

УСТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТИПОВЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Рябкин Ю.В.
ГАХК «Топаз»

Abstract

Ryabkin Y.V. Establishment of informing parameters of model sources of radio of radiations for their authentication. A review and analysis of sources of radio of the radiations, conditioned by the by airs and ship radio-location stations, and also stations of ground services, is executed. The basic informing parameters of sources of radio of radiations for their authentication are set.

На протяжении последних четырех десятилетий отечественные и зарубежные разработчики средств мониторинга радиоэлектронной обстановки занимаются интенсивными исследованиями по созданию технических комплексов и систем, которые бы позволяли осуществлять не только эффективное обнаружение и сопровождение объектов радиоизлучений, но и идентификацию (распознавание) типов этих объектов по ряду основных информативных параметров их радиоизлучений.

Если первая проблема, связанная с обнаружением и сопровождением объектов радиоизлучений (целей), достаточно решена, проработана и широко применяется на практике, то проблема идентификации объектов радиоизлучений в настоящее время весьма актуальна и требует разработки специализированных ИИС идентификации, работающих совместно (или в составе) с радиолокационными станциями (РЛС), системами и комплексами (РЛК).

Обзор РЛК и типовых источников радиоизлучений. Возможность повышения как скрытности, так и точностных характеристик систем наземных служб за счет применения многопозиционных радиолокационных комплексов (МП РЛК) стимулировала разрабатывающие фирмы как в Украине, России, так и за рубежом осуществлять целый ряд программ по построению многопозиционных систем различного назначения.

Наиболее простым с точки зрения реализации является метод пассивной локации [1]. Примером его реализации могут служить разработанные МП РЛК (см. табл. 1) для обнаружения и сопровождения источников радиоизлучений. МП РЛК состоят из нескольких (3 и более) подвижных РЛС, сведенных друг с другом радиопередачами. Координаты при этом определяются триангуляционным методом. Точность измерения координат в таких системах существенно зависит как от расстояния между приемными позициями (базы), так и от ширины диаграммы направленности (размеров антенн).

В 1979 году в Чехословакии компанией «TESLA» была создана разностно-дальномерная система (РДС) «Рамона», в 1987г. РДС «Тамара», а в 1998г. — РДС «Вера». По своей структуре и назначению эти системы практически совпадают. Сравнительные технические характеристики станции пассивной локации «Кольчуга» (Украина), «Вега» (Россия), «Тамара» и «Вера» (Чехия), «Авакс» (США) приведены в таблице 1. При иллюстрации точности измерений РДС «Вера» в [2] указано, что стандартное СКО измерения разности расстояний по каждому выносному приемному пункту (ВПП) $\sigma_1 \approx 20$ нс. Кроме того обеспечивается независимость измерений, позволяющая считать, что при измерении разности расстояний по n -импульсам (кодовым группам) СКО измерений уменьшается в \sqrt{n} раз.

Для установления главных информативных параметров источников радиоизлучений, формируемых самолетными и корабельными радиолокационными станциями, РЛС наземных служб, выполнен обзор и анализ их основных типов по информационным зарубежным

обозрениям. В качестве иллюстрации сокращенный обзор типовых самолетных РЛС, как источников радиоизлучения представлен в таблице 2.

Таблица 1 — Сравнительные технические характеристики станции пассивного обнаружения

Параметры	Кольчуга Украина с 2000г.	Вега Россия с 2000г.	Тамара Чехия с 1990г.	Авакс США —	Вега Чехия с 2000г.
1. Рабочий диапазон частот, ГГц	0,135–18	1–18 (0,2–18)	0,85–18,0	2,0–18,0	0,85–18,0
2. Дальность обнаружения целей					
– наземных, км	600	100	200	600	200
– воздушных на высоте 10 км	800	400	400	600	400
3. Полоса панорамного обзора, ГГц	0,135–18,0	0,500	0,21		0,3
4. Среднеквадратичное отклонение измерения частот, МГц	0,4	0,5–1,0	3,6–21,0	1,0	3,6–21,0
5. Чувствительность в полосе панорамного обзора минус дБ/Вт	110–155	120–130	98–100		98–100
6. Динамический диапазон. ДБ односигнальный	80±10	60	60	60	60
7. Диапазон измерения временных параметров длительности импульсов, мкс	0,2–999,0		0,5–200	0,1–99,9	0,5–200
период повторения импульсов, мкс	100–79999,0		100–10000	2,0–10000	100–10000
8. Вращение антенной системы по азимуту, град	±300	360	120	360	нет
9. Автоматическое выделение (исключение) импульсных последовательностей	есть		нет	есть	нет
10. Количество классифицируемых радиотехнических средств	не ограничено	1000			
11. Статистическая обработка информации	есть	есть	нет	есть	нет
12. Состав транспортных средств	2 автомобиля +прицеп	1 автомобиль +прицеп	4 авт. контейнера + 3 поддона	самолет Е-3 с АВАКС системой	4 авт. контейнера + 3 поддона

