

ОБЪЕДИНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Костров В.В., Жиганов С.Н. С.Н., Антуфьев Р.В.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, ул. Орловская 23, кафедра "Радиотехника"
Тел. (8-09234) 3-54-15, Факс (8-09234) 2-28-85
E-mail: radio@mivlgu.murom.ru
*ОАО «Муромский завод РИП»
602267, г. Муром, Карачаровское шоссе, 2
Тел. (8-09234) 3-34-36, Факс (8-09234) 2-16-16

Реферат: Предложен способ вычисления угла места радиолокационной цели на основе объединения информации, поступающей от двух диаграмм направленности антенны, которые разнесены по вертикали.

Обработка поступающей радиолокационной информации в современных наземных радиолокационных станциях (РЛС) производится цифровыми устройствами и системами. Высокая точность и надежность полученных результатов делают их незаменимыми в современных условиях. В некоторых РЛС обзорного типа определение угла места цели осуществляется при помощи метода парциальных диаграмм, при котором формируется несколько лучей, разнесенных по вертикали на некоторые углы [1]. При этом диаграммы направленности этих лучей перекрываются по углу места и отраженные сигналы от радиолокационных целей могут попасть в соседние диаграммы направленности. Многоканальный по пространству обзор позволяет оценить угол места цели и ее высоту. При этом грубо угол места можно оценить по номеру канала, где сигнал максимальный. Более точное значение угловой координаты можно получить с использованием метода сравнения или амплитудно-фазового метода. Более простой является некогерентная обработка сигналов, когда объединение информации, поступающей от двух лучей, осуществляется на этапе первичной обработки радиолокационной информации при вычислении координат целей.

Определение азимута цели в РЛС основано на анализе азимутальных пачек отраженных от цели сигналов. Поскольку сигнал от цели попадает в две соседние диаграммы, то вычислить угол места можно на основе анализа соотношения количества импульсов в азимутальных пачках в соседних радиолокационных каналах. Для определенности рассмотрим два соседних луча, один из которых назовем нижним, другой - верхним. Отношение количества импульсов азимутальной пачки в верхнем канале к количеству импульсов в пачке нижнего канала можно определить через соотношение диаграмм направленности. Диаграммы направленности по углу места в области максимума излучения можно представить в виде $\cos^2(\dots)$. Тогда отношение количества импульсов в азимутальной пачке нижнего канала N_1 к количеству импульсов в азимутальной пачке верхнего канала N_2 определяется через отношение диаграмм направленности

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\cos^2\left(\frac{\theta - \theta_1}{\Delta\theta} \cdot 2 \cdot \arccos(0,5)\right)}{\cos^2\left(\frac{\theta - \theta_2}{\Delta\theta} \cdot 2 \cdot \arccos(0,5)\right)}, \quad (1)$$

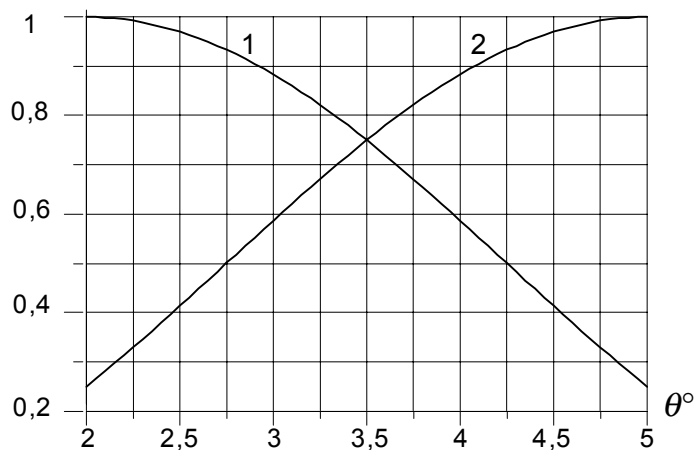


Рис. 1 Диаграммы направленности нижнего и верхнего радиолокационных каналов

где θ - угол места; θ_1 - направление максимума диаграммы направленности нижнего луча по углу места; θ_2 - направление максимума диаграммы направленности верхнего луча по углу места; $\Delta\theta$ - ширина диаграммы направленности лучей в вертикальной плоскости.

Диаграммы направленности нижнего (кривая 1) и верхнего (кривая 2) радиолокационных каналов показаны на рис. 1. При построении зависимостей взяты числовые значения $\theta_1=2^\circ$, $\theta_2=5^\circ$, $\Delta\theta=4,5^\circ$. Из рисунка видно, что диаграммы перекрываются по углу места до уровня половинной мощности в

диапазоне от 2,7 до 4,3 градуса по углу места, и цели, имеющие угол места из этого диапазона, попадают в оба радиолокационных канала.

