

УДК 621.37.037

## МЕТОДЫ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

**М.С. АЛЕКСЕЕВ**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В статье представлены методы сверхразрешения излучения. Произведён расчет отклика антенной решетки для двух источников сигнала с одинаковой и разной мощностями. Были произведены методы измерения параметров, доказывающих, что они не являются оптимальными в случае двух источников сигнала. Результаты исследования могут быть использованы в радиопеленгации и радиолокации.

**Ключевые слова:** антенная решетка, источники, диаграмма направленности

Рассмотрим методы сверхразрешения излучения при наличии двух источников излучения на основе сигнальной модели:

$$Z = a_1 S(\varphi_1) + a_2 S(\varphi_2) + X. \quad (1)$$

В первом примере мы предположим, что оба источника имеют одинаковые и равные единице амплитуды волн, т.е.  $a_1 = a_2 = 10$ . Выберем два варианта направлений углов прихода:  $\varphi_1 = \pi/32$ ,  $\varphi_2 = -\pi/32$  в первом варианте и  $\varphi_1 = \pi/64$ ,  $\varphi_2 = -\pi/64$  во втором варианте. Предположим, что измерение углов прихода волн выполняется с помощью линейной эквидистантной антенной решеткой (АР) из 16 элементов ( $N=16$ ) и полуволновым межэлементным расстоянием ( $d/\lambda=0.5$ ). Вычисляем функцию диаграммы направленности (ДН) АР по мощности в виде:

$$|F(\varphi)|^2 = \frac{|S^H(\varphi)[S(\varphi_1) + S(\varphi_2)]|^2}{S^H(\varphi)S(\varphi)}. \quad (2)$$

Функция  $|F(\varphi)|$  вычисленная для первого и второго вариантов, представлена на рисунке 1 в виде двух кривых. Мы видим, что в первом варианте (кривая 1) функция  $|F(\varphi)|$  имеет два максимума, положения которых точно совпадают с направлениями прихода волн. Во втором варианте (кривая 2) наблюдается единственный максимум в направлении  $\varphi=0$ . В этом случае АР не может различить две волны отдельно.

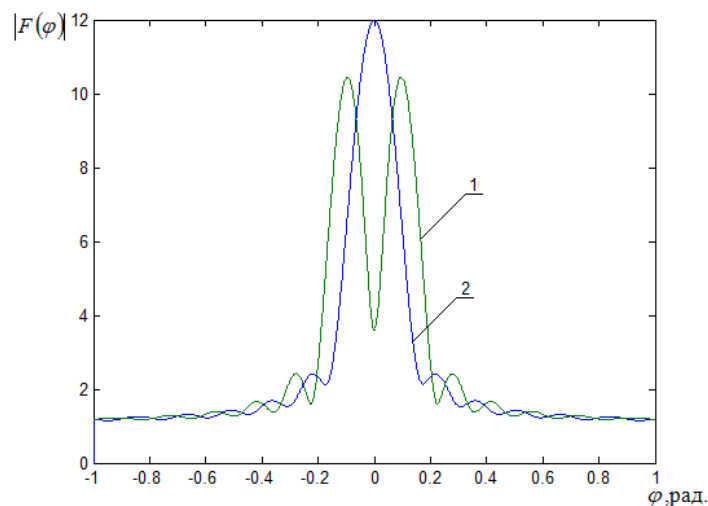


Рисунок 1. – Отклики АР в случае двух источников сигналов одинаковой мощности  $a_1 = a_2 = 10$

В первом случае расстояние между источниками больше ширины луча антенны, а во втором случае источники расположены на расстоянии, меньшем ширины луча. Можно предположить, что предел углового разрешения АР определяется именно шириной главного луча антенны. Это, так называемый релеевский предел разрешения.

Рассмотрим также второй пример, в котором амплитуды волн различны и отличаются в два раза, т.е.  $a_1 = 10$ ,  $a_2 = 5$ . Угловые положения источников такие же, как в предыдущем примере. Функция  $|F(\varphi)|$ ,

вычисленная для этого примера, представлена на рисунке 2. Видно, что кривая 1 имеет два максимума, как и в предыдущем примере. Направление первого максимума совпадает с направлением на источник с большей амплитудой сигнала, в то время как направление второго максимума несколько смещено от направления на источник с меньшей амплитудой сигнала. Видно, что амплитуда второго сигнала оценивается со смещением. Это значит, что имеются систематические ошибки измерения углов прихода и амплитуд сигналов. Кривая 2 имеет один максимум, как и в предыдущем примере, но его положение смещено в сторону более мощного сигнала.

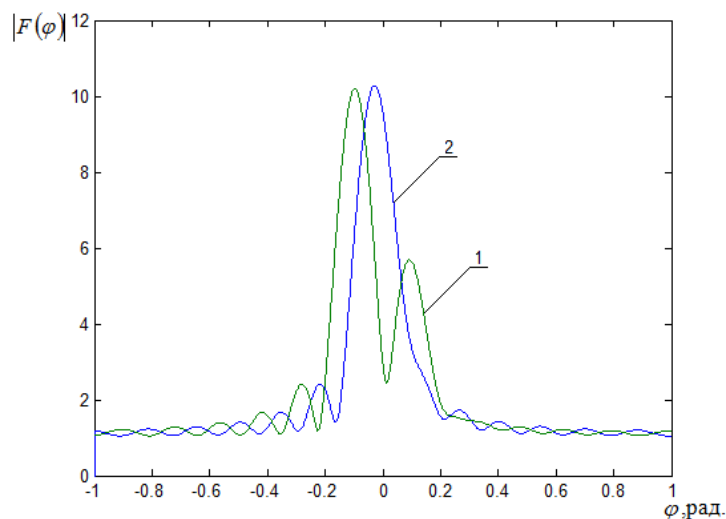


Рисунок 2. – Отклики АР в случае двух источников сигналов разной мощности  $a_1=10$ ,  $a_2=5$

Приведенные примеры показывают, что метод измерения параметров источников сигналов, разработанный исходя из априорного предположения о наличии одного источника, не является оптимальным в случае двух источников сигналов. Чтобы получить оптимальный метод измерения параметров двух сигналов, мы должны априори предположить, что в пространстве имеется два источника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения // Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.
2. Кей С.М., Марпл-мл. С.Л. Современные методы спектрального анализа: Обзор // ТИИЭР, 1981, т.69, №11.
3. Дрогалин В.В. и др. Алгоритмы оценивания угловых координат источников излучений, основанные на методах спектрального анализа. Успехи современной радиоэлектроники, 1998, №2
4. Hua Y., Sarkar T. Matrix Pencil method for estimating parameters of exponentially damped/undamped sinusoids in noise, IEEE Trans. on Acoust., Speech., Signal Process, 1990, vol.38, pp. 814-824
5. Способ определения направлений на источники излучения и углового разрешения источников [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа :[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet).
6. Способ раздельного формирования нулей в суммарной и разностной диаграммах направленности моноимпульсной фазированной антенной решетки [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа :[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet).
7. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. - М.: Радио и связь, 1989. 656 с.