

УДК 621.396.96

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ФЛУКТУАЦИЯХ УГЛА ОРИЕНТАЦИИ ПЛОСКОПОЛЯРИЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

А.И. ЛОГВИН, Э.А. ЛУТИН

Находятся характеристики обнаружения линейно поляризованного радиолокационного сигнала в случае флуктуационного поведения угла ориентации плоскости поляризации электромагнитной волны.

Ключевые слова: характеристики обнаружения, угол ориентации электромагнитной волны.

В большинстве случаев практического использования радиолокационных систем в гражданской авиации применяется линейно поляризованный сигнал (это не исключает в определенных случаях для борьбы с мешающими метеорологическими отражениями использование круговой поляризации). При прохождении такого сигнала по радиолокационному каналу возможен поворот плоскости поляризации излучаемой электромагнитной волны от исходного положения на некоторый угол β относительно выбранной системы координат. Такое изменение угла β (обычно стохастическое) может привести к определенным изменениям вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги. Рассмотрим соответствующую постановку задачи.

Пусть производится обнаружение радиолокационного сигнала на фоне помех по критерию Неймана-Пирсона, т.е. максимизируется вероятность правильного обнаружения P_{no} при заданной вероятности ложной тревоги P_{lm} .

Наблюдаемая реализация сигнала в радиолокаторе $\xi(t)$ представляет собой аддитивную смесь полученного сигнала $S(\lambda(t), t)$ и белого шума $n(t)$ $\xi(t) = S(\lambda(t), t) + n(t)$, где $\langle n(t) \rangle = 0$; $\langle n(t_1)n(t_2) \rangle = 0,5N_0\delta(t_1 - t_2)$; $t_0 \leq t \leq t_0 + T$; $\lambda(t)$ - вектор параметров сигнала; N_0 - спектральная плотность шума; T - период наблюдения приходящей реализации; t - текущее время.

Будем полагать, что в передающем устройстве РЛС излучается вертикально поляризованный сигнал $S_u(t)$, который в общем случае может быть представлен в виде $S_u(t) = f(t)\cos(\omega t + \varphi(t))$, где $f(t)$ - некоторая детерминированная функция, отражающая закон амплитудной модуляции; ω , φ - частота и фаза высокочастотного колебания.

В результате прохождения по трассе распространения сигнал приобретает флуктуационную составляющую, что отражается на форме сигнала $S_{np}(t)$, поступающего в приемник [1] $S_{np}(t) = \alpha(t)f(t - \tau)\cos(\omega t + \varphi(t - \tau) + \gamma) + \zeta(t)f(t - \tau)\cos(\omega t + \varphi(t - \tau) - \psi(t))$, где первое слагаемое описывает детерминированную составляющую принимаемого сигнала, а второе - стохастическую; α и γ - амплитудный коэффициент и фазовый сдвиг детерминированной составляющей принимаемого сигнала, которые в дальнейшем будем считать постоянными; $\zeta(t)$ и $\psi(t)$ - амплитудный множитель и фазовый сдвиг случайной составляющей принимаемого сигнала; τ - время запаздывания сигнала.

Сигнал можно записать в виде квазигармонического колебания с учетом изменения угла ориентации β $S_{np}(t) = \alpha(t)f(t - \tau)\cos[\omega t + \varphi(t - \tau) - \theta(t)]\cos\beta(t)$, где $\alpha(t) \equiv \alpha_0$, $\theta(t)$ - фазовый сдвиг, определяемый как: $a \cos\theta = a \cos\gamma + \zeta \cos\psi(t)$ и $a \sin\theta = a \sin\gamma + \zeta \sin\psi(t)$.

Полагаем, что все рассматриваемые параметры взаимно независимы, тогда апостериорная плотность распределения вероятностей для сигнала запишется в виде [2]

$$W_{ps}(\alpha_0, \tau, \omega, \theta, \varphi, \beta) = KW_{pr}(\alpha_0)W_{pr}(\tau)W_{pr}(\omega)W_{pr}(\varphi)W_{pr}(\beta) \exp[a_0(8 - \alpha_0)/4N_0] \times \\ \times \int_{\tau_0}^{\tau_0+T} \xi(t)f(t-\tau)\cos(\omega t + \varphi(t-\tau) - \theta)\cos\beta dt,$$

где K - некоторая постоянная; $W_{pr}(\cdot)$ - априорная плотность распределения вероятностей.

В [2] показано, что, если априорная плотность распределения вероятностей параметра β равномерна $W(\beta) = 1/\pi$, тогда безусловная вероятность правильного обнаружения может быть

представлена в виде $P_{no} = 1 - \left[\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \Phi(h_0 - \sqrt{2E/N_0} \cos\beta) d\beta \right] / \pi$, где $\Phi(z)$ - интеграл Лапласа; h_0 -

порог решения; $2E/N_0$ - отношение сигнал шум.

Соответствующие характеристики приведены в [2]. Однако в реальных случаях поведение параметра β может описываться нормальным законом, т.е. $W(\beta) = N(m_\beta; \delta_\beta)$, где m_β и δ_β - математическое ожидание и дисперсия параметра β . В этом случае имеем

$$P_{no} = 1 - \left[\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \Phi(h_0 - \sqrt{2E/N_0} \cos\beta) e^{-(\beta - m_\beta)^2 / 2\delta_\beta^2} d\beta \right] / \sqrt{2\pi}\delta_\beta.$$

Таблица 1

$P_{лт}$	Модель $\beta(t)$ при равномерном законе	Модель $\beta(t)$ при нормальном законе
10^{-2}	1,9	1,8
10^{-4}	2,6	2,45
10^{-6}	3,3	3,15
10^{-8}	4,1	3,9

В табл. 1 цифры во втором и третьем столбцах показывают разницу в отношениях сигнал/шум для получения одинаковых значений $P_{no}=0,8$ при рассмотрении детерминированного сигнала и сигнала с флуктуирующим углом ориентации плоскости поляризации электромагнитной волны. Из приведенных данных видно, что модель флуктуаций угла ориентации $\beta(t)$ при нормальном законе распределения более реалистична по сравнению с моделью при равномерном законе распределения, что вполне объяснимо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983.
2. Логвин А.И., Власов А.Ю. Характеристики обнаружения линейно поляризованного сигнала // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2006. - № 98.

CHARACTERISTICS OF DETECTION LINEAR POLARIZED RADARS SIGNALS

Logvin A.I., Lutin E.A.

The article considers the characteristics of detection of linear polarized radars performance of angle orientation plane polarization radiowave.

Keywords: characteristics detection, angle of orientation peate polarized radiowave.

Сведения об авторах

Логвин Александр Иванович, 1944 г.р., окончил КГУ (1966), профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, академик Российской академии транспорта, профессор кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, автор более 500 научных работ, область научных интересов – радиолокация, радиофизика, радиополяризация.

Лутин Эмиль Аркадьевич, 1942 г.р., окончил МАИ им. С. Орджоникидзе (1966), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации авиационного радиоэлектронного оборудования МГТУ ГА, автор более 150 научных работ, область научных интересов – радиофизика, радиополяриметрия, радиолокация.