Таблица 2 — Самолетные РЛС. Основные тактико-технические характеристики

Обозначение, назначение, фирма, страна	Диапазон рабочих частот, МГц	Излучаемая мощность:		Вид излучаемого сигнала	Длительность импульсов, мкс	Частота повторения импульсов, кГц	Примечания
		импульсная, кВт	средняя, Вт				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. AN/ARG-66. Многофункциональная РЛС. Фирма «Хьюз» (США)	9600-9950	20	160	Имп. с изменением Fi; Непрерывн. -режим "подсветка"	0,2-1,5	7,7-20	РЛС AN/ARG-66 является импульсно-доплеровской станцией, обеспечивающей обнаружение, сопровождение воздушных и наземных целей, а также решение навигационных задач. Станция может работать на одной из 16 рабочих частот, причем в полете летчик может выбрать только одну из четырех.
2. AN/ARG-71. Многофункциональная РЛС. Фирма «Хьюз» (США)	8000-120000	10		Имп. с изменением Fi			Передачик РЛС работает с высокой и низкой частотами повторения импульсов (ЧПИ). Высокая помехозащищенность достигается в основном благодаря высокой степени подавления боковых лепестков ДН, псевдослучайной перестройки рабочих частот и применения специального защитного канала, запирающего приемник при появлении помех в боковых лепестках.
3. AN/ARN-241. Панорамная РЛС. Фирма «Вестингауз» (США)	9300-9410	146	11	Импульсный	0,25-1	2; 9; 7,7-33	РЛС AN/ARN-241 создана на базе РЛС AN/ARG-66/68 и является когерентной моноимпульсной импульсно-доплеровской станцией с полностью электронным управлением диаграммой направленности антенны (ДНА).

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
1. AN/APQ-120. Многофункциональная РЛС. Фирма «Эмерсон» (США)	8500-9400 – имп.; 10050-10250 – непр.	165	200	Имп. с изменением F _i ; Непрерывн. –режим «подсветка»	≥1	320-335	РЛС AN/APQ-120 является импульсно-доплеровской станцией, обеспечивающей обнаружение, сопровождение воздушных и надводных целей, а также решение навигационных задач.
2. AN/APS-115. Панорамная РЛС. Фирма «Норден» (США)	8500-9700	200		Импульсный	0,2; 2,5	0,4; 1,59	Одна антенна станции установлена в носовой, а другая – в хвостовой части фюзеляжа самолета, чем достигается круговая зона обзора.
3. AN/APS-125,-138,-139,-145. Панорамная РЛС. Фирма «Норден» (США)	410-450	1000	4	Имп.с ЛЧМ	12±1 – APS-125,-138; 5-19 – APS-145	274-305 –APS-125,-138; 215-225 –APS-145	AN/APS-125 обладает высокой помехозащищенностью благодаря применению различных видов селекции принимаемых сигналов и автоматической компенсации помех по боковым лепесткам ДН. В пассивном режиме может выполнять функции станции РТР.
4. AN/APY-1,-2. Многофункциональная РЛС. Фирма «Вестингауз» (США)	3175-3425	900	15	имп.с ЛЧМ	0,5-1,5; 30; 80	71,2-77,2; 92,1-110; 14300-50000	РЛС работает в шести режимах: 1) импульсно-доплеровском без переключения ДНА в вертикальной плоскости; 2) импульсно-доплеровском с переключением ДНА в вертикальной плоскости; 3) над горизонтом; 4) морском; 5) комбинированном; 6) пассивном режиме пеленгации постановщиков помех. Режимы могут меняться через каждый цикл обзора.
5. AN/AWG-9. Многофункциональная РЛС. Фирма «Хьюз» (США)	9000-9800 – имп.; 10050-10200 – непр.	10	500	имп.с ЧМ	0,4; 1,3; 2,0; 2,7; 50,0	0,36; 0,64; 1,0; 2,0; 250	Широкополосная импульсная ЛБВ передатчика обеспечивает работу на 19 фиксированных частотах, а ЛБВ, вырабатывающая непрерывный сигнал, позволяет работать на шести фиксированных частотах.

Анализ характеристик типовых источников радиоизлучений и установление их основных информативных параметров. Анализируя параметры электромагнитных излучений, формируемых самолетными, корабельными РЛС, а также РЛС наземных служб, установлены основные информативные параметры их радиоизлучений.

К числу параметров радиоизлучения, которые могут быть использованы для идентификации объектов радиоизлучений следует отнести частотные, временные и частотно-временные параметры.

К числу частотных параметров принадлежат:

- значения частот излучаемых колебаний;
- границы диапазонов их изменения при перестройке;
- значения частот излучения при дискретной перестройке;
- частоты следования радиоимпульсов излучения;
- значения частот следования импульсов радиоизлучения при дискретной перестройке.

