

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАТОРА

В. А. Малахин, С. Н. Гончаров

СарФТИ НИЯУ МИФИ, г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Радиолокационная информация – это совокупность сведений об объектах (радиолокационными целями), извлекаемая в результате приема и обработки (анализа) электромагнитных волн. Эти сведения могут касаться наличия или отсутствия целей в заданных участках пространства, их координат, скорости и траектории движения, а также характеристик цели. Средством получения радиолокационной информации является радиолокатор.

Как правило, зондирующий сигнал радиолокационной станции (РЛС) представляет собой последовательность импульсов. Параметры зондирующего сигнала, такие как длительность импульсов, период следования импульсов, несущая частота, диапазон изменения несущей частоты, наличие и характер внутриимпульсной модуляции, определяются в зависимости от требуемых характеристик РЛС.

Создание программной модели позволит подобрать необходимые параметры зондирующего сигнала и выбрать наиболее эффективный способ обработки принятого сигнала РЛС, в соответствии с назначением РЛС и предъявляемым к ней требованиям.

Постановка задачи

Программная модель РЛС должна выполнять следующие требования:

- имитировать прием сигнала, отраженного от движущейся цели;
- включать в расчет наложение сигнала от пассивных помех и собственного шума приемника на полезный сигнал;
- выполнять обработку имитированного сигнала и отображать результат в терминах скорости и расстояния до цели;
- определять наличие цели и её параметры с помощью выбранного алгоритма в условиях высокого уровня пассивных помех.

Обзор типов радиолокационных станций

В данной работе рассмотрены РЛС с селекцией движущихся целей (РЛС СДЦ) и импульсно-доплеровская РЛС, так как они позволяют определять движущиеся цели на фоне значительных пассивных помех.

Также они являются импульсными, что упрощает их практическую реализацию.

Радиолокатор с селекцией движущихся целей

Основной целью РЛС СДЦ является подавление отражений от неподвижных или медленно движущихся мешающих отражателей, таких как здания, холмы, деревья, дождь и т. п. Фильтр СДЦ позволяет сравнивать два или больше интервалов повторения импульса, исключая сигнал от неподвижных пассивных помех.

Импульсно-доплеровский радиолокатор

Импульсно-доплеровский радиолокатор – это радиолокатор, в котором обнаружение цели основано на эффекте Доплера. Эффект Доплера – это изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемое наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя (приёмника).

Импульсно-доплеровские РЛС выделяют и усиливают сигнал цели в пределах конкретной доплеровской полосы, не пропуская сигналы пассивных помех и другие отраженные сигналы, расположенные вне пределов интересующей доплеровской полосы. Это реализуется с помощью набора перекрывающихся доплеровских фильтров.

Реализация программной модели импульсно-доплеровской РЛС

Импульсно-доплеровская РЛС с переменной частотой следования импульсов и переменной несущей частотой – оптимальный вариант для обнаружения цели и однозначного определения параметров ее движения. Также используется внутриимпульсная фазовая модуляция сигнала, для достижения высокого разрешения по дальности.

Структура сигнала изображена на рис. 1 и представляет собой когерентные пачки импульсов, где N – количество пачек, K – количество импульсов в пачке, а (j, i) – j -й импульс в i -ой пачке. Изменения несущей частоты и периода следования импульсов происходят от пачке к пачке.

