

УДК 621.396.621

Разработка программного обеспечения для модуля цифрового приема

Еременков А.И., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана,
кафедра «Автономные информационные управляющие системы»*

Научный руководитель: Жураковский В.Н., к.т.н., профессор

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана

[*bauman@bmstu.ru*](mailto:bauman@bmstu.ru)

В данном докладе рассматривается модуль цифрового приема (МЦП) радиолокационных сигналов, а разработка программного обеспечения для данного модуля. МЦП является составной частью бортовой системы разведывательного летательного аппарата. Основная задача модуля – определять радиотехнические параметры поступающих сигналов, осуществлять поиск радиолокационных станций и организовывать радиолокационную борьбу (осуществлять управление генератором – постановщиком помех).

1. Назначение бортовой системы

Летательный аппарат с помощью антенной системы принимает сигналы от радиолокационных станций, в зонах действия которых он находится. Задача бортовой системы состоит в следующем:

- обнаруживать сигналы РЛС;
- определять радиотехнические параметры принятых сигналов (такие как центральная частота спектра, ширина спектральной полосы, наличие и параметры различных типов модуляций, временные параметры, измерение пеленга);
- сортировать их, то есть выделять радиосигналы, принадлежащие одним и тем же радиолокационным станциям;
- определять местоположения РЛС, в зонах действия которых находится летательный аппарат;
- сравнивать определенное местоположение с базой данных о нахождении станций;
- при отсутствии обнаруженной РЛС в базе данных запоминать ее;

- осуществлять постановку помех, по своим радиотехническим параметрам схожими с принятыми сигналами, уменьшая вероятность поражения летательного аппарата.

2. Состав бортовой системы

Бортовая система состоит из антенной системы (АС), высокочастотной части (ВЧ), МЦП и генератора постановщика помех.

Радиосигнал, создаваемый радиолокационными станциями, попадает на антенны антенной системы, которые находятся на борту летательного аппарата. На антеннах происходит преобразование падающей электромагнитной волны в соответствующее осциллирующее высокочастотное напряжение с частотой f_0 .

В блоке высокочастотных преобразований (ВЧ) спектр полученных на АС сигналов переносится в область низких частот. И оцифрованные сигналы на промежуточной частоте f_{nc} поступают в модуль цифрового приема.

МЦП предназначен для:

- обнаружения и измерения радиотехнических параметров (РТП) импульсных, непрерывных и квазинепрерывных сигналов, а, также, пеленгации источников данных сигналов;
- управление генератором постановщиком помех;
- пространственной сортировки сигналов источников излучения;
- обнаружения РЛС и записи ее координат в базу данных;
- проведения встроенного контроля работоспособности аппаратуры;
- проведения юстировки приемных каналов;
- выдачи информационных кадров, содержащих результаты обработки принятых сигналов, в информационную линию.

Генератор постановщик помех с помощью АС излучает в пространство сигналы, похожие по модуляции на принятые для обеспечения скрытности летательного аппарата.

3. Обнаружитель

Как было сказано выше, одной из задач МЦП является задача обнаружения сигналов. Ниже будут рассмотрены варианты реализации обнаружителя в данном модуле.

Обнаружитель предназначен для принятия решения о наличии сигналов от целей и фиксации в этом случае номера отсчета по времени. Порог обнаружителя устанавливается либо экспериментально, либо путем вычислений, либо формируется адаптивно. Если

текущий отсчет будет больше установленного порога, то принимается решение о наличии цели в данном отсчете, если наоборот, то цель отсутствует.

Обнаружитель основан на поиске группирующихся по времени обнаружений. На его вход заводится квадрат огибающей принятого сигнала по всем антенным каналам и формируется массив обнаружений, элементы которого принимают значение единица, при наличии обнаружений в соседних моментах времени в одном антенном канале. Результат о наличии обнаружения принимается в случае, когда суммарное количество обнаружений по всем каналам превышает установленное значение (или по мажоритарной логике), в ином случае выдается сигнал об отсутствии обнаружения.

Ниже рассмотрены четыре варианта схем обнаружителей.

