

Секция IV ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРИЕМА ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА В УСЛОВИЯХ СИЛЬНЫХ ПОМЕХ

В. Н. Гарбуз, И. А. Воронецкий

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Храбров

В современной технике цифровой связи большой интерес представляет проблема повышения надежности приема в условиях сильных шумов (когда соотношение мощностей сигнала и шума в канале равно единице или меньше). Решение такой проблемы для телекоммуникационной системы либо повысить дальность радиосвязи, либо, при сохранении исходной дальности, снизить мощность передатчиков.

Наиболее эффективным методом приема псевдослучайного сигнала при соотношениях сигнал-шум около единицы является корреляционный метод [1]. Значительно повысить возможности корреляционного декодирования возможно при применении квантования принимаемого сигнала с частотой в r раз больше, чем частота следования символа псевдослучайной последовательности. Оценим верхнюю границу повышения надежности такого способа приема. Так как срабатывание схемы происходит при срабатывании любого или нескольких из r корреляторов, то вероятность несрабатывания схемы равна совокупной вероятности несрабатывания всех r корреляторов:

$$p_n(r) = p_n^r, \quad (1)$$

где p_n – вероятность несрабатывания одного коррелятора.

Вероятность ложного срабатывания такого приемника, с учетом рассмотренного выше принципа, определяется совокупной вероятностью ложного срабатывания всех r корреляторов:

$$p_l(r) = \sum_{i=1}^r C_r^i \cdot p_l^i \cdot (1 - p_l)^{r-i}. \quad (2)$$

Однако данные оценки параметров рассматриваемого декодера справедливы только для верхней границы параметров надежности декодирующего устройства. Совокупная вероятность неприема для рассмотренного способа с учетом (1) в зависимости от количества отсчетов сигнала r и разности фаз между началом псевдослучайного сигнала и сигналом стробирования ϕ :

$$p_n(r, \phi) = \prod_{i=1}^r \sum_{j=n-k-1}^n C_n^j \cdot p_T(r, i, \phi)^j \cdot (1 - p_T(r, i, \phi))^{n-j}. \quad (3)$$

Для нахождения нижней границы вероятности неприема необходимо исследовать (3) на максимум в зависимости от значения φ при постоянном r . Результаты исследования представлены на рис. 1. При расчете принималось соотношение сигнал-шум на входе приемника – 0,7; количество символов передаваемого псевдослучайного сигнала – $n = 127$, порог срабатывания корреляторов $k = 0,795$. Для приведения графиков к сопоставимому и наглядному виду ординаты значений вероятностей ложного срабатывания умножены на 10^6 .

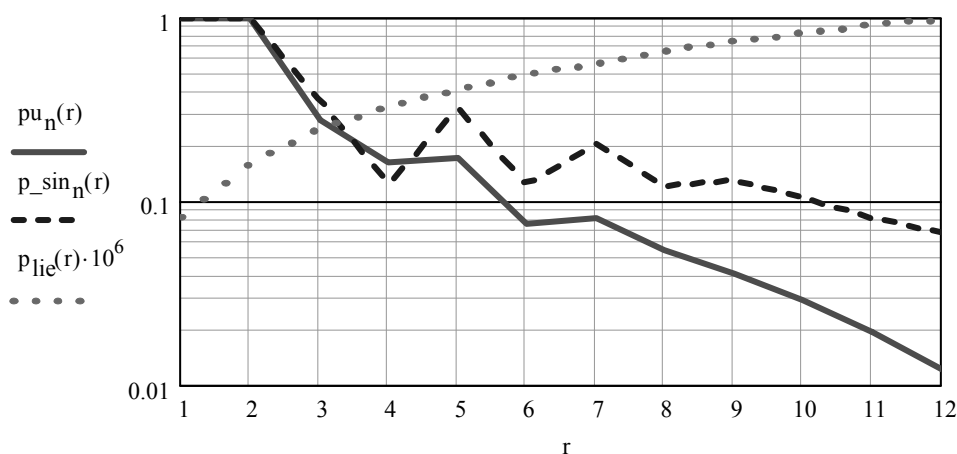


Рис. 1. График зависимости вероятностей неприема p_{u_n} и ложного срабатывания p_{lie} от количества отсчетов r на период следования псевдослучайного сигнала при использовании в качестве поднесущей предлагаемого сигнала

График показывает, что простое экстенсивное повышение числа r может не привести к ожидаемому росту надежности. Для повышения эффективности работы приемника при r , равных 6 и 8, предлагается использовать в качестве поднесущей фазоманипулированного сигнала сигнал специальной формы (4). Этот сигнал отличается тем, что к синусоиде, обычно используемой в качестве поднесущей, прибавляется третья гармоника с небольшой амплитудой (значение a до 0,11 от амплитуды первой гармоники):

$$S_U(t) = (1 + a)(\sin(2\pi f_c t) + a \cdot \sin(3 \cdot 2\pi f_c t)). \quad (4)$$

Такое преобразование поднесущей сигнала не оказывает значительных изменений на спектральные характеристики передаваемого фазоманипулированного сигнала. Однако оно позволяет повысить надежность приема. Как и в предыдущем случае для нахождения верхней границы этой вероятности прибегнем к исследованию (4) на максимумы в зависимости от φ . Так как вероятность ложного срабатывания не зависит от формы сигнала, а только от r , то для ее расчетов верно выражение (2).

Для сравнения приведен график вероятности неприема при передаче с помощью обычного синусоидального сигнала p_{\sin_n} .

Применение увеличенного количества отсчетов на период фазоманипулированного сигнала позволяет повысить надежность приема и при этом вероятность ложного срабатывания схемы повышается незначительно. В рассмотренном случае вероятность неприема при числе отсчетов на период фазоманипулированного сигнала $r = 8$ и соотношении сигнал-шум $x = 0,7$ уменьшилась с 0,3512 (из 100 переданных сигнала-

лов будет не принято 35) до 0,1209. При этом вероятность ложного срабатывания возрастает мало: с $8,028 \times 10^{-8}$ до $6,422 \times 10^{-7}$.

Применение сигнала специальной формы позволяет повысить эффективность декодирования фазоманипулированного сигнала при числах r , равных 6 и 8 и более. Форма сигнала в данном случае должна быть такова, чтобы его спектр хорошо согласовывался с полосой пропускания радиостанции. Применение предложенного сигнала позволило снизить вероятность неприема с 0,1209 уже до 0,054 при значении $r = 8$. Как видно из расчета, использование сигнала специальной формы позволило повысить надежность приема по сравнению с обычным синусоидальным сигналом в 2,24 раза.

Литература

1. Тепляков, И. М. Радиолинии космических систем передачи информации / И. М. Тепляков. – Москва : Совет. радио, 1975.
2. Тариков, Г. П. Повышение достоверности приема псевдослучайного пускового сигнала / Г. П. Тариков, Е. А. Храбров, В. Н. Гарбуз // Наукоемкие технологии. – № 8. – 2007. – Т. 8. – С. 36–42.