

АЛГОРИТМ РАБОТЫ УГЛОВОГО ДИСКРИМИНАТОРА РЛС ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КИМ-ПОМЕХИ

Чигирь И. В.

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

Минск, Республика Беларусь

E-mail: ivan.chigir.a@gmail.com

Для импульсно-доплеровских радиолокаторов сопровождения разработан алгоритм работы углового дискриминатора при воздействии комбинированной имитирующей и маскирующей помехи.

ВВЕДЕНИЕ

Алгоритм защиты от воздействия КИМ-помех предполагает при обнаружении маскирующей составляющей КИМ-помех осуществить ее компенсацию [2] и на фоне остатков компенсации решать задачу обнаружения, измерения параметров ОС. В свою очередь КИМ-помеха является помехой самоприкрытия, т.е. информацию об угловом положении ВЦ несут не только отраженный от цели сигнал, но и все составляющие КИМ-помехи. Энергетическое превосходство КИМ-помехи может обеспечить повышение точности пеленгации сопровождаемой ВЦ. Для повышения точности углового сопровождения ВЦ при постановке с ее борта КИМ-помех необходимо адаптировать угломер ИД РЛС к виду и параметрам такого рода помех.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим ситуацию, когда ИД РЛС сопровождает по дальности, радиальной скорости и угловым координатам одиночную ВЦ. В момент времени t_0 с борта ВЦ осуществляется постановка КИМ-помехи. В начальный момент постановки КИМ-помехи (t_0) и в течение первой секунды увода, время запаздывания и частота Доплера УП соответствуют времени запаздывания и частоте Доплера ОС $t_r^{up} = t_r^s, F_d^{up} = F_d^s$ [1]. В ИД РЛС следящее измерение угловых координат осуществляется методом амплитудного мгновенного сравнения (АМС) с суммарно-разностной обработкой [3], при этом формируются одна передающая и четыре приемных диаграммы направленности антенны (ДНА – рисунок 1) с шириной $\Delta\beta$ в азимутальной и $\Delta\epsilon$ в угломестной плоскостях.

Сигнал на выходе суммарного канала формируется как сумма сигналов на выходе каналов приема $f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t)$, формируемых четырьмя парциальными ДНА $f_{\Sigma}(t) = f_1(t) + f_1(t) + f_1(t) + f_1(t)$. Сигналы на выходе разностного азимутального $f_{\Delta\beta}(t)$ и угломестного $f_{\Delta\epsilon}(t)$ каналов формируются по следующим алгоритмам $f_{\Delta\beta}(t) = [f_1(t) + f_4(t)] - [f_2(t) + f_3(t)]$ и $f_{\Delta\epsilon}(t) = [f_1(t) + f_2(t)] - [f_3(t) + f_4(t)]$. Угловое направление передающей ДНА совпадает с равносигнальным направлением (rsn) и характери-

зуется координатами $\Delta\epsilon_{rsn}, \Delta\beta_{rsn}$. Приемные ДНА смещены относительно передающей на заданные углы $\delta\theta_{\beta}, \delta\theta_{\epsilon}$ и их пространственное положение определяется угловыми координатами $\beta_{trk}, \epsilon_{trk}$.

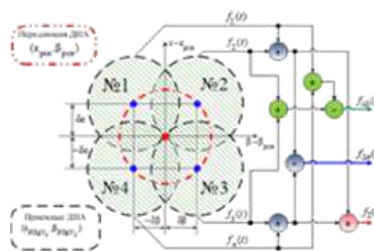


Рис. 1 – Схема расположения передающей, приемных ДНА в картинной плоскости

В ИД РЛС используется когерентное накопление импульсов на всем интервале наблюдения, составляющем ≈ 5 мс. В результате время-частотной обработки принятого сигнала в приемнике обзора формируется матрица «дальность-скорость» Z [3]. Данная матрица представляет собой выходные сигналы I взаимно расстроенных узкополосных фильтров (УПФ) с учетом квадратичного детектирования, принимаемых в J каналах однозначного измерения дальности (рисунок 2).

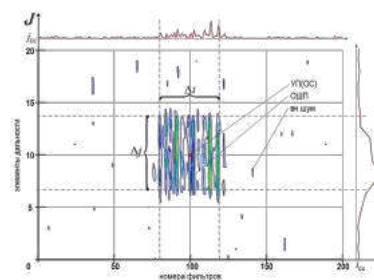


Рис. 2 – Результат обработки принятого сигнала в матрице «дальность-скорость»

Количество элементов разрешения по частоте I матрицы «дальность-скорость» определяется числом когерентно накапливаемых импульсов L_{kn} . Когерентное накопление осуществляется на всем интервале наблюдения, поэтому I соответствует числу импульсов ОС L . Ширина одного УПФ ΔF_{II} определяется временем наблюдения T_n (числом импульсов ОС L и периодом

повторения T_p) [3].

$$\Delta F_{II} = 1/T_n \quad (1)$$

Количество элементов разрешения по времени запаздывания J определяется периодом повторения T_p и интервалом дискретизации Δt

$$J = T_p/\Delta t \quad (2)$$

Уводящая по дальности и скорости помеха представляет собой сосредоточенный объект в пространстве времени и частоты соответствующий вектору временных параметров $\alpha_{up}^T = [t_r^{up}, F_d^{up}]$ (рисунок 2).

