

## КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Клинцевич Е.Е.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Одинец Д.Н. – доцент, канд. технических наук*

В настоящее время существует множество различных радиолокационных систем, которые отличаются диапазонами, типами базирования и методами обработки отраженного от цели сигнала. Основу построения любой РЛС составляют методы приема и излучения радиоволн. Наиболее перспективными с точки зрения точности обнаружения целей являются импульсные РЛС. Однако РЛС данного типа наиболее дорогостоящие в разработке и эксплуатации, поэтому программное моделирование их сигналов является актуальным научным направлением в настоящее время, так позволяет сократить расходы на натурные исследования. В статье приведена классификация современных РЛС и возможный вариант моделирования отраженного от цели сигнала.

Радиолокация основана на использовании явления отражения радиоволн от объектов. Если длина волны меньше габаритного размера облучаемого объекта или соизмерима с его размерами, то эффективность обнаружения возрастает. Поэтому основным параметром классификации предлагается использовать частоту (длина волны) радиосигнала, на которой работает РЛС. Для обнаружения целей на поверхности и над поверхностью земли используют радиолокаторы с частотой излучения 50 – 330 МГц с длиной волны от 0,9 до 1 м. Для дальнего обнаружения созданы РЛС с рабочей частотой 300 – 1000 МГц и длиной волны 0,3 – 1 м.

**Первичные радиолокаторы** излучают в пространство высокочастотные сигналы, которые, при наличии целей в зоне действия, отражаются от них. В отличие от вторичных радиолокаторов, первичные радиолокаторы принимают свои собственные излученные сигналы как эхо-сигналы. Поэтому первичную радиолокацию еще называют радиолокацией с пассивным ответом. Принятые эхо-сигналы подвергаются обработке для получения информации о цели (целях).

Для функционирования **вторичных радиолокаторов** необходимо оснащение самолета активным ответчиком, транспондером (transponder = transmitting responder). Поэтому вторичную радиолокацию еще называют радиолокацией с активным ответом.

**Импульсные радиолокаторы** излучают прерывистый (включен/выключен) сигнал высокой мощности на очень высокой частоте, называемый зондирующим сигналом. За ним наступает длинная пауза, в течение которой могут приниматься эхо-сигналы до того, как будет излучен следующий зондирующий сигнал. По времени задержки принятого эхо-сигнала относительно момента излучения зондирующего сигнала определяют дальность до цели. Угловые координаты цели и, если необходимо, ее высота могут определяться по положению антенны во время приема эхо-сигнала и по времени его задержки.

**Радиолокатор непрерывного излучения** излучает без перерывов. Эхо-сигнал принимается и обрабатывается одновременно с этим и постоянно. Приемник не обязательно находится в том же месте, что и передатчик. Радиолокаторы с внутримпульсной модуляцией излучают импульсные зондирующие сигналы с меньшей импульсной мощностью, но с большей длительностью. Радиолокатор непрерывного немодулированного излучения имеет постоянную амплитуду и частоту. Такие устройства используются при измерении скорости движения объекта и основаны на использовании эффекта Доплера. Дальность в этом случае не может быть измерена.

**Радиолокатор непрерывного излучения с частотной модуляцией FMCW-Radar** (Frequency Modulated Continuous Wave radar). В них используются сигналы постоянной амплитуды, модулированные по частоте, или со сдвигом фазы. Это делает возможным использование для определения дальности методов, основанных на измерении времени задержки. Дальность (или высота) может быть определена по частотному сдвигу принятого сигнала или по времени задержки заданного кода фазы. Преимущество таких радиолокаторов состоит в том, что измерения выполняются без перерывов в приеме и, таким образом, результат измерения доступен всегда [1].

Для моделирования сигнала импульсной РЛС (как наиболее перспективной в современных условиях), отраженного от корпуса летательного аппарата предлагается использовать результаты следующих расчетов:

1. Расчёт азимутального угла в текущий момент времени  $t_n$  по формуле 1.

$$\varphi_{\beta-1}(t_n) = \arctg \left( \frac{|y_{t_0}|}{|x_{t_{RL}}(t_n)|} \right), \quad (1)$$

где  $x, y$  – координаты летательного аппарата в момент времени  $t$ .

2. Расчёт веса амплитуды сигнала для учета зависимости эффективной отражающей поверхности корпуса от азимутального угла по формуле 2.

$$K_E(\varphi_{\beta_i}(t_n)) = (K_{E0} + |\sin(\varphi_{\beta_i}(t_n))|) \frac{1}{K_{E0}+1}, \quad (2)$$

где  $K_{E0}$  принимается равным  $K_{E0} = 0,25$ .

3. Расчёт комплексной амплитуды сигнала, отраженного от корпуса летательного аппарата по формуле 3.

$$U_{c\_корп}(t_n) = K_E(\varphi_{\beta_i}(t_n)) \times E_{c\_из\_корп}(t_n) \times \sum_{j=0}^{N_{c\_корп}-1} \exp(i \times \varphi_j(t_n)) \quad (3)$$

### **Заключение**

Разработка РЛС, удовлетворяющих последним требованиям современной обстановки и разнообразию сфер применения, требует использования передовых технологий имитационного моделирования. Предложенный подход к классификации и моделированию РЛС может сократить время разработки и испытаний наиболее востребованных в наше время РЛС для обнаружения БПЛА.

### **Список использованных источников:**

1. Классификация радиолокационных систем (1) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.radartutorial.eu/02.basics/rp04.ru.html#p1> – Дата доступа: 01.04.2024.