения мобильной станцией радиоконтроля в условиях города и пригородной зоны, показывается предпочтительность амплитудно-угломерного метода местоопределения источников на местности.

Десятый раздел посвящен нескольким конкретным примерам использования оборудования радиомониторинга государственной радиочастотной службы, на железной дороге и для экологических исследований.

В одиннадцатом разделе изложены особенности построения средств выявления технических каналов утечки информации (ВТКУИ) и несанкционированных ИРИ, рассмотрены методы выявления и локализации источников радиоизлучения на контролируемых объектах, показаны примеры реализации аппаратно-программных систем выявления ВТКУИ, применяемых как внутри помещений, так и на границе контролируемой зоны.

В двенадцатом разделе анализируются вопросы построения радиосистем для проведения специальных исследований ПЭМИН, рассмотрены теоретические аспекты и практические методы выявления информативных составляющих, расчета радиусов контролируемой зоны и защищенности объектов информатизации, показаны примеры аппаратуры и ПО для специальных исследований ПЭМИН.

Третье издание книги по сравнению со вторым изданием было частично переработано и дополнено новыми материалами. Так, во второй раздел были добавлены материалы по построению и техническим характеристикам носимого одноплатного приемника «Аргамак-М», приемников семейства «Аргамак-плюс» с улучшенными характеристиками, в четвертый раздел — данные по вновь разработанному двухканальному панорамному радиоприемному устройству АРК-Д11-плюс, а в седьмую — материалы по носимому ручному радиопеленгатору АРК-РПЗМ, мобильным и разворачиваемым автоматическим пеленгаторам с опцией коротковолнового пеленгования. В пятом разделе существенно переработан материал по сигналам радиоэлектронных средств УКВ диапазона, добавлены разделы по структурам сигналов DVB-T/H, TETRA и DECT. В шестой раздел помещены сведения о методике выполнения измерений параметров радиосигналов, добавлены результаты исследований по структуре и параметрам цифровых измерительных детекторов и измерению занятости радиочастот, а также материалы по анализаторам сигналов базовых станций сигналов цифрового телевидения DVB-T/H, транковой системы TETRA и беспроводной телефонии DECT.

Материалы книги будут полезны специалистам в области радиомониторинга, операторам и руководителям гражданских и силовых радиоконтрольных служб, сотрудникам служб безопасности государственных и коммерческих структур. Книга рекомендуется студентам высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов «Радиотехника» и «Информационная безопасность».

Авторы будут признательны читателям за все замечания по содержанию книги, которые следует направлять по адресу: 129085, Москва, Звездный бульвар, д. 19, компания «ИРКОС», или по электронной почте: info@ircos.ru.

Введение

Средства АРМ относятся к системам извлечения информации. Аппаратура АРМ получила широкое применение в самых различных областях [39] и развивалась теми же темпами, что и системы передачи информации по радиоканалам. К задачам АРМ относятся плановый контроль параметров штатных средств и измерение уровней непреднамеренных помех, выявление нелегальных радиопередатчиков и определение их местоположения, измерение зон энергетического покрытия при оценке качества радиосвязи, определение интенсивности использования радиочастотного ресурса. Средства АРМ также решают задачи по информационной безопасности.

Повышенная востребованность данной аппаратуры в настоящее время обусловлена рядом причин, одна часть которых связана с продолжающимся техническим прогрессом средств радиосвязи, а другая — с изменениями экономического и политического характера, которые произошли в нашей стране и в мире.

Отметим, что до 1992 г. загрузка диапазона радиочастот, выделение новых частот, регламент их использования достаточно эффективно и жестко контролировались соответствующими государственными службами, в том числе службами безопасности разного уровня, причем одновременно действовали жесткие ограничения на ввоз и использование в стране новых средств радиосвязи. В этих условиях задачи АРМ решались существующими и вновь разрабатываемыми отечественными средствами, а смена оборудования и стандартов осуществлялась в плановом порядке.

Явное и очень резкое усложнение проблем АРМ при решении задач радиоконтроля и технической защиты информации начало проявляться в связи с произошедшими политическими и экономическими изменениями в России с 1992 г.

Сильное сокращение портфеля заказов крупных российских компаний, занимавших ранее лидирующие позиции в разработке и производстве средств АРМ, вызвало фактический отток ведущих специалистов и, как следствие, резкое уменьшение вклада этих компаний в поставку современного оборудования АРМ. Данное обстоятельство обусловило замедление выпуска качественного отечественного оборудования, отставание в номенклатуре продукции, параметрах и функциональных возможностях аппаратуры. В то же время в развитых зарубежных странах развитие средств радиомониторинга шло, как и прежде, нарастающими темпами, поскольку

высокая эффективность РЭС для передачи разного вида информации при постоянном снижении себестоимости стимулирует быстрые темпы распространения РЭС во всех сферах человеческой деятельности.

