

Особенности построения и тенденции инновационного развития радиолокационных станций (РЛС)



И.В. Андреев

аспирант кафедры
«Управление
инновациями»
МАТИ - РГТУ
им. К.Э. Циолковского,
инженер КБ АО
«НПО «ЛЭМЗ»;
г. Москва



В.К. Федоров

д.т.н. профессор,
зав. кафедрой
«Управление
инновациями»
МАТИ - РГТУ
им. К.Э. Циолковского;
г. Москва

Современные радиолокационные станции представляют собой сложные электронно-механические устройства, выполняющие широкий спектр задач.

Рассмотрим классификации, особенности структуры и принципы разработки компоновочных решений РЛС.

Основная, общая классификация радиолокационных систем может быть выполнена по характеру локации и представлена следующим образом (рис. 1):

- активные;
- вторичной локации (с активным ответом);
- пассивные;
- активно-пассивные.

Наиболее часто применяются станции с активной радиолокацией. Станции с активной радиолокацией выполняют задачи обнаружения целей различных классов за счет зондирования пространства и обработки полученного пассивного вторичного излучения. В связи с этим РЛС в своем составе обязательно имеет передающее и приемное устройства, размещенные на одной позиции (однопозиционные или совмещенные) или разнесенные в пространстве (многопозиционные).

Системы вторичной локации применяют как отдельно, так и совместно с активными системами. Подобно активным радиолокационным систе-

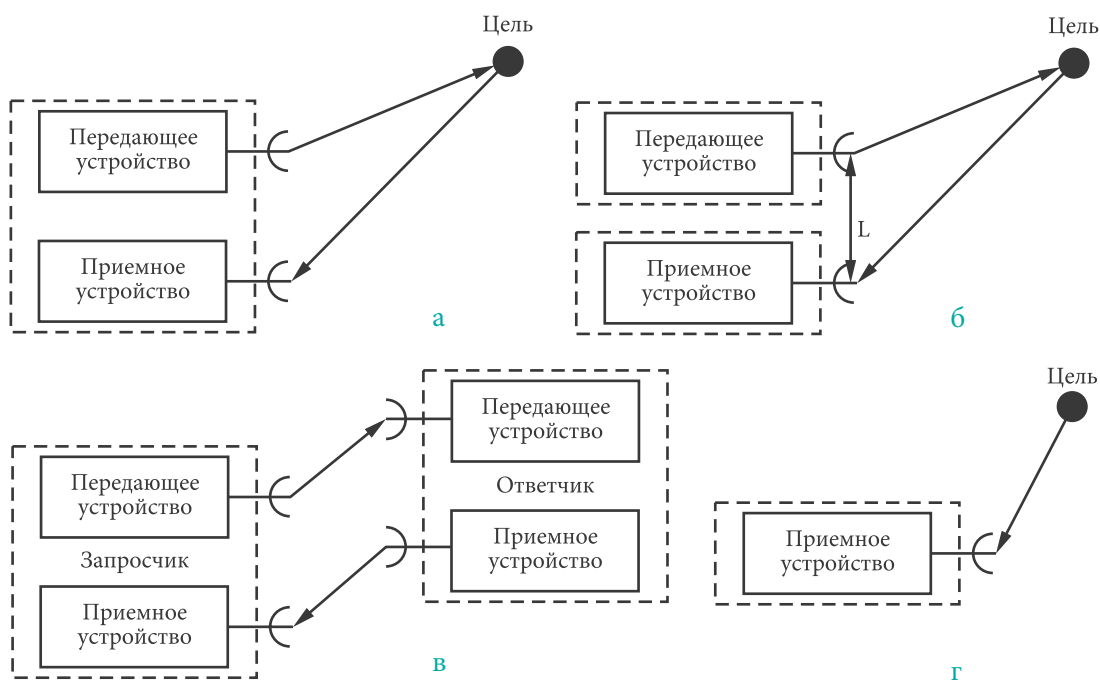


Рис. 1. Схема классификации РЛС по характеру локации:
а – активная однопозиционная;
б – активная многопозиционная;
в – вторичной локации;
г – пассивная



мам, в их состав входят передающие и приемные устройства, однако необходимо иметь в виду, что вторичное излучение активно формируется самим объектом, что отражается на технических характеристиках РЛС.