Временные параметры характеризуются:

- характером радиоизлучения (непрерывный или импульсный);
- значением длительностей импульсов радиоизлучения;
- значением длительностей импульсов радиоизлучения при дискретной перестройке.

К частотно-временным параметрам относятся следующие характеристики:

- характер изменения частоты радиоизлучения во времени (неизменная, изменяющаяся от импульса к импульсу, изменяющаяся в пределах импульса);
- характер изменения мгновенной частоты радиоизлучения в пределах импульса (линейный, скачкообразный, псевдослучайный, случайный);
- характер изменения частоты следования импульсов радиоизлучения (неизменная, изменяющаяся по задаваемому закону, изменяющаяся случайным образом).

Анализ информативных параметров радиоизлучения самолетных РЛС, позволяет отметить следующее

Частоты радиоизлучения РЛС лежат в пределах 410 мГц - 40 гГц. Область частот, используемая для выбора частоты несущего колебания, определяется задачами, решаемыми РЛС в составе технических средств и вооружений самолета. Нижний предел частоты соответствует решению задач дальнего обнаружения (РЛС - AN/APS-125,-138,-139,-145), верхний предел используется для обзора подстилающей поверхности на малой дальности с большей разрешающей способностью, а также для идентификации наземных объектов и классификации метеоявлений (РЛС - AN/APQ-122). Частоты несущих колебаний РЛС, решающих задачи обнаружения и сопровождения целей, управления вооружениями соответствуют диапазону (8 - 12) гГц. РЛС одного типа могут производиться с различными значениями частот несущих колебаний. Диапазон оперативной перестройки частоты станции может составлять (5 - 10)%.

Количество дискретных значений частоты несущего колебания используемых при перестройке составляет от единиц до десятков. Большинство самолетных РЛС имеют частоты несущих колебаний в окрестности (9,0 - 10,0) гГц, что с учетом возможной перестройки частоты в процессе функционирования усложняет задачу идентификации при использовании только частотного признака.

Для ряда РЛС предусмотрена перестройка рабочих частот в процессе функционирования по псевдослучайному закону (РЛС -AN/APG-71, AN/APS-137). Некоторые РЛС могут работать в режиме непрерывной перестройки частоты по случайному (РЛС - AN/APQ-159, AN/AWG-9) и линейному закону (РЛС - AN/APS-116, AN/APS-125,-138,-139,-145, AN/APY-1,-2). Практически все РЛС работают в импульсном режиме, некоторые из них (РЛС - AN/AWG-9, AN/APG-63, AN/APG-65, AN/APG-66) могут использоваться в режиме непрерывного излучения.

Диапазон частот следования импульсов радиочастотного излучения составляет (71,2 Гц – 2000 кГц). У большинства РЛС частота следования импульсов переменная и может изменяться по закону, задаваемому от управляющей ЭВМ, в том числе и по случайному закону. Количество возможных значений частот следования импульсов при дискретной перестройке может составлять единицы, и даже десятки.

Длительность импульсов радиоизлучения для различных РЛС лежит в пределах (0,0025 – 80,0) мкс. Для большинства РЛС эта величина составляет единицы микросекунд.

Существенной особенностью информативных параметров излучений РЛС наземных служб является их высокая изменчивость, что вызвано в первую очередь необходимостью обеспечить высокую помехозащищенность. Параметры излучений многих РЛС изменяются сложным образом не только от одной зондирующей посылки к другой, но и внутри одной посылки. Широко используются многочастотные зондирующие посылки. Предусматривается так же традиционный метод противодействия помехам - изменение частотных параметров излучений при обнаружении помех [3].

Анализ информативных параметров радиоизлучения РЛС наземных служб, позволяет установить

Частоты радиоизлучения РЛС лежат в пределах 530 мГц - 18 гГц. Область частот, используемая для выбора частоты несущего колебания, определяется задачами, решаемыми РЛС в составе технических средств. Нижний предел частоты соответствует решению задач дальнего обнаружения (РЛС - ДРЛ-7), среднюю область указанного диапазона занимают излучения РЛС обнаружения и сопровождения целей (РЛС - S 650, AN/TPQ-37 и др.), а также метеорологических РЛС (РЛС - AN/FPS-77), верхний предел используется РЛС наведения и управления (РЛС - СНР «Шаин-2»). РЛС одного типа могут производиться с различными значениями частот несущих колебаний. Диапазон оперативной перестройки частоты станции может составлять (5 - 10)%. Количество дискретных значений частоты несущего колебания используемых при перестройке составляет от единиц до десятков. Большинство РЛС используют сложные многочастотные радиоизлучения, в некоторых используется линейная частотная модуляция, коммутация фазы несущего колебания. Указанное обстоятельство усложняет задачу идентификации при использовании только частотного признака.