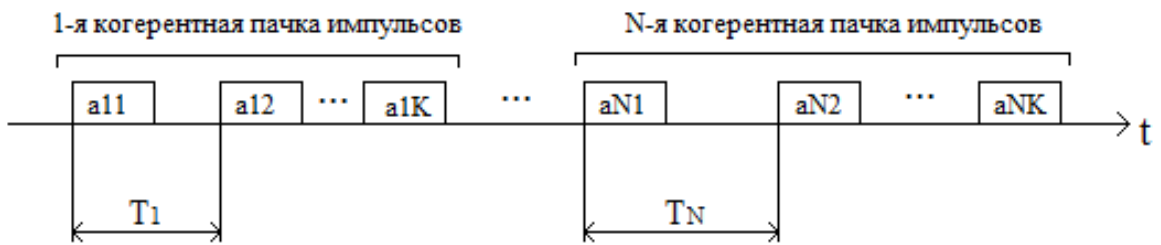


Рис. 1. Структура зондирующего сигнала

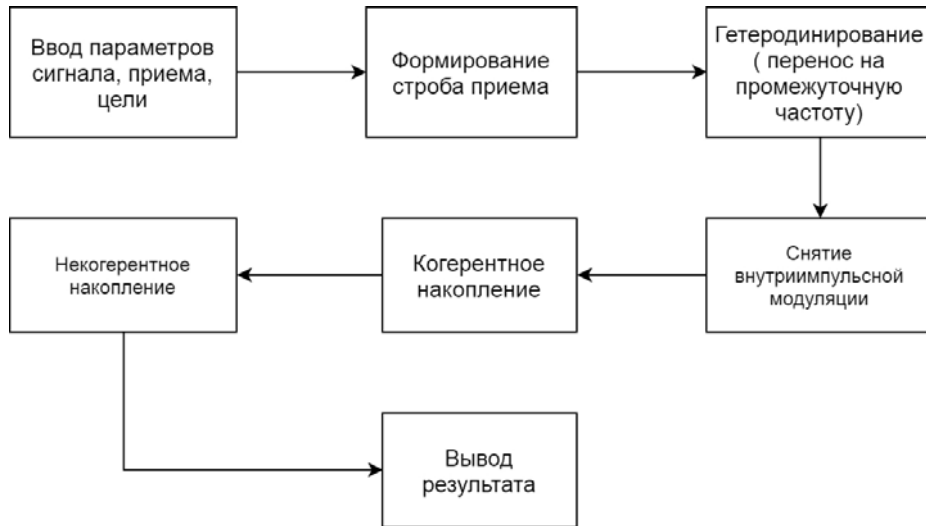


Рис. 2. Структурная схема моделирующей программы

На рис. 2 представлена структурная схема программной модели РЛС. Сначала задаются параметры сигнала, приема и цели. К параметрам сигнала относятся: частота дискретизации (Гц), длительность дискрета фазовой внутримпульсной манипуляции (такты АЦП), несущая частота (Гц), диапазон изменения несущей частоты (Гц), средняя скважность импульсов, диапазон изменения скважности импульсов. Дополнительно указывается файл со структурой фазовой манипуляции, способы его генерации в данной работе не рассматриваются.

К параметрам цели относятся: дальность до цели (м), скорость цели (км/ч). Так же вводятся параметры собственного шума приемника: среднеквадратическое отклонение (СКО) шума (разряды АЦП), отношение сигнал шума на входе (дБ). К параметрам стационарной помехи относятся: отношение помеха-шум на входе (дБ), СКО скорости статической помехи (Км), закон распределения скоростей стационарной помехи (нормальный или равномерный). В параметрах приема указываются: минимальная и максимальная дальность приема (м), минимальная и максимальная радиальная скорость (км/ч). В параметрах алгоритма указывается количество импульсов в пачке и количество пачек импульсов.

Описание процесса обработки данных

Блок формирования строга приема генерирует отсчеты синфазной и квадратурной составляющей принятого сигнала по заданным параметрам цели, приема и сигнала. Вся дальнейшая обработка выполняется и для синфазной и для квадратурной составляющей приемника создается генератором. Собственный шум случайных чисел с нормальным распределением. Сигнал статической помехи генерируется как множественное отражение излученного сигнала в каждом элементе разрешения РЛС. Фактически, в каждом элементе разрешения находится объект, движущийся со случайной скоростью в пределах заданных параметров. Распределение скоростей подчиняется либо нормальному, либо равномерному закону распределения по выбору.

