

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

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

Юган А. К., Синевич А. В., Пискижев И. В.

Печень Т.М. – ассистент

В настоящее время человечеству необходимо оборудование для навигации морских и воздушных судов, для прогнозирования погодных условий и научных исследований. Так в 1905 году Кристиан Хюльсмайер запатентовал первый радар. Радар - это устройство для обнаружения и определения местонахождения объектов в пространстве по отраженным от них радиоволнам. Принцип работы радаров один и тот же, но у каждого из них есть своя отличительная особенность относительно обработки сигналов. Принципиально алгоритм состоит в следующем:

- Передатчик радара выдает короткие мощные СВЧ импульсы энергии;
- Переключатель (мультиплексор) попеременно переключает антенну между передатчиком и приемником так, чтобы использовалась только одна необходимая антенна;
- Антенна передает сигналы передатчика в пространство с требуемым распределением и эффективностью. Этот процесс применяется аналогичным образом при приеме;
- Передаваемые импульсы излучаются в пространство посредством антенны в виде электромагнитной волны, которая проходит по прямой линии с постоянной скоростью и будет затем отражаться от цели;
- Антенна принимает обратные рассеянные сигналы (так называемые эхо-сигналы);
- При приеме мультиплексор подает слабые эхо-сигналы на вход приемника;
- Сверхчувствительный приемник усиливает и демодулирует принятые СВЧ сигналы и выдает видеосигналы на выход;
- Индикатор представляет наблюдателю непрерывную графическую картину положения целей относительно радара

Существуют следующие методы обработки радиолокационных сигналов:

1) Первичная обработка георадарных сигналов.

Он основан на образовании сверхширокополосного импульса, имеющего от одного до нескольких колебаний тока. За основу алгоритма обнаружения сверхширокополосных георадарных сигналов и определения их характеристик предлагается использовать преобразование Гильберта. Преобразование Гильберта от действительной функции $x(t)$ заключается в вычислении некоторой дополнительной функции $y(t)$, у которой все спектральные компоненты имеют такой же модуль, но повернуты по фазе на 90 градусов, т.е. преобразование реализует функцию идеального фазовращателя.

2) Обработка сигналов на встречных курсах.

Рассматривается режим, когда полезная цель движется навстречу носителю РЛС. Этот режим называется сближением с целью в передней полусфере или режимом встречных курсов.

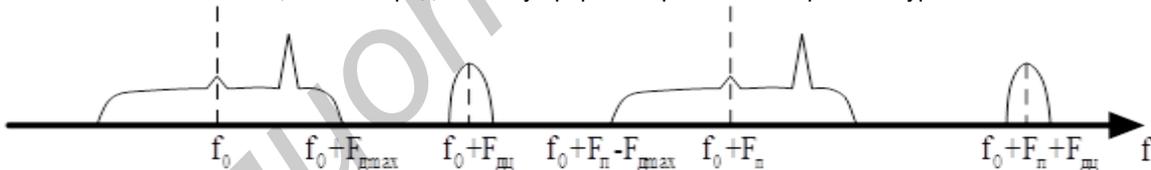


Рисунок 1 – Спектр соседних гармоник при отражении от земли и полезной цели

В этом методе необходимо выбирать частоту повторения излучения импульса такой, при которой спектр отраженных сигналов от цели находился в зоне, свободной от пассивных помех. В момент излучения импульса приёмник закрывается, что приводит к многократному его закрыванию в пределах, на которых обнаруживаются цели. При обнаружении цели за время наблюдения необходимо использовать несколько частот повторения, смена которых производится через определённый временной интервал.

3) Обработка сигналов в импульсно-доплеровских РЛС.

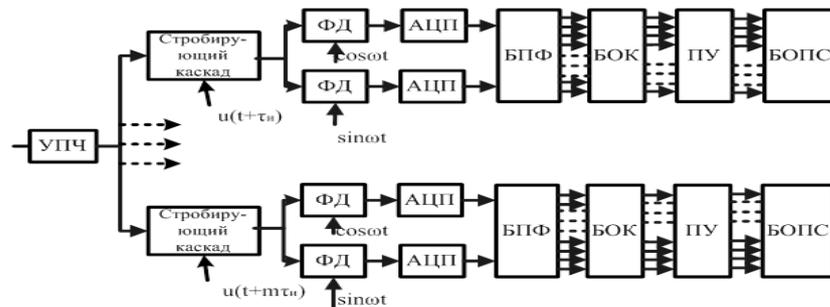


Рисунок 2 – Согласованный фильтр обработки

Здесь обнаружение сигналов от целей ведется на фоне шума приёмника. Отражённый сигнал от цели представляет пачку радиоимпульсов с неизвестной доплеровской частотой, которая подвергается когерентной обработке.

