

Погорелов А.А.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Научный руководитель: Павлов Ю.Ю. старший преподаватель

*Старший преподаватель кафедры «Радиотехнического
вооружения»*

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПЕЛЕНГАЦИИ ПОСТАНОВЩИКОВ ПОМЕХ

Аннотация. В работе рассматриваются и оцениваются методы пеленгации постановщиков помех для радиолокационных станций, определяющих угловые координаты на источник излучения в пространстве. В статье отдельно описывается каждый из методов однопозиционной радиолокации, представлены рисунки поясняющие их работу, выявлены достоинства и недостатки, сложность технической реализации, а также степень устойчивости определения координат при воздействии различного рода помех.

Ключевые слова: методы пеленгации, амплитудный метод, метод минимума, метод максимума, метод сравнения, фазовый метод.

Abstract. The work examines and evaluates the methods of direction finding of jammers for radar stations that determine the angular coordinates of the radiation source in space. The article separately describes each of the single-station radar methods, presents drawings explaining their work, identifies the advantages and disadvantages, the complexity of the technical implementation, as well as the degree of stability in determining the coordinates under the influence of various kinds of interference.

Keywords: direction finding methods, amplitude method, minimum method, maximum method, comparison method, phase method.

Актуальность: данные методы используются в радиолокационных системах, предназначенных для обзора и сопровождения по угловым координатам радиолокационных объектов и источников излучения в условиях воздействия на них преднамеренных непрерывных шумовых и активных помех. Применение данных методов в конечном итоге позволит однопозиционной РЛС с помощью особенностей конструкции может обеспечить информацией о оценке воздушной и помеховой обстановки.

Процесс определения направления на источник радиоизлучения с помощью РТС называется радиопеленгованием. Сравнение одного направления с другим направлением, принятым за начало отсчета, позволяет определить угловое положение объекта в пространстве. Все вопросы, связанных с системами определения направления на источник излучения радиосигналов, рассматривается в технике радиолокации, радионавигации.

Сканирование пространства диаграммой направленности осуществляется за счет механического поворота антенны в процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех, отражения сигнала от различных объектов. Развертка индикатора, отображающего информацию о объекте в пространстве, осуществляется напряжением, вырабатываемым генератором развертки, который синхронно связан с двигателем вращения антенны.

На основании общей классификации радионавигационных устройств и радиолокационных систем, все основными пеленгационными методами являются амплитудные, фазовые.

Амплитудные методы пеленгации основаны на использовании направленных свойств антенн, когда оба источника находятся в пределах главного лепестка диаграммы направленности антенны. Направление в

пространстве задается с помощью углов (азимута и места). Углы в амплитудных системах радионавигации находят путем измерения амплитуды или параметров амплитудной модуляции сигналов, поступающих с выхода антенн. Среди амплитудных методов пеленгации различают методы максимума, минимума и сравнения.

В РЛС, реализующих метод максимума, Радиопеленгаторы имеют антенну с остронаправленной диаграммой направленности. Пеленгация методом максимума (рис. 1) осуществляется путём совмещения направления максимума пеленгационной характеристики α с направлением на пеленгуемый объект α_0 в результате плавного вращения ДН антенны; пеленг отсчитывается в тот момент времени, когда напряжение на выходе приёмника становится максимальным.

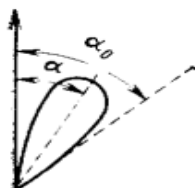


Рис. 1 Метод максимума

Направление по максимуму задается путем ориентации ДН в пространстве таким образом, чтобы максимум излучения совпадал с заданным направлением.

Величина угла, в пределах которого изменение ориентации ДН антенны относительно направления на пеленгуемую радиостанцию не может быть обнаружено из-за ограниченной чувствительности измерителя амплитуды сигнала, называется углом нечувствительности системы (рис. 1). Этот угол будет тем меньше, чем уже ДН.

Достоинствами метода:

1. большая дальность действия и сравнительно высокая помехоустойчивость ввиду узкой ДН, обеспечивающей хорошую пространственную селекцию сигналов

2. возможность передачи и приема дополнительных сигналов при пеленгации.