Блок гетеродинирования имитирует перенос частоту сигнала с несущей на промежуточную, для дальнейшей обработки.

Операция снятия внутримпульсной модуляции представляет собой свертку со структурой отправленного сигнала. Это необходимо для того, чтобы выделить сигнал, с той же внутримпульсной модуляцией, что и был отправлен.

Когерентное накопление выполняется только для когерентного периода сигнала, то есть отдельно

для каждой пачки импульсов, так как частота сигнала и ЧПИ меняются от пачке к пачке. Когерентная обработка включает в себя набор равномерно расставленных на всем необходимом диапазоне радиальных скоростей доплеровских фильтров, количество фильтров соответствует количеству гипотез по скорости цели.

Некогерентное накопление суммирует по модулю результаты всех доплеровских фильтров всех когерентных пачек, пример результата показан на рис. 3. Ось абсцисс отображает скорость цели, ось ординат отображает расстояние до цели. Ось аппликата отображает амплитуду накопленного сигнала в данной точке. Максимум, на данном рисунке, соответствует заданным параметрам цели. Полученный массив данных требует дальнейшей обработки для вынесения решения о наличии цели и создании отметок целей. Это можно сделать, например, установив порог обнаружения, но подробное рассмотрение алгоритмов создания отметок выходит за рамки данной работы.

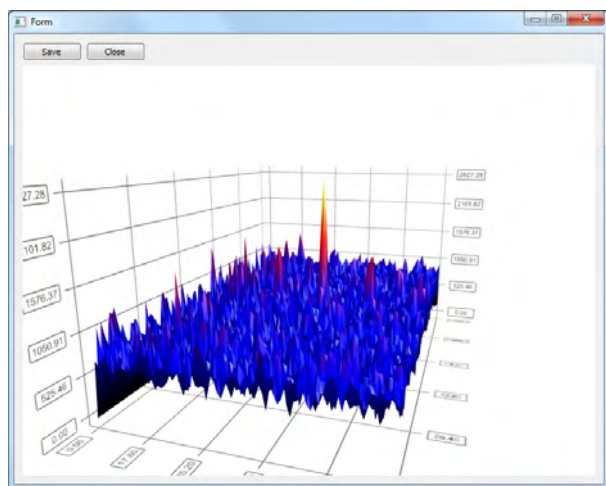


Рис. 3. Результат некогерентного накопления сигнала

Параметры моделирования:

– частота дискретизации: 50 МГц,

- несущая частота: 4 ГГц,
- средняя скважность: 5, диапазон изменения скважности: 1,
- дальность до цели 30000 м, скорость цели: 500 км/ч,
- отношение сигнал-шум на входе: -35 дБ,
- отношение помеха-шум на входе: -40 дБ,
- СКО скорости статической помехи: 3 Км/ч,
- минимальная дальность приема: 29800 м,
- максимальная дальность приема: 30200 м,
- минимальная радиальная скорость: 0 м,
- максимальная радиальная скорость: 900 м,
- количество когерентных пачек импульсов: 8,
- количество импульсов в пачке: 8,
- предполагаемая область стационарной помехи: 10 км/ч,
- строб приема включает в себя: собственный шум, сигнал стационарной помехи и сигнал цели.

Заключение

Таким образом, в данной работе были рассмотрены различные типы радиолокаторов. Для реализации был выбран импульсно-доплеровский радиолокатор с внутрипериодной модуляцией. разработана программная модель, которая имитирует прием сигнала, отраженного от цели с идеализированной антенной. Результаты моделирования соответствуют ожидаемым, и программа позволяет оценить результирующие характеристики радиолокатора в зависимости от заданных параметров сигнала, цели, приема и помеховой обстановки.

Литература

1. Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981. — 416 с.
2. Справочник по радиолокации. В 2 книгах / Под редакцией М. И. Сколника. Пер. с англ. по общей ред. В. С. Вербы, В 2 книгах. Москва: Техносфера, 2014.