

# ВНЕОСЕВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ МАЛОВОСОТНЫХ ЦЕЛЕЙ

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

Батура А. С.

Давыденко И. Н. – к.н.т. техн. наук, доцент

Радиолокация – область радиотехники, обеспечивающая получение информации о целях путем приема и анализа радиоволн.

Низколетящие цели – это цели угол места которых сравним с шириной диаграммы направленности.

Одной из великих задач радиолокации является измерение угловых координат целей. Решение этой задачи усложняется стремлением современных воздушных целей использовать полеты на малых и предельно малых высотах. В этом случае в основной луч диаграммы направленности антенны одновременно попадают основной сигнал цели и зеркальный сигнал, отраженный от поверхности земли.

Обнаружение целей состоит в фиксации поступающих на вход приёмного устройства РЛС радиолокационных сигналов. Наличие такого сигнала свидетельствует о существовании цели, а при его отсутствии следует полагать, что цели нет. После обнаружения цели, необходимо установить принадлежность ее к определенному классу. Для получения информации о координатах и элементах движения объектов в пространстве осуществляется путем измерения параметров принимаемых радиосигналов, отраженных или излученных объектом. Первоначально осуществляется грубое определение координат и параметров движения цели, позволяющее перейти к точному измерению.

Измерение угловых координат целей является одной из важнейших функций, выполняемых РЛС различного назначения. Измеряемые угловые координаты цели закодированы в углах прихода к антенне РЛС отраженного сигнала. От углового рассогласования между направлением прихода отраженного сигнала и направлением ДН приемной антенны могут зависеть как амплитуда, так и фаза принимаемого сигнала.

Вид этой зависимости определяется структурой антенной системы,

т.е. методом угловой пеленгации, примененным в угломере. Поэтому структура оптимальных угломерных систем будет существенно зависеть от метода угловой пеленгации. Представлены применяемые методы пеленга:

- ❖ Сканирование ДНА
- ✦ Коническое сканирование
- ✦ Линейное сканирование
- ❖ Мгновенное сравнение сигналов
- ✦ Амплитудное мгновенное сравнение (АМС)
- ✦ Фазовое мгновенное сравнение (ФМС)

Рассмотрим схему представленную на рисунке 3.

После корреляционной обработки в каналах дискриминатора суммарный и разностный сигналы перемножаются в фазовом детекторе, выделяющем реальную часть произведения одного и комплексно сопряженного другого сигнала в соответствии с алгоритмом формирования сигнала

$$U_{co} = \text{Re} S_{\Delta} \cdot S_{\Sigma}^*$$

Сигналы с выходов антенн поступают на устройство, образующее их сумму и разность. После корреляционной обработки в каналах суммарный и разностный сигналы перемножаются в фазовом детекторе, выделяющем реальную часть произведения одного комплексно сопряженного другого сигнала в соответствии с алгоритмом формирования сигнала ошибки.

Если РСН антенной системы отклонилось от направления на цель  $\Delta = \theta_{изм} - \theta \neq 0$ , то амплитуды принятых сигналов с выходов антенн оказываются неодинаковыми, появляется разностный сигнал, амплитуда которого определяется величиной рассогласования, а фаза совпадает или противоположна фазе суммарного сигнала в зависимости от знака рассогласования. В результате формируется сигнал ошибки, величина и полярность которого определяются величиной и знаком рассогласования. При этом изменяется управляющее напряжение, следовательно, и угловое положение антенной системы до совмещения РСН, с направлением на цель.

Кроме того, так как сигнал ошибки зависит не только от углового положения цели, но и от мощности сигнала, то невозможно определить точное положение цели при одном зондировании.

В этом случае сигнал ошибки зависит только от углового положения цели. Для устранения зависимости сигнала ошибки от мощности сигнала, ввели нормировку сигнала ошибки.

Нормированный сигнал ошибки на выходе дискриминатора вычисляется в соответствии с выражением

$$U = \frac{\dot{S}_{\Delta} \dot{S}_{\Sigma}^*}{|\dot{S}_{\Sigma}|^2} = \frac{\dot{S}_{\Delta}}{\dot{S}_{\Sigma}}$$

где  $S_{\Delta}$  – выходной сигнал разностного канала дискриминатора;

$S_{\Sigma}$  – выходной сигнал суммарного канала дискриминатора.