Недостатки метода:

1. независимость изменения амплитуды сигнала на выходе антенн от стороны отклонения ДН от направления на пеленгуемую радиостанцию, что затрудняет процесс автоматизации измерения и индикации угловых координат
2. низкая угловая чувствительность из-за слабого изменения функции вблизи максимума ДН
3. большие требуемые размеры антенн, необходимые для получения узкой ДН.

Пеленгация методом минимума (рис.2) осуществляется путём плавного вращения ДН с резким провалом с помощью антенны с двух- и более лепестковой ДН. Угол отсчитывается в тот момент времени, когда направление минимума пеленгационной характеристики α совпадает с направлением на объект α_0 . При этом напряжение на выходе приёмника минимально. Крутизна пеленгационной характеристики в этом случае выше, чем при методе максимума, поэтому выше и точность пеленгации. Однако амплитуда принимаемого сигнала вблизи направления на объект мала, что затрудняет определение дальности до объекта и, следовательно, использование метода минимума в активной радиолокации.

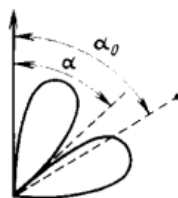


Рис.2 Метод минимума

Достоинствами метода :

1. сравнительно высокие угловая чувствительность и точность пеленгования при относительно небольших размерах антенн по сравнению с методом максимума;

2. возможность определения стороны отклонения пеленга от минимума ДН для некоторых типов антенн (за счет противофазности сигналов при переходе через минимум приема), что весьма важно для автоматизации процесса пеленгования.

Недостатки метода:

1. отсутствие сигнала на входе приемника РП в момент отсчета пеленга, что снижает достоверность измерений и исключает возможность передачи по радиоканалу РПС дополнительной информации;

2. небольшая дальность действия;

3. снижение точности пеленгования при действии помех, т.к. в этом случае минимум сигнала становится неярко выраженным.

В РЛС, реализующих метод сравнения, антенная система обычно состоит из двух антенн, образующих пересекающиеся лучи ДН. Можно также образовать пересекающиеся лучи ДН с помощью одной антенны, которая периодически изменяет положение ДН относительно заданного направления (рис.3), угол определяется по соотношению амплитуд двух принимаемых сигналов, соответствующих двум пересекающимся диаграммам направленности $f_1(\alpha)$ и $f_2(\alpha)$. Приёмник в этом случае двухканальный, причём напряжения на выходе каналов пропорциональны значениям $f_1(\alpha_0)$ и $f_2(\alpha_0)$.

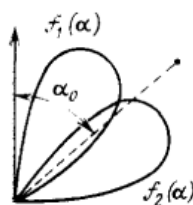


Рис. 3. Метод сравнения

Достоинства рассмотренного метода:

1. высокие точность и угловая чувствительность;
2. однозначное определение стороны и величины отклонения источника радиоизлучений от заданного направления, что позволяет осуществить автоматизацию процесса пеленгации;
3. большая дальность действия;
4. лучшая, чем в ранее рассмотренных случаях, помехоустойчивость.

Недостаток метода : сложность аппаратурной реализации.

Формула пеленгационной характеристики амплитудного метода:

$$S(\theta) := \operatorname{Re} \cdot \ln[R_m(\theta)] = \ln[|U_1(t, \theta)|] - \ln[|U_2(t, \theta)|]$$

К фазовым относятся использующие для определения пеленга источника радиоизлучения функциональную зависимость между фазой радиосигнала и пеленгом источника радиоизлучения.

В радиопеленгаторе эта зависимость получается естественным путем при приеме сигналов двумя ненаправленными идентичными антеннами A1 и A2, разнесенными одна от другой на расстояние d , называемое базой пеленгатора (рис. 4).