Из соотношения (1) видно, что зная отношение N_1 к N_2 можно определить угол места θ , на основе обратной зависимости угла места от отношения N_1 к N_2 . Определение обратной зависимости угла места от отношения N_1 к N_2 в (1) вызывает во-первых известные математические трудности, а во-вторых реализация полученной зависимости на цифровых устройствах повлечет за собой большие вычислительные затраты, что не всегда приемлемо в реальном масштабе времени. В связи с этим вызывает интерес аппроксимация отношения N_1 к N_2 простыми математическими функциями, которые не вызовут больших сложностей при их реализации.

На рис. 2 показан график отношения N_1 к N_2 в диапазоне изменения угла места от 2 до 5 градусов. Из рис. 2 видно, что отношение N_1 к N_2 в рассматриваемом диапазоне определяется гладкой кривой. Для определения простой функциональной зависимости между углом места и отношением N_1 к N_2 можно использовать метод подбора эмпирических формул [2]. Метод заключается в том, что сначала по графической зависимости определяется эмпирическая формула, а потом определяются ее параметры. Для ее аппроксимации кривой показанной на рис. 2 можно использовать различные эмпирические формулы, например, линейную зависимость вида

$$y = 4 - \frac{3,9 \cdot (\theta - 2)}{3}. \quad (2)$$

На рис. 3 кривой 1 показаны в процентах ошибки аппроксимации при помощи соотношения (2) кривой, представленной на рис. 2. Из рис. 3 видно, что аппроксимация соотношения (1) линейной зависимостью обладает большими ошибками, которые наблюдаются при угле места около 4 градусов и составляют более 100%.

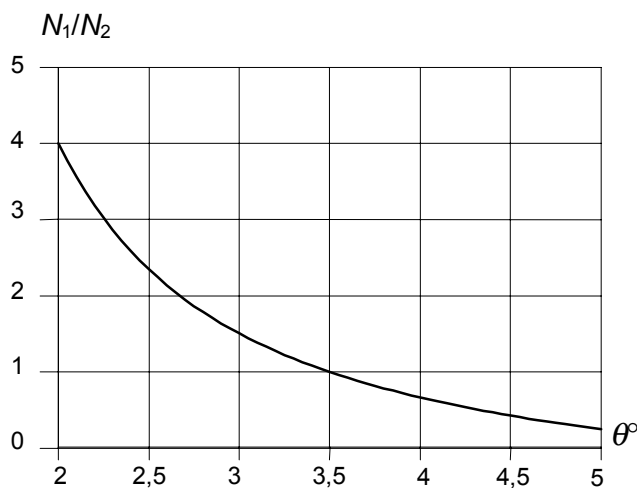


Рис. 2

Аппроксимировать кривую, показанную на рис. 2 можно при помощи эмпирической формулы на основе квадратичной зависимости вида

$$y = \frac{9}{\theta^2 - 2}. \quad (3)$$

Кривой 2 на рис. 3 представлены ошибки аппроксимации соотношения (1) при помощи (2). Из сравнения кривых 1 и 2 рис. 3 видно, что аппроксимация на основе квадратичной функции обладает меньшими ошибками по сравнению с линейной функцией (1). Минимальные ошибки наблюдаются в диапазоне изменения угла места, где перекрываются диаграммы верхнего и нижнего лучей и составляют величину менее 20%. Максимальные ошибки получаются при значениях угла места более 4,5°.

Еще одна эмпирическая формула, которая может быть применима для аппроксимации соотношения (1) основана на экспоненциальной зависимости, которая определяется формулой

$$y = \frac{30}{\exp(\theta)}. \quad (4)$$

Зависимость ошибок аппроксимации соотношения (1) при помощи (4) от угла места показана кривой 3 на рис.3. Из рис. 3 видно, что наименьшими ошибками при аппроксимации отношения N_1 к N_2 в диапазоне перекрытия диаграмм направленности лучей обладает эмпирическая формула (4), при этом ошибки аппроксимации изменяются от 6% до минус 22%.

Таким образом, эмпирические функции (3) и (4) обладают малыми ошибками при аппроксимации соотношения (1) и могут быть использованы для определения угла места. Вычисление угла места при известном значении отношения N_1 к N_2 определяется из очевидных выражений:

для квадратичной зависимости

$$\theta = \sqrt{\frac{9}{N_1/N_2} + 2}, \quad (5)$$

для экспоненциальной зависимости

$$\theta = \ln\left(\frac{30}{N_1/N_2}\right). \quad (6)$$

Точность вычисления угла места по соотношения (5) и (6) составляет следующие значения: для угла места $3,1^\circ$, где ошибки аппроксимации (1) при помощи (3) составляют минус 14,6%, точность вычисления угла места по (5) равнялась 0,22%; при угле места $4,5^\circ$, при котором ошибки аппроксимации на основе (4) составляют 21,5%, - 0,15%.

