

## ПРОБЛЕМА ПОСТАНОВКИ ПОМЕХ СИСТЕМАМ РАДИОСВЯЗИ

*Грибанов А.С., Анненкова И.Ю., ФГУП «Московский научно-исследовательский радиотехнический институт», [market@mnirti.ru](mailto:market@mnirti.ru), [blumenstrasse7@yandex.ru](mailto:blumenstrasse7@yandex.ru)*

*Рассмотрены методы уменьшения многозначности измерения пеленга на источник излучения. Приведены количественные характеристики погрешности измерения координат источника излучения в зависимости от дальности до него.*

В условиях информационных войн среди проблем противодействия средствам обнаружения защищаемого объекта стала актуальной проблема противодействия средствам передачи информации[1]. В последние годы связные станции осваивают все более высокие частоты, и на частотах выше 100МГц эффективность подавления начинает зависеть от знания направления на подавляемый источник.

Чаще всего применяются фазовые методы определения направления. Эти методы обладают высокой точностью, когда измерительная база существенно больше длины волны радиоизлучения, но при этом измерение направления на источник радиоизлучения получается многозначным.

Цель исследования – рассмотреть методы устранения неоднозначности, используя характеристики сигнала источника излучения.

Как правило, для разрешения многозначности требуется дополнительное независимое измерение направления пусть и меньшей точности. Известно, что описание сигнала включает помимо пространственно-временных еще и поляризационные характеристики[2]. Точность поляризационного метода существенно ниже фазового, но этот метод позволяет ограничить зону возможного положения источник радиоизлучения и в сочетании с фазовым методом в пределах зоны получить точное однозначное измерение. Измерению поляризационных характеристик принимаемого излучения в последние годы посвящены фундаментальные исследования [3,4]. Однако, по каким-то причинам поляризационные характеристики сигнала для задач пеленгации на практике не используются. Есть лишь отдельные публикации, например, способ измерения углового положения источника излучения по поляризационной структуре поля, создаваемого этим источником [5,6]. Здесь неоднородная среда, помещаемая на пути между источником излучения и приемной антенной, меняет положение волнового вектора в поляризационной структуре поля волны в зависимости от направления распространения электромагнитной волны. В качестве среды, изменяющей компоненты поляризационного базиса, используется магнитоактивная плазма [5] или металлические решетки [6].

Рассматривается метод измерения местоположения источника излучения по поляризационным признакам без специальной среды на пути распространения электромагнитных волн. Для этого используется фактор неизменности положения вектора электромагнитного поля в однородной среде.

Напряженность поля в приемной антенне с линейной поляризацией определяется проекцией вектора напряженности в точке С на направление вектора напряженности излучающей антенны.

Измеряя угол  $\gamma$ , определяем расстояние между точками А и С или удаление излучающей антенны от приемной в соответствии с выражением:

$$AC = \gamma \cdot R$$

где R – радиус Земли.

Процесс измерения угла  $\gamma$  реализуется следующим образом. Линейно поляризованная антенна, которая может поворачиваться вокруг оси, совпадающей с направлением распространения волны, нагружена на детектор, выходное напряжение которого пропорционально относительной напряженности поля. При вращении антенны фиксируется положение антенны по максимуму амплитуды принимаемого сигнала. Полученное положение относительно первоначального и будет определять измеряемый угол.

Разложим вектор принятой линейно поляризованной волны в базисе приемной антенны и по проекциям на оси (рис.1)  $c_x$  и  $c_y$  определяем координаты источника излучения.