Существенное усложнение радиоэлектронной обстановки (РЭО), наблюдаемое в настоящее время в России, связано со следующими факторами:

- увеличением числа штатных телевизионных и радиовещательных передатчиков, введением и последующей модернизацией сотовых систем связи, интенсификацией их использования, причем этот процесс далек от завершения;
- перегрузкой некоторых участков радиодиапазона (например, поддиапазонов 40, 100, 400, 800 и 2450 МГц), возникающей по ряду обстоятельств, таких, как наилучшие условия распространения радиоволн, отсутствие необходимости лицензирования и т.п.;
- постоянным повышением верхней границы рабочего диапазона РЭС (в настоящее время до 300 ГГц), связанным с бурным развитием современных технологий;
- использованием различных типов радиосигналов — узкополосных с фиксированным распределением частот или с динамическим частотно-временным распределением излучений и широкополосных с кодовым разделением абонентов;
- общей тенденцией повышения мощности передатчиков РЭС, продиктованной стремлением к увеличению их дальности действия, что эквивалентно увеличению числа РЭС, действующих в точке расположения приемника аппаратуры АРМ, и приводящей к повышению уровня непреднамеренных помех как на основной частоте, так и на гармониках;
- непрерывно ведущимися работами по увеличению чувствительности радиоприемных устройств, что приводит к необходимости соответствующего повышения чувствительности приемников аппаратуры АРМ, требуемой для достоверного вскрытия и анализа РЭО.

Кроме того, в городах и промышленных центрах России возросло число нелегализованных ИРИ с различными уровнями мощности и большим (по уровню и спектру) числом паразитных излучений, не соответствующих допустимым нормам и международным стандартам, что требует усиления контроля со стороны соответствующих служб за их числом, параметрами и территориальным размещением.

Одной из особенностей последних десяти–двадцати лет в нашей стране стала определенная либерализация использования радиочастотного спектра, проявившаяся, в частности, в появлении большого числа неконтролируемых устройств негласного съема информации и нелегализованных средств ее передачи [94, 228–232]. По прошествии определенного интервала времени были приняты соответствующие законодательные акты, которые, однако, имеют ограниченную эффективность. В результате на настоящем этапе применяются не только узаконенные средства съема информации, производство и поставка которых контролируется компетентными органами, но и неконтролируемые устройства с самыми экзотиче-

скими видами модуляции, которые представляют серьезную угрозу экономической безопасности России.

Особенностью нынешнего периода является также резкое увеличение объема используемой оргтехники и электронной техники бытового и промышленного назначения. Такие устройства могут иметь побочные электромагнитные излучения, являющиеся в ряде случаев каналами утечки информации, например, за счет микрофонного эффекта содержащихся в них генераторов ВЧ и ОВЧ, корреляции параметров излучений излучений мониторов и компьютеров с обрабатываемыми данными.

Кроме того, необходимо отметить ряд факторов, связанных с усложнением РЭО на защищаемых (контролируемых) объектах:

- использование большого числа РЭС, расположенных в ограниченном и часто очень малом пространстве, что приводит к большим сложностям выявления побочных источников радиоизлучения;
- существенное увеличение скорости передачи информации и применение избыточности для увеличения скрытности и помехоустойчивости ряда РЭС, к числу которых относятся, в первую очередь, устройства, используемые в измерительных и информационных радиосистемах как государственных, так и коммерческих структур, широкополосные системы с динамической частотно-временной структурой и т.п.;
- неравномерное по времени использование РЭС, которое приводит к дополнительному усложнению РЭО в моменты наибольшей интенсивности работы радиосистем.

Проблема повышения эффективности АРМ усугубляется и тем, что в связи с увеличением числа международных контактов и либерализацией рынка радиосредств возросли угрозы со стороны спецслужб зарубежных стран, которые осуществляют сбор сведений о промышленных и экономических секретах российских предприятий и ведут тотальный контроль за научными и техническими разработками в области перспективных технологий. Особую важность в связи с этим имеют технические средства, в частности радиоэлектронные, применение которых для скрытной передачи информации не составляет особого труда. Подобная техника тайного хищения информации ориентирована на получение и передачу по радиоканалу весьма разных сообщений: от акустических сигналов и речи, телефонных и телефаксных сигналов до излучений от компьютеров и мониторов, других информационных сигналов, модулирующих радиоволны разнообразными способами.