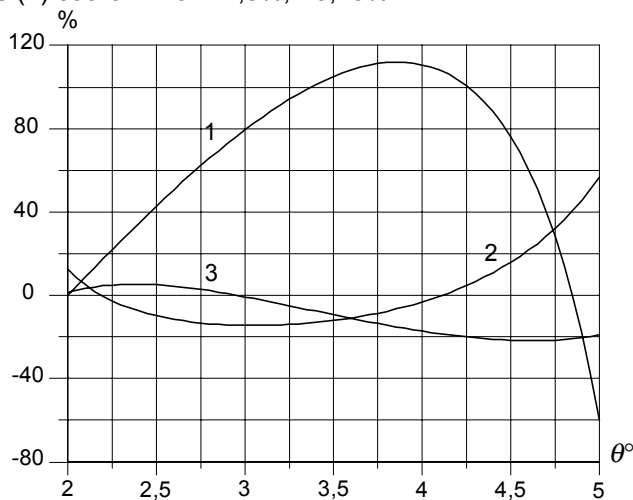


Рис. 3 Ошибки аппроксимации

Работа выполнена при поддержке гранта Минобразования РФ.

Библиография

1. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации.-М.: Радио и связь, 1983.-536 с.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: Справочник.-15-е изд.- М.: Наука. Фиматлит,1998.-608 с.



ASSOCIATION of RADAR CHANNELS

Kostrov V., Zhiganov S. Antufiev, R.

Murom Institute (branch) of Vladimir State University
 23, Orlovskaya st. Vladimir region, Murom, 602264, Russia
 Ph. (8-09234) 3-54-15, Fax (8-09234) 2-28-85
 E-mail: radio@mivlgu.murom.ru

*Murom Radio Instrumentation Plant
 2, Karacharovskoye shosse Vladimir region, Murom, 602267, Russia
 Ph. (8-09234) 3-34-36, Fax (8-09234) 2-16-16

In some survey type radar stations the determination of angle elevation target is realized at method of the partial diagrams, at which one some rays formed in vertical direction with different angles [1]. Thus the directional diagrams of these rays are overlapped on an elevation angle and the radioechoes from radar targets can get in the adjacent directional diagrams. Multi channel review on space allows to evaluate an elevation angle of the targets and its height. Roughly elevation angle can be evaluated on a channel number, where a signal has maximum valuate. The more precise value of angular coordinate can be received with usage of a comparison method or amplitude-phase method. The non-coherent signal is more simple, when the information association of two channels implements at a stage of primary processing of the radar information at an evaluation of target coordinates.

If target signal falls in two adjacent diagrams, then elevation angle can to calculate with ratio of quantity of impulses in azimuthal members in adjacent radar channels. For a determinancy we shall consider two adjacent rays, one of which we shall call lower, other - upper. The relation of quantity of impulses in an azimuthal member of the lower channel N_1 to quantity of impulses in an azimuthal member of the upper channel N_2 is determined through the relation of the directional diagrams

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\cos^2\left(\frac{\theta - \theta_1}{\Delta\theta} \cdot 2 \cdot \arccos(0,5)\right)}{\cos^2\left(\frac{\theta - \theta_2}{\Delta\theta} \cdot 2 \cdot \arccos(0,5)\right)}, \quad (1)$$

where θ - elevation angle; θ_1 - direction of a maximum of the directional diagram of the lower ray on an elevation angle; θ_2 - direction of a maximum of the directional diagram of the upper ray on an elevation angle; $\Delta\theta$ - width of the directional diagram of rays in a vertical plane.

Use to define θ from (1) is difficult at the known relation N_1 to N_2 , therefore for approximating of function of the relation N_1 to N_2 on θ can to use method of the empirical formulas [2]. Three kinds of the empirical formulas: on the basis of a linear dependence and relation on the basis of a quadratic function and exponential are offered in this work.

The least errors at approximating the relation N_1 to N_2 in range of overlap of the directional diagrams of rays got when using of empirical formula on the basis of an exponential function, thus the approximation errors change from 6 % up to a minus 22%.

This work is made at support of the grant of education ministry of Russian Federation.

The bibliography

1. Finkelshtain M.I. The based of radar.-M.: Radio and communication, 1983.-536 p.
2. Bronshtein I.N., Semendayev K.A. A manual after mathematician for the engineers and learning technical colleges: Manual.- M.: Science, 1998.-608 p.