В пассивных системах РЛС используются собственные излучения элементов цели, и из структуры РЛС исключается передающее устройство. Пассивные системы РЛС могут применяться совместно с активными, образуя *активно-пассивные системы*.

РЛС классифицируются по следующим признакам:

- по месту установки – наземные, авиационные, автомобильные, службы обеспечения безопасности движения, космического базирования;
- по назначению – РЛС обнаружения целей, управления оружием, обеспечения полетов, метеорологические, навигационные, опознавания государственной принадлежности, многофункциональные;
- по диапазону длин волн – РЛС декаметрового, метрового, дециметрового, сантиметрового, миллиметрового диапазона длин волн, многодиапазонные;
- по числу измеряемых координат – трех-, двух-, однокоординатные РЛС;
- по числу занимаемых позиций – однопозиционные и многопозиционные РЛС [3].

Рассмотрим обобщенную структурную схему простейшего активного однопозиционного импульсного радиолокатора (рис. 2).

Импульсный радиопередатчик формирует последовательность зондирующих импульсов. Антенный переключатель обеспечивает коммутацию приемного устройства и импульсного радиопередатчика на одну антенну. Приемное устройство обеспечивает прием и преобразование поступающих радиосигналов для последующей обработки. Важной частью указанной схемы является устройство синхронизации, основная

задача которого – согласование работы передающего и приемного устройств и других элементов локатора по времени.

В настоящее время обработка данных в радиолокационных станциях ведется в цифровой форме, поэтому под индикаторным устройством можно понимать аналого-цифровые преобразователи и вычислители или цифровые сигнальные процессоры, а так же устройства вывода локационной информации.

В зависимости от принадлежности РЛС к классификационным группам, структурная схема (рис. 2), очевидно, также преобразуется. Это можно проследить на примере классификации РЛС по характеру локации (рис. 1). В многопозиционных и пассивных РЛС антенный переключатель не требуется – для первого случая по причине пространственного разнесения приемного и передающего устройств, а значит, наличия нескольких антенн, – а для второго в связи с отсутствием передающего устройства.

Современные радиолокационные системы, как правило, имеют сложную структуру и объединяют в своем составе радиолокаторы различного назначения. Непременной частью перспективных разработок РЛС является система вторичной локации, дополняющая активную.

Для обеспечения безопасности воздушного транспорта ведутся разработки систем так называемого активного зависимого наблюдения – совмещенной системы пассивной и вторичной локации: воздушное судно в режиме реального времени передает свои данные как по запросу с земли, так и без запроса.

Задачи получения радиолокационной информации удаленными пользователями решаются применением выносных индикаторных постов, а построение сети РЛС значительно повышает характеристики системы.

Применение РЛС с активными фазированными антенными решетками (АФАР) в качестве приемной и передающей антенн позволяет наиболее эффективно решать задачи обнаружения целей и получения радиолокационной информации с вы-

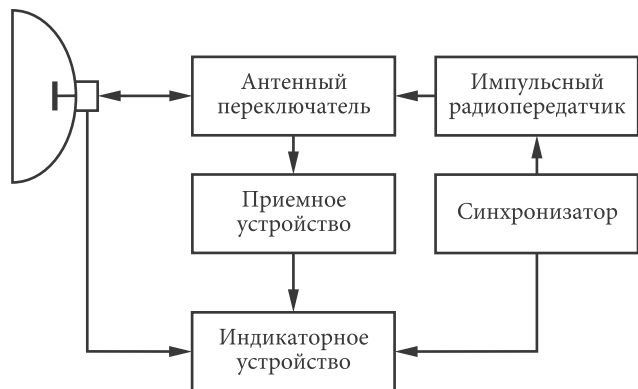


Рис. 2. Структурная схема однопозиционного импульсного радиолокатора

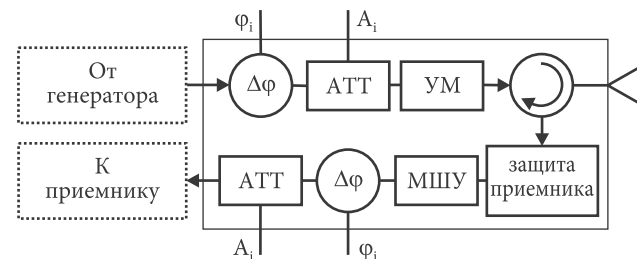


Рис. 3. Приемно-передающий модуль АФАР

сокой точностью, ввиду возможности формирования диаграмм направленности произвольной формы, а также многолучевых