Диапазон частот следования импульсов радиочастотного излучения составляет (20 Гц – 10 кГц). У большинства РЛС частота следования импульсов переменная и может изменяться по закону, задаваемому от управляющей ЭВМ, в том числе и по случайному закону.

Длительность импульсов радиоизлучения для различных РЛС лежит в пределах (0,1 – 409,6) мкс. Для большинства РЛС эта величина составляет единицы микросекунд.

Анализ информативных параметров радиоизлучений РЛС, расположенных на кораблях, позволяет отметить следующее

Частоты радиоизлучения РЛС лежат в пределах (500 – 33400) мГц. Область частот, используемая для выбора частоты несущего колебания, определяется задачами, решаемыми РЛС в составе технических средств. РЛС одного типа могут производиться с различными значениями частот несущих колебаний. Диапазон оперативной перестройки частоты станции может составлять (5 - 10)%. Количество дискретных значений частоты несущего колебания используемых при перестройке составляет от единиц до десятков. Большинство корабельных РЛС имеют частоты несущих колебаний в окрестности (9,0 – 10,0) гГц, что с учетом возможной перестройки частоты в процессе функционирования усложняет задачу идентификации при использовании только частотного признака.

Характерной особенностью многих из рассмотренных РЛС является использование в качестве зондирующих коротких и длинных импульсов с линейным законом изменением частоты. Имеются РЛС использующие импульсы с кодированием по фазе бинарным кодом

Баркера. Практически все РЛС работают в импульсном режиме, некоторые из них могут использоваться в режиме непрерывного излучения.

Диапазон частот следования импульсов радиочастотного излучения составляет (0,5 – 35000)кГц. У большинства РЛС частота следования импульсов переменная и может изменяться по закону, задаваемому от управляющей ЭВМ. Количество возможных значений частот следования импульсов при дискретной перестройке может составлять единицы, и даже десятки.

Длительность импульсов радиоизлучения для различных РЛС лежит в пределах (0,08 – 80) мкс. Для большинства РЛС эта величина составляет единицы микросекунд.

Выводы.

Из анализа всех рассмотренных источников радиоизлучений — самолетные РЛС, РЛС наземных служб, а также РЛС, расположенных на кораблях, по параметрам которых будет выполняться идентификация объектов с помощью разрабатываемой ИИС, необходимо учитывать следующее:

1. Указанные типы РЛС могут быть источниками как импульсного, так и непрерывного излучения, причем как частотные, так и временные параметры излучения могут изменяться в процессе функционирования РЛС по сложному, в том числе и случайному закону. Указанное обстоятельство не позволяет считать сигналы, отображающие радиоизлучение РЛС и обрабатываемые ИИС стационарными и ограничивает возможности выбора методов обработки этих сигналов. В частности, исключаются методы обработки, использующие гипотезы стационарности и эргодичности.

2. Сложный характер сигналов, отображающих радиоизлучение РЛС, обуславливает необходимость оценивания их информативных параметров в течение всего времени наблюдения излучения источников. Сокращение этого времени или использование для таких оценок ограниченных временных сегментов сигналов может существенно снизить их информативность, что повлечет за собой ухудшение достоверности идентификации. Это обстоятельство указывает на необходимость обработки полноразмерных реализаций сигналов, отображающих радиоизлучение, средствами получения динамических спектральных оценок в реальном масштабе времени.

3. Сложный характер изменения и нестационарность зондирующих сигналов, отображающих закон изменения во времени излучений РЛС, обуславливают необходимость использования последовательной процедуры их анализа в ИИС начиная от обнаружения радиоизлучения в некотором, достаточно широком диапазоне, последующего уточнения параметров радиоизлучения в процессе наблюдения за ним, получения оценок параметров по результатам наблюдения на достаточно протяженном (но не допускающем потерю актуальности данных) интервале времени, и наконец, идентификацию на этой основе источника радиоизлучений.

4. Ввиду того, что диапазоны возможных значений одноименных информативных параметров радиоизлучений для различных РЛС могут перекрываться, однозначная идентификация по одному параметру (например, частотному или временному) оказывается невозможной. Для повышения достоверности идентификации необходимо комплексное использование максимального количества информативных параметров, характеризующих текущее состояние источника радиоизлучения в условиях ограниченного сверху времени идентификации обнаруженного объекта.

Литература

1. Salah J.E. Moriello J.E. Development of a multistatic measurement system. — In: IEEE. 1980 Intern Radar Conf., Arlington, Va. — P. 88–93.
2. Multistatic mode raises radar accuracy, Aviation Week & Space Technology, 1980. — V.113. — №2. — P. 62–69.
3. Радиоэлектроника за рубежом, выпуск 3 [1131]. — М.1989. — С. 7–11.