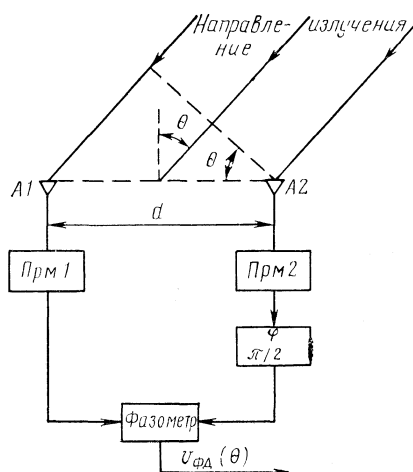


Рис. 4. Принцип фазовой пеленгации

Если направление на радиостанцию будет отличаться от опорного направления, за которое примем нормаль к базе системы, на угол Θ , то расстояния от радиостанции до антенн A1 и A2 (соответственно R_1 и R_2) будут

изменяться таким образом, что появляется разность хода радиоволн $\Delta R = R_1 - R_2 = d \sin \Theta$ которая и обуславливает различие фаз сигналов, возбуждаемых полем радиостанции в антеннах A1 и A2. Если фазу колебаний, возбуждаемых в одной из антенн (например, A1), принять за опорную, фаза колебаний в антенне A2 будет отличаться от опорной на величину:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta R = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin\Theta$$

Таким образом, по измеренной разности фаз $\Delta\varphi$ можно определить угловое положение пеленгуемой радиостанции Θ по формуле:

$$\Theta = \arcsin\left(\frac{\lambda\Delta\varphi}{2\pi d}\right)$$

Формула пеленгационной характеристики амплитудного метода:

$$S(\Theta) := \operatorname{Re}(-i \cdot \exp(i \cdot \Delta\varphi)) = \sin(\Delta\varphi)$$

Пеленгационная характеристика (рис. 5), под которой можно понимать зависимость измеряемой разности фаз от углового положения источника излучения Θ , имеет явно выраженный нелинейный характер, что усложняет процедуру обработки результатов измерений и ухудшает точность определения величины Θ . Действительно точность пеленгатора повышается с увеличением размера базы d .

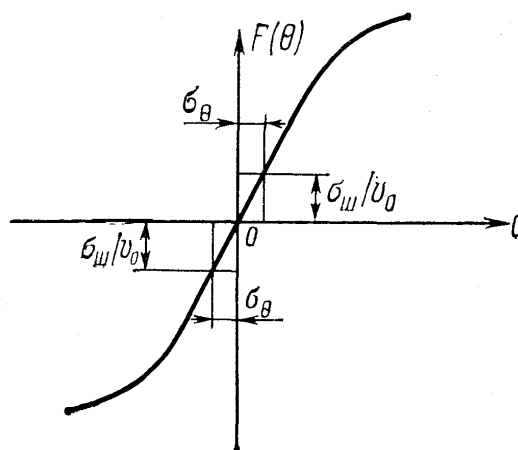


Рис. 5 Пеленгационная характеристика

Однозначное измерение угла Θ может быть достигнуто при ограниченных размерах базы антенны. Это объясняется особенностями фазовых РНУ, у которых пределы однозначного измерения разности фаз $\Delta\varphi$

двух колебаний лежат в диапазоне от 0 до 2π . Учитывая, что $|\sin\Theta|\leq 1$, максимальный размер базы, обеспечивающий однозначное измерение угла Θ , равен $d_{\max}=\lambda/2$.

Необходимости принятия специальных мер для обеспечения требуемой точности и однозначности измерения пеленга радиостанции приводит к использованию дополнительных каналов грубого и точного измерения пеленга, что в свою очередь усложняет конструкцию пеленгаторов и повышению их стоимости.

Выводы: На основе формул пеленгационных характеристик методов можно оценить следующее, что для определения угловых координат можно использовать любой из методов: амплитудным, фазовым. Однако на практике более широко используется фазовый метод измерений углов, так как он дает наиболее высокую точность. Высокими показателями точности измерения угловых координат также обладает метод сравнения, но сложность его аппаратурной реализации затрудняет его широкое применение в РТС.

Использованная литература:

- 1) Леонов А.И., Фомичев К.И. Моноимпульсная радиолокация — М.: Радио и связь, 1984.
- 2) Коростылев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем: Учеб.2 пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1987.
- 3) Чердынцев В.А. Радиотехнические системы: Учеб. пособие для вузов. - Мн.: Выш. шк., 1988.
- 4) Теоретические основы радиолокации: Учеб. пособие для вузов / А.А. Коростылев, Н.Ф. Ключев, Ю.А. Мельник и др., под ред. В.Е. Дулевича - М.: Сов. радио, 1978.