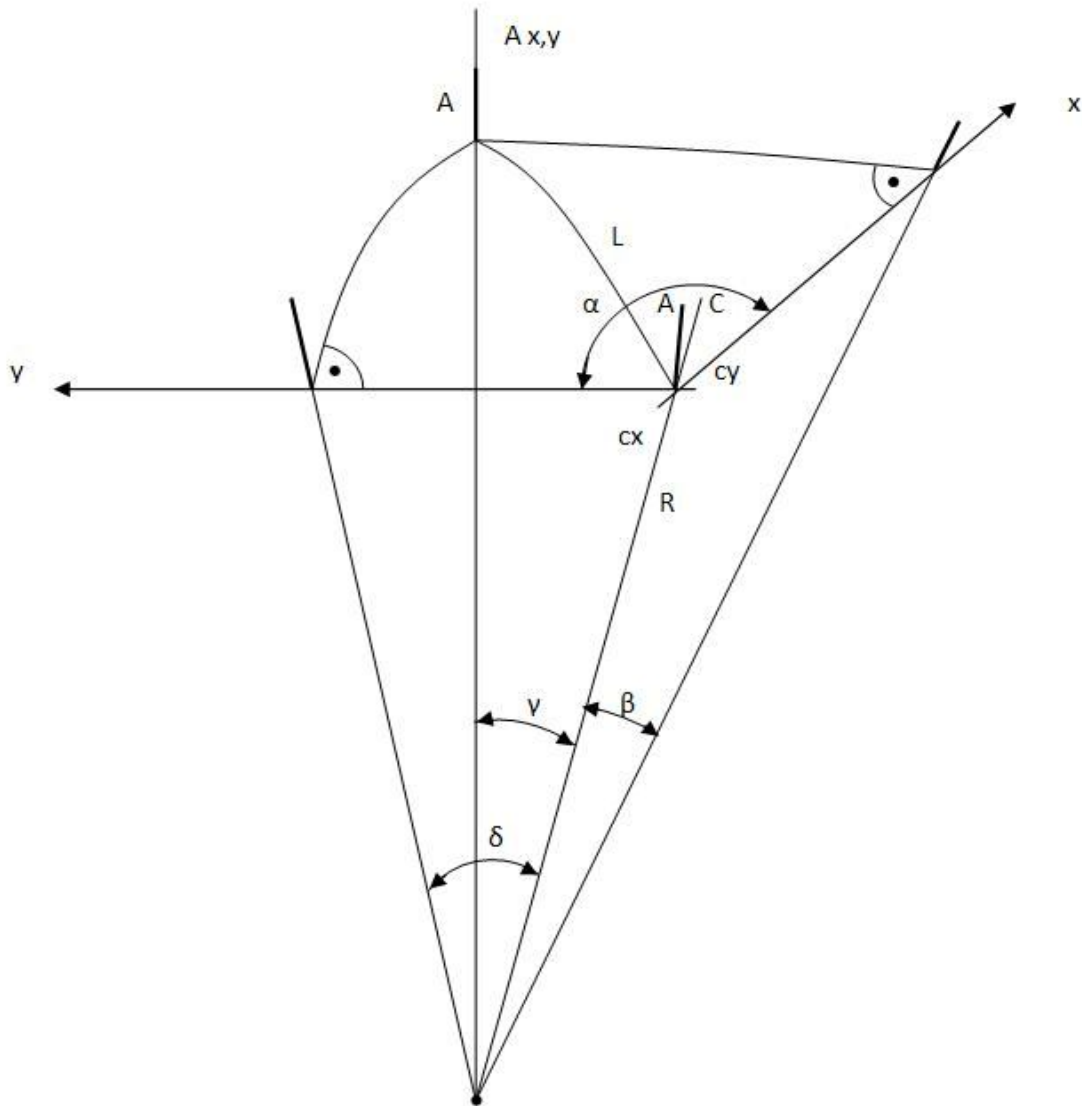


Рисунок 1: Геометрическая иллюстрация измерения угла.

Другая возможность разрешения неоднозначности определяется использованием структуры пеленгуемого сигнала. В последние годы для защиты передаваемой информации применяются сложные сигналы, в частности, сигналы с ППРЧ.

Рассмотрим прием многочастотного сигнала однобазовой системой.

Измеряем разность фаз принимаемого сигнала двумя, разнесенными в пространстве приемниками на каждой частотной составляющей ППРЧ сигнала.