3.1. Обнаружитель сигналов с независимой обработкой в каналах

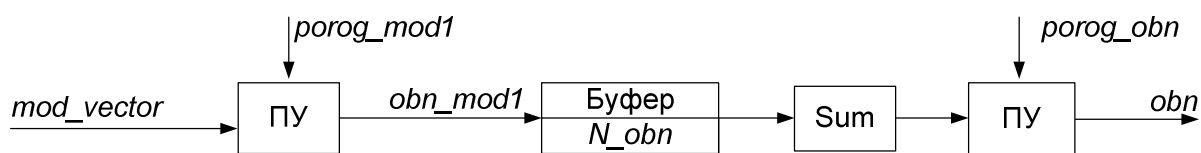


Рис. 1. Схема обработки в одном канале

На рисунке 1 приведена схема обработки в одном из каналов обнаружителя. В данной схеме мы сравниваем полученное значение квадрата огибающей сигнала S' с пороговым значением U_p . В случае, если полученное значение принимает значение большее, чем порог, то мы записываем в буфер обнаружителя единичный сигнал, в противном случае - 0. Обнаружитель построен по принципу наличия в принятой реализации сигнала M превышений модуля амплитуды сигнала над порогом из N возможных. Таким образом, сумму по всему буферу с конечной глубиной сравниваем с пороговым значением обнаружителя, и в случае превышения суммы над порогом выносим решение о наличии сигнала на входе данного канала.

На следующем шаге суммируем выход обнаружителей по каждому из каналов, и если в заданном числе каналов сигнал обнаружителей равен 1, то принимается решение о наличии сигнала.

На рисунке 2 представлены результаты обнаружений сигнала от целей, получившиеся после применения обнаружителя с одним порогом. Обнаружения представлены в виде протяженных по времени каркасов.