Специфика радиолокационных станций с АФАР различных видов неизбежно отображается на их структуре: передающее и приемное устройства совмещаются в приемно-передающий модуль (рис. 3), множество которых формирует апертуру антенны. Под апертурой понимают излучающую или принимающую поверхность антенны.

Приемо-передающие модули АФАР в обязательном порядке имеют в своем составе усилители и устройства управления фазой и амплитудой сигнала для формирования сканирующего луча.

Применение цифровых технологий АФАР, а особенно цифровых антенных решеток (ЦАР) расширяет возможности помехозащищенности.

Устройства управления амплитудой и фазой в приемно-передающих модулях ЦАР отсутствуют, а управление диаграммой направленности осуществляется цифровыми методами.

Радиоэлектронные средства специального назначения, к которым относятся РЛС, разрабатывают на основе базовой модели стандартизированных несущих конструкций (рис. 4).

В соответствии с ГОСТ Р 52003-2003, уровни разукрупнения радиоэлектронных средств подразделяют по исполнению на модульные и немодульные.

Модульный метод предполагает структуру радиоэлектронных средств на основании электронных модулей – конструктивно и функционально законченных электронных устройств.

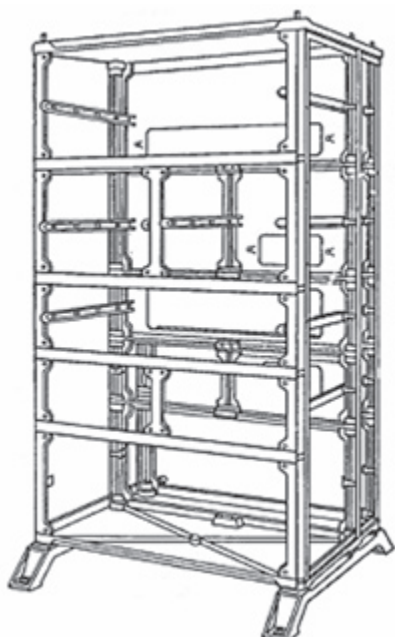


Рис. 4. Каркас приборного шкафа открытого типа для компоновки комплектных вставных блоков

Магистрально-модульный метод подразумевает разработку конструктивно и функционально завершенных радиоэлектронных средств с использованием рациональной структуры соединений и коммутации и обеспечивающий взаимозаменяемость их составных частей.

Немодульный метод предполагает иерархическое построение всей структуры: ячейка, блок, шкаф, выполненное на основе несущей конструкции соответствующего уровня [1].

Несмотря на то, что радиоэлектронные устройства в конструкторской документации обозначаются как ячейки, блоки или приборные шкафы, в разрабатываемых в настоящее время конструкциях радиоэлектронных систем применяют модульный метод. Особенно это характерно для устройств сверхвысоких частот (СВЧ), где в силу необходимости обеспечения электромагнитной совместимости и стойкости к внешним воздействиям функциональные единицы выполняют конструктивно и функционально завершенными, то есть они представляют собой электронные модули.

Миниатюризация изделий электронной техники позволяет конструктивно объединить приемные или передающие радиоэлектронные устройства в единый конструктив – моноблок.

Основные принципы функциональных и конструктивно-технологических решений современных РЛС можно оценить, рассматривая тенденции, определяющие перспективные направления развития современных радиолокационных станций:

- автоматизация обработки сигналов и построения трасс целей;
- многорежимное зондирование с эффективным использованием когерентности сигналов;
- адаптация к помеховой обстановке за счет сочетания различных видов селекции;
- сочетание различных типов антенн, для обеспечения высоких технических характеристик и удешевляющих РЛС;
- повышение надежности за счет автоматизации диагностики неисправностей;
- переход к дистанционному контролю РЛС;
- расширение полосы частот РЛС [2].