В матрице «дальность-скорость» Z УП занимает элементы i_{up} и j_{up} . Протяженная по дальности коррелированная ОШП занимает некоторое количество элементов разрешения по дальности и скорости, т.е. представляет собой пространственно распределенную цель. Значение априорно неизвестного параметра $\alpha_h^T = [T_0^h, t_r^h, \Delta f_h]$ – длительности одиночного шумового импульса – T_0^h , времени запаздывания одиночного шумового импульса – t_r^h и ширины ее спектра частот – Δf_h можно выразить через количество элементов разрешения по частоте и времени запаздывания соответственно

$$T_0^h = \Delta j_h \cdot \Delta t \quad (3)$$

$$t_r^h = \Delta j_h^{min} \cdot \Delta t \quad (4)$$

$$\Delta f_h = \Delta i_h \cdot \Delta F_{II} \quad (5)$$

где $\Delta i_h = \Delta i_h^{max} - \Delta i_h^{min}$ – количество УПФ занятых ОШП; $\Delta j_h = \Delta j_h^{max} - \Delta j_h^{min}$ – количество интервалов дискретизации занятых ОШП; $i_h^{min} (i_h^{max})$ – минимальный (максимальный) номер фильтра занятый ОШП; $j_h^{min} (j_h^{max})$ – минимальный (максимальный) номер интервала дискретизации занятый ОШП.

Векторному параметру α_h , с учетом выражений (3) – (5), соответствует

$$\theta_h = [i_h^{min}, i_h^{max}, j_h^{min}, j_h^{max}]^T \quad (6)$$

Элементы вектора θ_h подлежат определению в результате решения задачи адаптации [2], реализация оптимального алгоритма обнаружения предполагает использование оценок неизвестных элементов вектора параметров θ_h .

II. АЛГОРИТМ КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО УГЛОВОГО ДИСКРИМИНАТОРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КИМ-ПОМЕХ

При постановке с борта ВЦ КИМ-помех алгоритм работы квазиоптимального дискриминатора метода АМС записывается в следующем виде (7), где $S_\Sigma(t, \Delta\theta_t) = A_\Sigma \cdot S_{\Sigma f}(t) + S_{\Sigma noise}(t)$

– сигнал на выходе устройства когерентной обработки основного (суммарного) канала измерителя; $S_\Delta(t, \Delta\theta_t) = A_\Delta \cdot S_{\Delta f}(t) + S_{\Delta noise}(t)$ – сигнал на выходе устройства когерентной обработки дополнительного (разностного) канала измерителя; Z_{ij} – значение квадрата модуля корреляционного интеграла, соответствующие элементам времени и частоты. После суммарно-разностной обработки, для каждого дискрета дальности формируется сигнал ошибки по углам. В пределах КИМ-помехи (маскирующей ее составляющей – ОШП) по дальности берется два отсчета разностных каналов по углам и умножаются на одноименный отсчет суммарного канала и делится на квадрат его модуля. Далее в том же строке дальности проводятся те же самые операции для всех остальных отсчетов дальности (вычисляется сигналы ошибок по углам) и затем усредняется с учетом весов. Тем самым получаются уточненные сигналы ошибки по углу места и азимуту в течении одного времени наблюдения. Сигналы ошибки, полученные по результатам нескольких обзоров, поступают на схемы фильтрации и коррекции, где формируются команды для управления силовыми следящими приводами.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применительно для ИД РЛС сопровождения разработан алгоритм работы углового дискриминатора при воздействии комбинированных имитирующих и маскирующих помех, отличающийся возможностью оценивать угловые координаты двух видов активных помех с адаптацией к их время-частотной структуре. Его работа позволяет повысить точность пеленгации ВЦ при постановке с ее борта КИМ-помех.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Van Brunt, Leroy. B. Applied ECM. Vol. 1, 2 / Leroy. B. Van Brunt – EW Engineering Inc, 1972. – 1700 p
2. Чигирь, И. В. Анализ воздействия комбинированной имитирующей и маскирующей помехи на системы сопровождения по дальности и скорости радиолокаторов точного измерения координат / И. В. Чигирь, С. А. Горшков, Н. К. Кузьмичев // Вестн. ВА РБ. – 2018. – № 1 (58). – С. 71–81.
3. Горшков, С. А. Основы радиолокации: конспект лекций. Ч. 3 / С. А. Горшков, С. Ю. Седышев, А. С. Солонар, С. Н. Ярмолик. – Мн: ВА РБ, 2015.

$$D_{AMC}(t, \Delta\theta_t) = \frac{\sum_{i_h^{min}}^{i_h^{max}} \sum_{j_h^{min}}^{j_h^{max}} Z_{ij} \cdot \frac{S_\Sigma(t, \Delta\theta_t) \cdot S_\Delta^*(t, \Delta\theta_t)}{|S_\Sigma(t, \Delta\theta_t)|^2}}{\sum_{i_h^{min}}^{i_h^{max}} \sum_{j_h^{min}}^{j_h^{max}} Z_{ij}} \quad (7)$$