Заметим, что нормированный сигнал ошибки нелинейно зависит от углового рассогласования. Получим аналитическое выражение для нормированного сигнала ошибки. Для этого аппроксимируем выходные сигналы разностного и суммарного каналов дискриминатора следующими выражениями

$$S_{\Delta} \approx E_c K_1 \Phi (1 - K_{\Delta} \Phi^2),$$

$$S_{\Sigma} \approx E_c K_1 \Phi (1 - K_{\Sigma} \Phi^2 + K_{\Sigma 2} \Phi^4),$$

где  $E_c$  – комплексная амплитуда полезного сигнала на выходе суммарного канала при нулевом угловом рассогласовании;

$\Phi$  – угловое рассогласование.

С учетом записанных выражений зависимость нормированного сигнала ошибки от углового рассогласования можно представить в следующем виде

$$\dot{U} = \frac{S_{\Delta}}{S_{\Sigma}} = K_1 \Phi \alpha(\Phi), \text{ где } \alpha(\Phi) \approx \frac{(1 - K_{\Sigma} \Phi^2)}{1 - K_{\Sigma} \Phi^2 + K_{\Sigma 2} \Phi^4}$$

Получим такое функциональное преобразование над нормированным сигналом ошибки, в результате которого полученный сигнал будет приблизительно равен угловому рассогласованию и может быть использован в качестве разовой оценки угловой координаты  $\Phi$ .

Зависимость модуля сигнала разностного канала ( $S_{\Delta}$ ) от углового рассогласования, полученная путем имитационного моделирования работы дискриминатора.

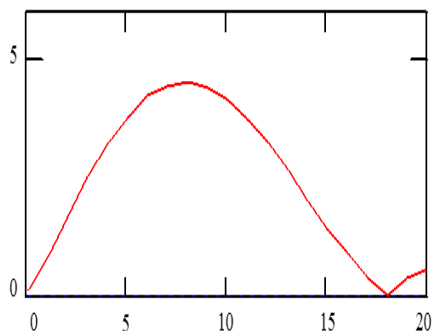


Рисунок 1 – Зависимость модуля сигнала разностного канала от углового рассогласования

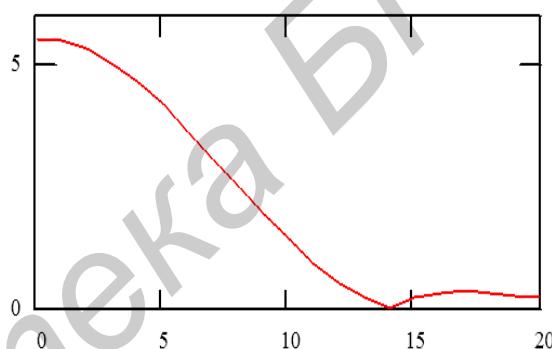


Рисунок 2 – Зависимость мощности сигнала суммарного канала от рассогласования

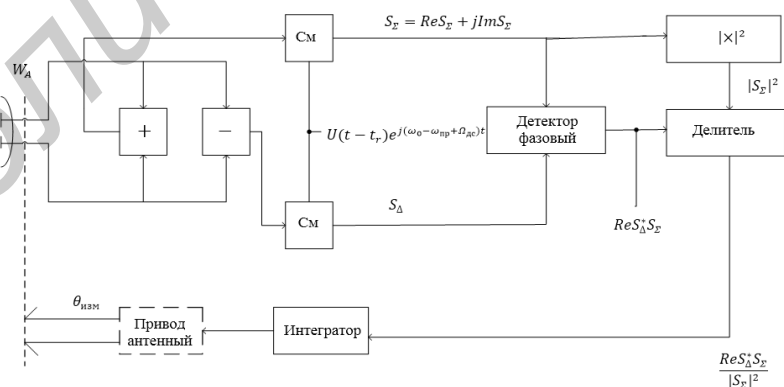


Рисунок 3 – Структурная схема угломера при методе АМС с введением нормировки сигнала

Список использованных источников:

1. Кереселидзе, Е.В. Исследование следящих измерителей направления Метод. Руководство к лабораторной работе по курсу «Системы радиолокации» для студ. спец. «Радиотехника», «радиоэлектронные системы» и «Радиоэлектронная защита информации» дневн. формы обучения. – Минск : БГУИР 2006. – 23с. : ил.
2. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы: Учеб. Пособие для вузов. М.: Радиотехника, 2007. – 376с., ил.
3. Охрименко, А.Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Часть 1.- М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1983. – 456с.