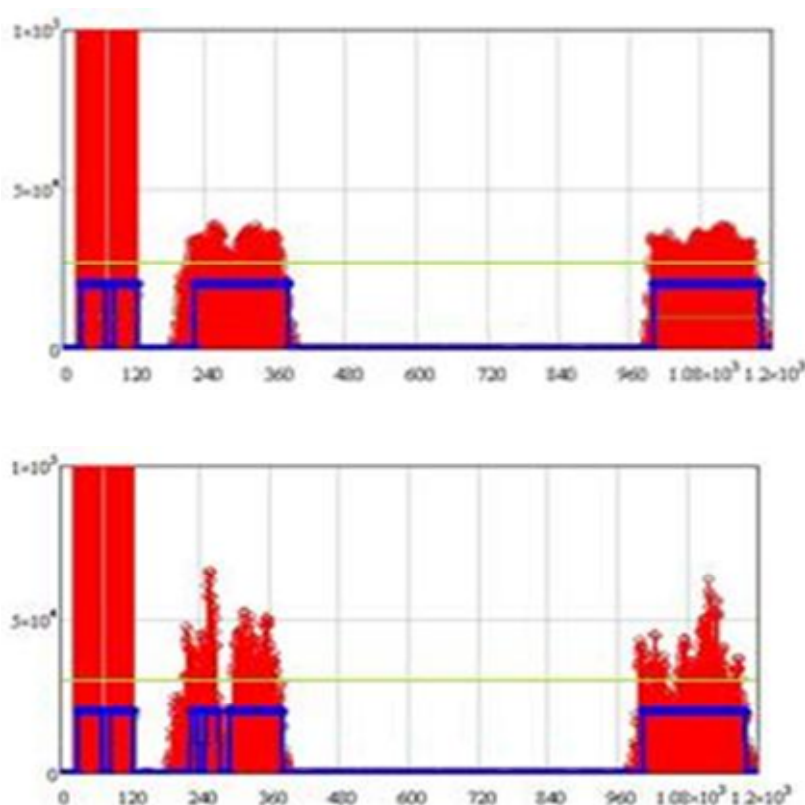


Рис. 2. Работа обнаружителя: а) СКО шума – 0.2; б) СКО шума – 0.8

3.2. Обнаружитель по нескольким каналам с общей обработкой

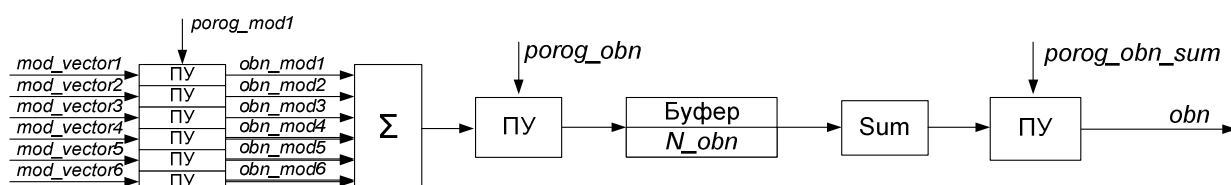


Рис. 3. Структурная схема обнаружителя по нескольким каналам с общей обработкой

На рисунке 3 видна структурная схема данного обнаружителя. Алгоритм работы отличается от предыдущего тем, что мы отдельно сравниваем с порогом каждый из каналов, а затем по мажоритарной логике принимаем решение о наличии сигнала в эфире, и после этого сигнал об обнаружении пропускается через временной фильтр.

3.3. Обнаружитель с адаптивным порогом

Все описанные выше алгоритмы обнаружения предполагают наличие выбранного постоянного порога (например, по критерию Неймана – Пирсона или эмпирически). Однако это может приводить к ошибкам различного рода – разрыву импульсов, амплитуда которых близка к порогу, пропуску малых импульсов или ложным срабатываниям по шумам.

Для улучшения характеристик обнаружения можно применять адаптивный порог, который автоматически вычисляется по уровню шумов в конкретном канале. При правильном алгоритме формирования порога можно получить существенное улучшение характеристик обнаружения в условиях нестационарных шумов.

Рассмотрим обнаружитель другого класса, в котором порог ставится не на мощность сигнала, а на разность фаз.

3.4.Обнаружение по набегу фазы

В отличие от вышеописанных алгоритмов на вход обнаружителя заводятся квадратуры сигнала.

При наличии сигнала на входе обнаружителя фаза сигнала представляет собой случайный процесс с распределением, близким к Гауссовскому. Соответственно разность фаз в соседних каналах имеет мат. ожидание, близкое к нулю, и малую дисперсию. При отсутствии сигнала фаза распределена равномерно, то есть могут происходить существенные скачки фазы. На слайде представлена зависимость фазы от времени и результат работы обнаружителя.

На рисунке 4 показан результат работы данного обнаружителя.

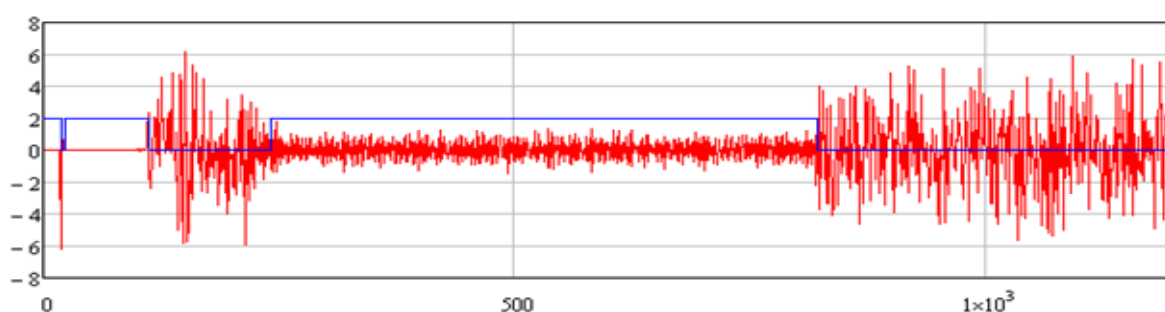


Рис. 4. Результат работы обнаружителя по набегу фазы

Заключение

Таким образом, каждый из методов построения обнаружителей имеет ряд достоинств и недостатков. Приоритетнее использовать обнаружитель с адаптивным порогом, поскольку в реальной обстановке все шумы нестационарные. Но при ограничении ресурсов может быть использован фиксированный порог вместо адаптивного.

Список литературы

1. Айфичер Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 992 с.: ил.
2. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций. 2-е изд., перераб. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 768 с.: ил.
3. Новиков Ю.В.: Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. М.: Мир, 2001. 379 с., ил. (Современная схемотехника).