На основании новых аппаратных и алгоритмических структур могут быть реализованы следующие принципы построения РЛС:

- рациональное распределение энергетического потенциала радиоэлектронного средства по пространству и решаемым задачам;
- адаптивность работы к складывающейся целевой и помеховой обстановке;
- многофункциональность, то есть способность одновременно решать большое количе-



ство разнородных задач ограниченным числом функциональных компонентов [2].

Для РЛС специального назначения также выдвигаются требования максимальной скрытности и живучести, минимального времени развертывания. Немаловажное значение имеют эксплуатационные характеристики: долговечность, удобство обслуживания.

В основе перспективных способов достижения высоких характеристик современных РЛС лежат следующие принципы:

- комплексирование информации;
- адаптивное использование различных источников информации;
- многопозиционное получение и обработка информации;
- комбинирование средств пассивной, активной и вторичной локации;
- унификация и стандартизация радиоэлектронной аппаратуры и интерфейсов;
- использование новых разработок в области СВЧ-техники [2].

Основное направление развития перспективных РЛС состоит в дальнейшем увеличении роли цифровых устройств и методов обработки сигналов.

В настоящее время в радиолокационных станциях вся первичная обработка информации ведется в цифровом виде. Параметры обработки цифровых устройств превосходят аналоговые и не зависят от времени и температуры.

Уровень развития современной микроэлектроники позволяет проводить аналого-цифровое преобразование на таких высоких скоростях, что перенос частоты сигнала не требуется. Для РЛС с АФАР идея цифрового приемного устройства особенно перспективна. В прямой дискретизации высокочастотного сигнала кроется масса преимуществ: исключаются преобразователи частоты, гетеродин, несколько каскадов усиления и фильтрации.

Управление частотными, амплитудными и фазовыми характеристиками будет осуществляться в цифровом виде, и аналоговые устройства, чувствительные к регулировке и внешним факторам, а также требовательные к условиям производства не требуются, в результате упрощается структура фазированной решетки, открываются огромные перспективы в формировании диаграмм направленности.

В то же время ужесточаются требования к входным цепям, первичным каскадам усиления и фильтрации, которые не могут быть исключены из приемного тракта, так как для аналого-цифрового

преобразования с наименьшими искажениями необходимо выполнение соответствующих условий.

Все вышеперечисленные направления и принципы разработок современных РЛС требуют адекватного развития конструктивно-технологических решений производства радиоэлектронных систем.

Развитие технологий элементной базы микроэлектроники открывает широкие перспективы применения модульных принципов построения функциональных узлов РЛС. Это связано с общей тенденцией миниатюризации компонентов и разработками монолитных интегральных схем различного назначения с широким диапазоном рабочих частот.

Модульные принципы применяются не только к радиоэлектронным единицам РЛС, в полной мере применение этих принципов относится и к чисто механическим, и электромеханическим составным частям радиолокатора.

Существенная роль в микроэлектронных устройствах РЛС отводится взаимному влиянию миниатюризации электронных компонентов и автоматизации производственных процессов, в частности, автоматизированного монтажа элементов на печатные платы, так как габаритные размеры отдельных компонентов стали настолько малы, что полностью исключают ручную сборку.

Конструктивные решения радиоэлектронных устройств, в особенности сверхвысоких частот, должны удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости. Комплексирование в составе одной конструктивно завершенной функциональной единицы устройств различного назначения, в особенности выполненных на современных МИС, требует решений минимизации их взаимного влияния. Для СВЧ устройств эти проблемы решаются в основном методом экранирования, то есть конструктивным разделением объектов, между которыми возможно возникновение паразитных связей.

Литература

1. ГОСТ Р 52003-2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2003.
2. Друзин С.В. Основные направления развития радиолокационных систем // Вестник «Концерн ПВО «Алмаз-Антей». 2012. № 2. С. 4-6.
3. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007.