Совершенно естественно, что службы информационной безопасности частных и государственных компаний и государства в целом не могут пройти мимо проблемы возможного хищения информации и вынуждены принимать ответные меры и использовать радиосистемы эффективного противодействия данным угрозам. Появление на новом уровне проблемы защиты информации на контролируемых объектах наглядно продемонстрировало определенное научное и особенно техническое отставание России в развитии техники АРМ, способной адекватно противостоять данным угрозам при проведении контроля радиообстановки, выявлении и локализации потенциально опасных ИРИ, обнаружении электромагнитных излучений

и наводок, способных привести к утечке важной информации. По сути, технический и методологический уровень средств АРМ должен быть адекватным последним достижениям в области передачи информации, иначе Россия может проиграть в информационной борьбе.

Данные факторы стимулируют развитие отечественных средств АРМ, частным результатом которого стало создание специалистами российской компании ИРКОС системы технических средств АРМ, объединенных общностью задач, единством подхода к построению, универсальностью и многофункциональностью.

Основная задача данной книги состоит в изложении вопросов построения и функционирования цифровых радиоприемных устройств и радиотехнических систем, предназначенных для радиомониторинга и технической защиты информации, начиная от характеристик и структурных схем радиоэлектронных устройств, входящих в их состав, до описания функционирования сложных систем. При этом рассматриваются методы и алгоритмы, реализованные в программном обеспечении. Теоретические рассуждения поясняются примерами конкретных разработок радиоэлектронных устройств и радиосистем, выполненных компанией «ИРКОС».

1.

Задачи, классификация и структура средств автоматизированного радиомониторинга

1.1. Задачи средств радиомониторинга

Основным назначением средств радиомониторинга является постоянный или периодический контроль загрузки эфира в широком диапазоне частот, обнаружение и анализ новых излучений, определение местоположения их источников, оценка их опасности или ценности, выявление непреднамеренных или специально организованных радиоканалов утечки информации. Каждая из этих задач — многоэтапная, решается в условиях сложной электромагнитной обстановки и требует использования широкой номенклатуры радиотехнических средств, выполняющих определенные функции [142, 170]. Эти функции могут быть разбиты на следующие основные группы:

- универсальные функции, выполнение которых, как правило, обеспечивается современными системами АРМ;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга на местности;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга в одном отдельно контролируемом помещении и группе наиболее важных помещений, размещенных на контролируемом объекте;
- дополнительные функции выявления ПЭМИН.

К универсальным функциям средств радиомониторинга относятся:

- панорамный спектральный анализ в реальном времени с максимально высокой скоростью, разрешающей способностью и адаптацией к сложной электромагнитной обстановке;
- быстрый поиск «новых» излучений, в том числе широкополосных, и излучений с динамической частотно-временной структурой, измерение их параметров, сравнение с базой данных для определения их опасности (ценности) для пользователя;
- создание баз данных, пополнение их и сопоставление зарегистрированных данных с эталонами, хранящимися в базах;
- контроль ИРИ с оценкой характеристик излучения;
- запись радиосигналов, в том числе цифровых, одновременно со служебными параметрами (частота, время, уровень сигнала, спектрограмма и т.п.) и последующее их воспроизведение;

- технический анализ радиосигналов в реальном времени и при отложенной обработке.

К дополнительным функциям решения задач радиомониторинга на местности следует отнести:

- измерение напряженности поля или плотности потока мощности;
- пеленгование ИРИ с произвольными видами модуляции по азимуту и углу места;
- определение положения стационарных и мобильных ИРИ на местности и в протяженных объектах, отображение их на картографическом фоне (цифровом изображении объекта).

Дополнительные функции решения задач радиомониторинга в одном и нескольких контролируемых помещениях:

- поиск и выявление технических каналов утечки информации в одном или нескольких помещениях;
- идентификация принадлежности ИРИ к радиомикрофонам;
- определение местоположения ИРИ.

Дополнительные функции выполнения исследований ПЭМИН:

- измерение параметров излучений и напряженности электромагнитного поля технических средств в ближней зоне;
- оценка защищенности конфиденциальной информации при ее обработке и хранении техническими средствами;
- исследование защищенности конфиденциальной информации от утечки за счет наводок на вспомогательные технические средства, системы и их коммуникации;
- анализ защищенности выделенных помещений от утечки речевой информации по каналам акустоэлектрических преобразований;
- контроль эффективности мероприятий по защите информации от утечки за счет ПЭМИН.

1.2. Классификация средств радиомониторинга

Представляется целесообразным деление средств радиомониторинга на категории (группы) по явно выраженным специфическим признакам, с последующим определением рациональной структуры аппаратуры радиомониторинга. К таким признакам относятся:

- размер зоны (территории) действия;
- характер использования;
- выполняемые функции;
- производительность оборудования;
- конструктивные ограничения.

Рассмотрим категории средств АРМ в соответствии с этими признаками.

Размер зоны действия. Все средства радиомониторинга по размеру зоны действия могут быть разбиты на следующие группы [174]:

1) средства для решения задач радиомониторинга на местности и пеленгования ИРИ;