

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ЦЕЛИ В ОБЗОРНЫХ РЛС С ПОДСИСТЕМАМИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ

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

Бу Тхань Ха

Козлов С.В. – д.т.н., доцент

Приведены результаты расчетов статистических характеристик оценивания угловых координат отраженного сигнала в обзорной радиолокационной станции (РЛС) с подсистемой пространственной компенсации помех (ПКП) при реализации квазиоптимальных алгоритмов обработки. Показана сходимость аналитических оценок и результатов имитационного моделирования алгоритмов. Сформулированы основные закономерности.

В [1, 2] обоснованы варианты квазиоптимальных алгоритмов оценивания пеленга и методика расчета статистических характеристик оценивания угловых координат целей в РЛС с подсистемой ПКП. Целью настоящей работы является проведение расчетов статистических характеристик оценивания угловых координат целей для типовых сигнально-помеховых ситуаций и выявление основных закономерностей.

Расчеты проводились для наиболее интересного и практически важного случая воздействия мощного источника помех с угловым положением, близким к угловому положению источника полезного сигнала. Рассматривались типовые модели [1] отраженного сигнала (ОС) в виде: нефлуктуирующих ОС (М1), дружно флуктуирующих ОС (М2), быстро флуктуирующих ОС (М3). Модели ОС М2 и М3 в обзорной РЛС при отсутствии и наличии перестройки частоты [1]. Модель М1 – предельный случай моделей М2 при интервале корреляции флуктуаций ОС $\tau_c \rightarrow \infty$. Аналогично модель М3 – предельный случай М2 при $\tau_c = 0$. Флуктуации амплитуды ОС принимались релеевским.

При выявлении закономерностей принимались следующие исходные данные: угловое положение источника помех, нормированное к ширине $\Delta\alpha_{0,5}$ главного лепестка ДН основной антенны, составляло величину 0,125...2,5; угловая скорость вращения антенны РЛС $\Omega_a = 30$ град/с, частота повторения импульсов $F_r = 1000$

Гц; ширина главного лепестка ДН основной антенны $\Delta\alpha_{0,5} = 3,8^\circ$; число импульсов в пачке 127; энергетические характеристики РЛС и отражательная способность цели соответствовали достижению отношения сигнал/шум по одному импульсу пачки на дальности 100 км в максимуме ДН основной антенны 8,4 дБ; отношение помеха/шум 50 дБ. Характеристики многоканальной антенной системы обзорной РЛС моделировались в виде ДН основной апертуры прямоугольной формы, включающей 30×5 приемно-передающих элементов с межэлементным расстоянием, равным половине длины волн и четырех апертур компенсационных каналов, каждая из которых включала 2×5 приемных элементов. Компенсационные антенны размещались попарно справа и слева от основной апертуры. Амплитудное распределение поля на апертурах антенн принималось равномерным, погрешности формирования распределения на апертурах и погрешности калибровки не учитывались.

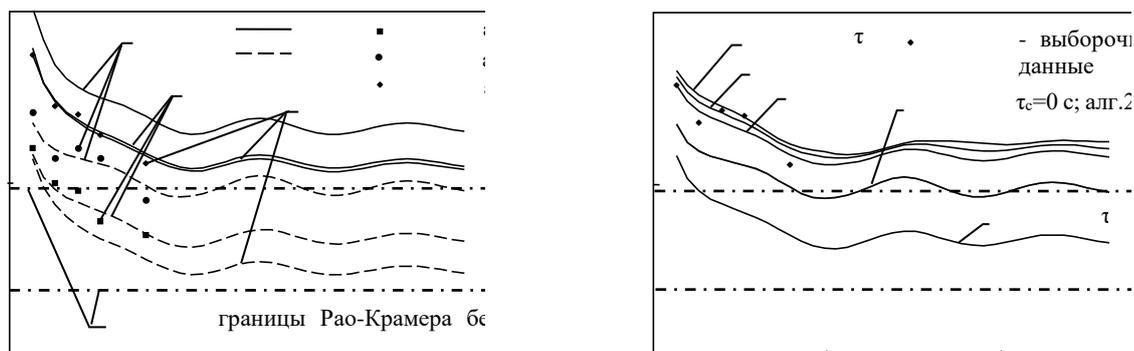
В ходе исследований было установлено, что СКО пеленгования при использовании в ходе пространственного обеления критерия минимума выходной мощности примерно 2...3 раза больше, чем для критерия максимума выходной мощности для всех алгоритмов пеленгования. Поэтому все дальнейшие результаты приводятся для пространственной адаптации по критерию максимума ОСПШ.