При действии на антенны плоской электромагнитной волны, приходящей под углом  $\alpha$  к нормали относительно линии расположения антенн разность фаз для каждой частотной позиции представляется следующим выражением:

$$\Delta\varphi_i = \left( \frac{2\pi c t + \pi b \sin a}{\lambda_i} \right) \left( \frac{2\pi c t}{\lambda_i} \right)$$

где  $i$  — номер частотной позиции ППРЧ сигнала,  $t$  — время,  $\lambda_i$  — длина волны, соответствующая частотной позиции,  $b$  — длина базы,  $c$  — скорость распространения радиоволн.

Решение выражения  $\Delta\varphi$  относительно угла пеленга дает  $K$ -значений, поэтому для каждой

частотной позиции  $i$  ППРЧ-сигнала получим одномерный массив (строку) возможных значений:

$$\alpha_{i,k} = \arcsin\left(\frac{\Delta\varphi_i + k\pi}{\pi} \frac{\lambda_i}{2b}\right), \quad \text{где } k = 0 \dots K \quad (K=2b/\lambda_i - \text{отношение длины базы } b \text{ к длине полупериода волны } \lambda_i).$$

Величина  $K$  рассчитывается из соображения однозначности измерения фазы. Однозначное определение разности фаз принимаемых колебаний возможно только в пределах  $2\pi$ . В соответствии с этим рассчитанное число значений  $K$  достаточно для того, чтобы одно из значений  $\alpha_{i,k}$  было истинным.

В каждой из полученных ранее строк будут содержаться различные несовпадающие значения пеленга, но одно из значений в каждой из строк будет повторяться, это и будет истинным значением пеленга. Следовательно, для того чтобы получить истинное значение необходимо определить какое из значений  $\alpha_{i,k}$  повторяется наибольшее количество раз.

Истинное значение пеленга будет определяться максимальной частотой попадания в интервал возможных значений пеленга.

В работе представлен алгоритм вычисления истинного направления на источник излучения и зависимости погрешности измерения истинного направления от ошибок измерения разности фаз. С помощью предложенного алгоритма сопоставляется весь набор возможных значений и выбирается как истинное - направление, инвариантное относительно несущей частоты.

Заключение.

1. Погрешность оценки местоположения источника излучения по поляризационной структуре линейно поляризованного поля составляет 81-85 км на дальности до 2000 км от точки приема при погрешности измерения угла поворота вектора поляризации  $\sigma_\beta$  и  $\sigma_\delta = 1^\circ$ .

2. Так для определения направления на его источник ППРЧ сигнала достаточно однобазовой разнофазовой системы пеленгования. На базе 1м (при  $\lambda = 0.3\text{м}$ ) погрешность измерения направления составляет  $0.5^\circ, 1^\circ, 2^\circ$  при погрешности измерения фазы  $\sigma_\varphi = \frac{\pi}{180}, \frac{\pi}{18}, \frac{\pi}{6}$ , соответственно. При уменьшении базы (до 0.5м) увеличивается погрешность до  $2^\circ$  при  $\sigma_\varphi = \frac{\pi}{18}$ , а на базе 2м погрешность измерения направления составляет  $0.5^\circ$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. //Радиотехника, 2000, №6, с.35-68.
2. Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А. Поляризация радиолокационных сигналов. – М.: Сов.радио, 1966.- 440с.: ил.
3. Козлов А.И., Логвинов А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. Кн.1. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. – М.: Радиотехника, 2005.- 704с.: ил.
4. Козлов А.И., Логвинов А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. Кн.2. Радиолокационная поляриметрия. – М.: Радиотехника, 2007.- 640с.: ил.
5. Лукин А.Н., Швырев Б.А. Измерение углового положения источника излучения по поляризационной структуре поля. //Радиотехника, 1998, №6, с.105-110.
6. Лукин А.Н., Швырев Б.А., Чаплыгин Д.Ю. Оценка углового положения источника излучения по поляризационной структуре поля. //Радиотехника, 2002, №11, с.75-78.