

УДК 621.391

ПАРФЕНОВ В. И.

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРОГО ПОРЯДКА БЫСТРО ЗАМИРАЮЩЕГО РАДИОСИГНАЛА*

Определены среднее число пересечений заданного уровня огибающей быстро замирающего сигнала и средняя длительность замираний для разных трасс распространения.

Передача информации в каналах передачи информации, использующих свободное распространение радиоволн, всегда сопровождается флуктуациями амплитуды сигнала. Случайные флуктуации уровня сигнала на входе приемника называются замираниями. Обычно разделяют два вида амплитудных флуктуаций — быстрые и медленные замирания [1—3]. Причина быстрых за-

* Работа выполнена при поддержке CRDF и Минобразования РФ (проекты VZ-010-0, T02-3.1-71)

мираний — многолучевая структура сигнала и интерферирующих лучей, причина медленных замираний — затенение первой полузоны Френеля радиосигнала на трассе за счет особенностей рельефа. Так как природа быстрых и медленных замираний различна, то их влияние принято рассматривать отдельно. В дальнейшем речь будет идти о быстрых замираниях.

Для количественного описания замираний часто используют статистические характеристики второго порядка, такие как *среднее число пересечений* заданного уровня в единицу времени и *средняя длительность замираний*. Исследуем эти характеристики применительно к следующей ситуации. В качестве модели принимаемого сигнала будем рассматривать сумму гармонического сигнала $s(t) = A_m \cos(\omega_0 t)$ и квазигармонического гауссовского шума $n(t) = N(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_N(t)) = N_c(t) \cos(\omega_0 t) - N_s(t) \sin(\omega_0 t)$, представляющего собой гауссовский центрированный случайный процесс с корреляционной функцией $K_n(\tau) = \sigma^2 \rho(\tau) \cos(\omega_0 \tau)$. При этом огибающая $N(t)$ распределена по закону Рэлея [3], фаза $\varphi_N(t)$ равномерно распределена на интервале $[-\pi; \pi]$, а квадратурные функции $N_c(t)$ и $N_s(t)$ являются некоррелированными гауссовскими случайными процессами с одинаковыми корреляционными функциями $\sigma^2 \rho(\tau)$. Следовательно, наблюдаемые данные могут быть представлены в виде

$$x(t) = s(t) + n(t) = U(t) \cos[\omega_0 t + \psi(t)],$$

где $U(t) = \sqrt{(N_c(t) + A_m)^2 + N_s(t)^2}$, $\text{tg}(\varphi_n(t)) = N_s(t) / (N_c(t) + A_m)$. Известно [3], что огибающая $U(t)$ при этом описывается распределением Рэлея—Райса $W(U|A_m) = (U/\sigma^2) I_0(A_m U/\sigma^2) \exp(-(U^2 + A_m^2)/2\sigma^2)$, где $I_0(\cdot)$ — модифицированная функция Бесселя нулевого порядка [4]. Очевидно, что при отсутствии детерминированной составляющей, т. е. при $A_m = 0$, приходим к распределению Рэлея [3].

Рассмотрим характеристики выбросов огибающей $U(t)$. При этом под средним числом пересечений заданного уровня C в единицу времени будем понимать математическое ожидание числа «отрицательных» выбросов огибающей [5—7] относительно уровня C . Под средней длительностью замираний будем понимать среднее время, в течение которого огибающая не превышает уровень C . Рассмотрим вначале определение среднего числа пересечений $N^-(C)$. В предположении о стационарности процесса $U(t)$ для нахождения $N^-(C)$ требуется знать совместную плотность вероятности огибающей и ее производной в один момент времени. Такая плотность вероятности в рассматриваемых условиях известна [5]

$$W(U, \dot{U}|A_m) = \frac{U}{\sigma^3 \sqrt{-2\pi\rho_0^n}} \times$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калинин А. И., Черенкова Е. Л.* Распространение радиоволн и работа радиолиний.— М. : Связь, 1971.— 240 с.
2. *Долуханов М. П.* Распространение радиоволн — М. : Связь, 1972.— 336 с.
3. *Финк Л. М.* Теория передачи дискретных сообщений.— М. : Сов. радио, 1970.— 728 с.
4. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица, И. Стиган.— М. : Наука, 1979.— 832 с.
5. *Тихонов В. И.* Выбросы случайных процессов.— М. : Наука, 1970.— 392 с.
6. *Ли У.* Теория подвижных систем связи.— М. : Радио и связь, 1985.— 392 с.
7. *Маковеева М. М., Шеников Ю. С.* Системы связи с подвижными объектами.— М. : Радио и связь, 2002.— 440 с.

Воронежский государственный ун-т.

Поступила в редакцию 23.04.04.