На рисунке 1 приведены зависимости нормированной ошибки оценивания угловых координат цели от нормированного углового отклонения источника помехи от цели, полученные для случая классифицированной выборки. Соответствующими символами в поле графиков показаны значения выборочных (25 реализаций) СКО пеленгации, полученные при прямом имитационном моделировании алгоритмов пеленгования [1] для отдельных пространственно-энергетических ситуаций.

Анализ результатов моделирования позволяет сделать следующие выводы:

значения выборочных и теоретических СКО для выбранных ситуаций совпадают в пределах точности статистических оценок;

расчетные значения СКО для алгоритма 1 практически совпадают с расчетными значениями для алгоритма 2 при $\tau_c \rightarrow \infty$ (нефлуктуирующий сигнал) и дальности до цели 100 км; при уменьшении дальности до цели в 2 раза (то есть, возрастании отношения сигнал/шум в 16 раз) точность пеленгации с использованием адаптивного алгоритма 2 оказывается несколько хуже, чем для алгоритма 1; это объясняется влиянием ошибок в оценивании средней мощности ОС в угловых направлениях, отличных от направления на источник сигнала, в результате чего значения второй производной ФП в точке максимума уменьшается;



а) нефлуктуирующий, дружно и быстро
флуктуирующий ОС

б) дружно и быстро флуктуирующий ОС
($\tau_c=100; 50; 25$ мс)

Рис. 1. Зависимости нормированной ошибки оценивания угловых координат цели от нормированного углового отклонения источника помехи

наибольшая точность пеленгования достигается для нефлуктуирующего сигнала и, далее, для быстрофлуктуирующего сигнала; наихудшая точность пеленгования имеет место когда интервал корреляции флуктуаций ОС сравним с длительностью пачки; если на длительность пачки укладывается несколько интервалов корреляции флуктуаций ОС, проявляется эффект усреднения флуктуаций и ошибки пеленгования уменьшаются;

для всех видов флуктуаций ОС предложенные в [1] алгоритмы обработки обеспечивают эффект «сверхразрешения» отраженного сигнала и мощной помехи при угловом расстоянии между ними до 5...8 раз меньше, чем ширина главного лепестка основной антенны РЛС.

Отношение сигнал/помеха+шум на выходе системы обработки и СКО пеленгования сильно зависят от модуля разности азимутов источника полезного сигнала и источника помехи, если указанная разность составляет менее половины ширины главного лепестка ДН основного канала. Зависимости СКО пеленгования от углового положения источника помех при нахождении последнего в области боковых лепестков основного канала имеет колебательный характер: при попадании источника помех на максимумы боковых лепестков СКО пеленгования увеличивается, а при попадании в провалы – уменьшается. Это точно соответствует поведению квадрата нормы весовых коэффициентов приемных каналов (мощности взвешенных шумов). При увеличении модуля разности СКО пеленгования стремится к асимптотическому значению, равному нижнему пределу Рао-Крамера для беспомеховой ситуации и отсутствию флуктуаций отраженного сигнала.

Наряду с классифицированной исследовались основные закономерности пеленгования отраженного сигнала при использовании в процессе адаптации неклассифицированной выборки при длительности временного окна оценивания корреляционной матрицы в 20...50 раз больше ширины главного лепестка функции рассогласования одиночного зондирующего сигнала. Значимых в статистическом плане отличий СКО пеленгации для неклассифицированной выборки от классифицированной для когерентного нефлуктуирующего сигнала в рассматриваемых пространственно-энергетических ситуациях не выявлено.

Список использованных источников

1. Ву Тхань Ха. Квазиоптимальные алгоритмы оценивания угловых координат в обзорных РЛС с многоканальными приемными системами. В настоящем сборнике.
2. Ву Тхань Ха. Методика расчета статистических характеристик оценивания угловых координат целей в обзорных РЛС с многоканальными приемными системами. В настоящем сборнике.