В этом случае в каждом стробируемом канале, ставят доплеровский фильтр, который и осуществляет обработку сигнала. Такой фильтр представлен на рисунке 2.

4) Обработка сигналов на догонных курсах.

Режим, когда полезная цель движется в одном направлении с носителем РЛС. Это наиболее сложный режим, потому что отраженные от цели сигналы могут попадать в область доплеровских частот мешающих отражений и обнаружение происходит на фоне пассивной помехи. Здесь можно использовать два режима: ВПЧ (скорость цели много больше скорости носителя), в иных случаях – СПЧ (обнаружение производится на фоне мешающих отражений от земной поверхности). Наиболее приемлемым является выбор частоты повторений, когда спектры отражений от подстилающей поверхности соседних гармоник соприкасаются (рис. 3).

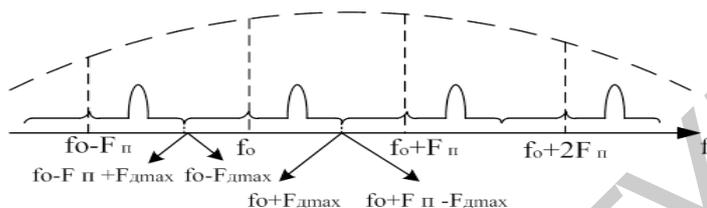


Рисунок 3 – Спектры отражений

5) Базовый алгоритм фильтрации квазинепрерывного сигнала

Этот метод основывается на алгоритме корреляционно-фильтровой обработки.

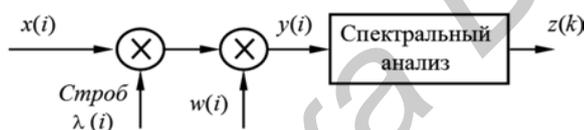


Рис. 4. Блок-схема алгоритма оптимальной фильтрации для одного канала дальности

На рис. 4 представлена схема фильтрации, где первый перемножитель выполняет операцию демодуляции сигнала, второй вводит весовую функцию для снижения боковых лепестков спектра. Для КН сигнала демодуляция для фиксированной дальности сводится к стробированию принятого сигнала пачкой импульсов, идентичной излученной, но сдвинутой на заданную дальность. Весовые функции, как правило, синтезируются, исходя из уровня получаемых боковых лепестков спектра гармонического сигнала. Используют весовые функции малой степени и ступенчатые.

Выбор того или иного алгоритма основан на анализе статистических характеристик ошибок измерения координат и гипотез о возможной траектории движения объекта. Обработка принимаемых радиолокационных сигналов на фоне помех, как известно, сводится к вычислению достаточных статистик или практически реализуемых их приближений, т. е. к выполнению определенных математических операций над принимаемой смесью полезных сигналов и помех. Методы вычислений могут быть аналоговые и цифровые. К устройствам обработки радиолокационных сигналов предъявляют все возрастающие и одновременно противоречивые требования, а именно: расширение динамического диапазона входных сигналов; обеспечение обработки широкополосных, протяженных по времени сигналов; повышение точности, надежности; стандартизация; микроминиатюризация; упрощение эксплуатации; снижение стоимости.

Наибольшее значение в настоящее время приобрели цифровые методы обработки. Развиваются также новые методы аналоговой обработки: акустические, акустооптические, спиновые и др.

Список использованных источников:

1. Статья: Копейкин В.В. - Первичная обработка георадарных сигналов.
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. – М.: ГИФМЛ, 1959. – 572 с.
3. Финк Л.М. Сигналы, помехи, ошибки. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.
4. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б., Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. часть 2 – М., 2002, № 1, С. 28-39.
5. Зайцев Г.В. Класс весовых функций малого порядка для спектрального анализа, оптимальных по минимаксному критерию. – Радиотехника, № 3, 2011, С. 21-32. 7.
6. Зайцев Г.В. Класс весовых функций для спектрального анализа с высокой скоростью спада лепестков спектра и минимальным уровнем максимального бокового лепестка. – Радиотехника, № 1, 2012, С. 55-65.