

Ю.Л.Степанов, В.А.Баутинов, М.А.Хаванова

О СВОЙСТВАХ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА СПЕКТРА МОЩНОСТИ СИГНАЛА

The paper deals with methods of determining criteria of autocorrelation function choice for solving the problem of radar-tracking signals capacity spectrum synthesis.

Синтез структуры сигнала $s(t)$ по заданной автокорреляционной функции $R(t)$, которая отвечает всем требованиям проектируемой системы, является одной из самых сложных задач радиолокационной техники.

Для автокорреляционной функции справедливо выражение [1]

$$R(\eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 |S(\xi)|^2 e^{j\eta\xi} d\xi, \quad (1)$$

где $|S(\xi)|^2$ — спектр мощности сигнала; ξ и η — безразмерные координаты, пропорциональные соответственно частоте и времени, определяемые следующими соотношениями:

$$\xi = \frac{2\omega}{\Omega_m}, \quad \eta = \frac{t\Omega_m}{2}.$$

Необходимо отметить, что все сигналы, спектры которых отличаются только фазовой структурой, имеют одну и ту же автокорреляционную функцию, и если функция $R(\eta)$ реализуема, по заданной автокорреляционной функции можно определить спектр мощности сигнала $|S(\xi)|^2$, но не саму спектральную функцию $S(\xi)$.

Представление задачи синтеза спектра мощности по заданной автокорреляционной функции сигнала радиолокационной системы позволяет указать критерий разрешимости этой задачи, для чего целесообразно ввести в рассмотрение комплексную переменную $\alpha = \eta + i\beta$, вещественная часть которой представляет собой относительная координата η , пропорциональная времени. Функция $R(\eta)$ может быть доопределена на всей плоскости комплексной переменной α . Тогда интегральное уравнение (1) можно записать в виде

$$R(\alpha) = \frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 |S(\xi)|^2 e^{j\alpha\xi} d\xi. \quad (2)$$

Правая часть уравнения (2) представляет собой целую функцию, принадлежащую классу целых трансцендентных функций конечной степени, ограниченных на вещественной оси [2].

Совокупность всех целых функций конечной степени σ , ограниченных на вещественной оси, часто представляется как класс Бернштейна $B\sigma$.

Так как интеграл в правой части уравнения (2) представляет собой функцию, относящуюся к классу $B\sigma$, то для существования решения функция $R(\alpha)$ должна быть взята из того же класса. Следовательно, для разрешимости задачи синтеза спектра мощности сигнала заданная автокорреляционная функция $R(\eta)$, доопределенная на всей плоскости комплексной переменной $\alpha = \eta + i\beta$, должна быть функцией конечной степени, модуль которой ограничен на всей вещественной оси:

$$\sup_{-\infty < \alpha < \infty} |R(\eta)| = M < \infty.$$

Для построения радиолокационной системы того или иного типа целая автокорреляционная функция сигнала класса $B\sigma$ должна обладать вполне определенными свойствами,

отличающими ее от всех других функций того же класса и характерными только для системы этого типа. Поэтому, исследовав целые автокорреляционные функции сигнала радиолокационной системы и определив их особые свойства, можно совершенно строго ответить на вопрос, какую целую функцию класса $B\sigma$ следует взять для построения той или иной радиолокационной системы.

Выбирая впоследствии целые функции класса $B\sigma$ с определенными свойствами в качестве аппроксимирующих функций для представления физически реализуемых автокорреляционных функций, можно заранее назначить тип разрабатываемой системы.

Для случая плавной автокорреляционной функции можно указать более простой критерий принадлежности функции $R(\alpha)$ к требуемому классу. По теореме Палея и Винера [2], класс целых функций, допускающих представление (2), должен обладать свойством интегрируемости с квадратом на всей вещественной оси:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |R(\eta)|^2 d\eta < \infty. \quad (3)$$

Подобный класс обозначают $W\sigma$ [2]. Очевидно, что класс $W\sigma$ является более узким, чем класс $B\sigma$. Условия (3) вполне достаточно для представления целой автокорреляционной функции в виде (2).

Для практически важных задач необходимо выбирать автокорреляционную функцию сигнала, обеспечивающую, например, минимум боковых лепестков при заданной длительности основного «всплеска», или, наоборот, способную максимально сузить главный лепесток при заданном уровне боковых лепестков [1].

Для повышения точности и разрешающей способности по дальности автокорреляционная функция должна иметь по возможности малую длительность, а для уменьшения влияния близлежащих целей — малые боковые лепестки. При таких условиях необходимо найти оптимальную выполнимую автокорреляционную функцию, имеющую минимальные боковые лепестки при заданной длительности основного «всплеска», и определить реализующий ее оптимальный спектр мощности. В дальнейшем для синтеза сигнала нужно лишь приближаться к этой оптимальной, заведомо выполнимой форме спектра.

-
1. Вакман Д.Е. Сложные сигналы и принцип неопределенности в радиолокации. М.: Сов. радио, 1965. 167 с.
 1. Ахиезер Н.И. Лекции по теории аппроксимации. М.: Гостехиздат, 1947. 210 с.