

КОСТЫЛЕВ В. И.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КВАЗИДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ С АМПЛИТУДОЙ РАЙСА*

Показано, что решающая статистика дискретного энергетического обнаружения в белом шуме квазидетерминированного радиосигнала со случайной амплитудой Райса имеет бесконечноемерное гипергамма-распределение. Проанализировано влияние параметров распределения амплитуды на вероятность правильного энергетического обнаружения.

При отражении от протяженного по дальности объекта высокочастотный узкополосный зондирующий радиосигнал претерпевает ряд изменений, связанных со свойствами отражающего объекта, в результате чего обрабатываемый приемной системой сигнал $x(t)$ будет иметь вид

$$x(t) = \theta \operatorname{Re} \left\{ A \int_{R_{\min}}^{R_{\min} + \Delta R} \mathcal{E}(R) S(t - 2R/c) dR \exp(j2\pi f_0 t + \psi) \right\} + n(t), \quad f_0 \gg \Delta f,$$

где θ — неизвестный бинарный параметр, равный нулю в отсутствие объекта (гипотеза H_0) или равный единице, когда объект есть (гипотеза H_1) [1]; A — амплитуда полезного сигнала; $R_{\min}$ — дальность самой близкой к приемной антенне точки объекта; ΔR — протяженность объекта по дальности; $\mathcal{E}(R)$ — нормированная функция рассеяния [2] по дальности; $S(t)$ — комплексная огибающая зондирующего сигнала; c — скорость света; f_0 — несущая частота; ψ — начальная фаза; $n(t)$ — белый гауссовский шум с нулевым средним значением и односторонней спектральной плотностью N_0 ; Δf — ширина спектра зондирующего сигнала.

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 01-01-00356).

В случае когерентного зеркального отражения зондирующей волны от объекта амплитуда A и начальная фаза ψ детерминированы. При некогерентном диффузном отражении параметры A и ψ случайны, причем амплитуда распределена по рэлеевскому, а начальная фаза — по равномерному закону. Характеристики обнаружения по энергии детерминированного сигнала определены в [3], а характеристики энергетического обнаружения квазидетерминированного сигнала с рэлеевской амплитудой и равномерно распределенной начальной фазой — в [4]. Однако, иногда физические свойства объекта таковы, что одновременно имеет место как зеркальный, так и диффузный механизмы отражения. В этом случае начальная фаза ψ по-прежнему распределена по равномерному закону, но амплитуда A — по закону Райса [5].

Цель настоящей работы — провести анализ эффективности энергетического обнаружения узкополосного радиосигнала со случайной амплитудой, распределенной по закону Райса.

Плотность вероятности случайной амплитуды A , распределенной по закону Райса, может быть записана в виде

$$W(A) = \frac{A}{\omega^2} \exp\left(-\frac{a^2}{2}\right) \exp\left(-\frac{A^2}{2\omega^2}\right) I_0\left(\frac{a}{\omega} A\right), \quad (1)$$

где a и ω — параметры распределения, причем параметр a характеризует соотношение между зеркальной и диффузной компонентами вторичного излучения (если присутствует только диффузная компонента, то $a = 0$, а если только зеркальная, то $a = \infty$), а масштабный параметр ω пропорционален среднеквадратичному значению $A_{\text{с. кв.}}$ случайной амплитуды A : $\omega = A_{\text{с. кв.}} / \sqrt{a^2 + 2}$; $I_0(x)$ — модифицированная функция Бесселя нулевого порядка [6].

В [3] показано, что решающая статистика Ξ энергетического обнаружителя имеет хи-квадрат распределение в отсутствие обнаруживаемого объекта и нецентральное хи-квадрат распределение в случае наличия когерентно и зеркально отражающего объекта. Причем, если при аналоговой реализации [3] энергетического обнаружителя указанные законы приблизительно описывают распределение величины Ξ , то при дискретной реализации энергетического обнаружителя они являются точными. Таким образом,

$$\Xi = \chi_{\mu, \theta d^2}^2, \quad (2)$$

где $\chi_{\nu, m}^2$ — случайная величина, имеющая нецентральное хи-квадрат распределение с ν степенями свободы и параметром нецентральности m ; $\mu = 2(T\Delta f + 1)$ — число степеней свободы; T — длительность обработки сигнала $x(t)$; $d^2 = 2E_T/N_0$ — энергетическое отношение сигнал/шум; E_T — доля энергии полезного сигнала в интервале $[0, T]$ времени обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов.— М. : Радио и связь, 1983.— 320 с.
2. Фалькович С. Е., Пономарев В. И., Шкварко Ю. В. Оптимальный прием пространственно-временных сигналов в радиоканалах с рассеянием / Под ред. С. Е. Фальковича.— М. : Радио и связь, 1989.— 296 с.
3. Урковиц Г. Обнаружение неизвестных детерминированных сигналов по энергии // ТИИЭР.— 1967.— Т. 55.— № 4.— С. 50—59.

4. Костылев В. И. Характеристики энергетического обнаружения квазидетерминированных радиосигналов // Радиофизика.— 2000.— Т. 43.— № 10.— С. 926—932. (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника.— М. : Радио и связь, 1982.— 624 с.

6. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции (формулы, графики, таблицы): Пер. с нем. / Под ред. Л. И. Седова.— М. : Наука, 1968.— 344 с.

7. Пространственно-временная обработка сигналов / И. Я. Кремер, А. И. Кремер, В. М. Петров и др. Под ред. И. Я. Кремера.— М. : Радио и связь, 1984.— 224 с.

8. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган: / Пер. с англ.— М. : Наука, 1979.— 832 с.

9. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Специальные функции.— М. : Наука, 1983.— 752 с.

Воронежский государственный ун-т.

Поступила в редакцию 10.05.2001.