

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОГЕРЕНТНОГО ПРИЕМА  
ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ И ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ С НЕПРЕРЫВНОЙ ФАЗОЙ**

**EVOLUATION OF POSSIBILITY USING NONCOHERENT RECEPTION  
OF PHASE SHIFT KEYING AND CONTINUOUS PHASE FREQUENCY MODULATION**

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности использования некогерентного приема сигналов ФМ и ЧМ-НФ.

**Summary.** The article deals with the evaluation of possibility using noncoherent reception of phase shift keying and continuous phase frequency modulation.

Сигналы с фазовой модуляцией (ФМ) широко используются в системах передачи информации, поскольку они обеспечивают высокую помехоустойчивость при действии помех [1]. Для реализации помехоустойчивости необходимо использовать когерентный прием.

Однако в ряде случаев когерентный прием нежелателен, поскольку система синхронизации несущей имеет конечное время вхождения в синхронизм, и в режиме пакетной передачи сигналов необходимо увеличивать полосу фильтра системы синхронизации, что приводит к ухудшению помехоустойчивости из-за флуктуации фазы опорной несущей. Система восстановления несущей часто выходит из состояния синхронизма, что равносильно срыву связи. Поэтому целесообразно применять некогерентный прием. Однако переход к некогерентному приему приводит к дополнительным энергетическим потерям порядка 3 дБ. Одновременно с ФМ целесообразно использовать частотную модуляцию с непрерывной фазой ЧМ-НФ, которая обеспечивает постоянство огибающих сигнала и компактный спектр [2]. Представляет интерес оценить возможности компенсации потерь при использовании помехоустойчивого кодирования в канале с ФМ либо ЧМ-НФ с некогерентным приемом. По данным работы [5] такая компенсация имеет место. Настоящая статья посвящена обсуждению этого вопроса.

**Автокорреляционный демодулятор сигналов ФМ.** Наиболее простой некогерентный прием сигналов ФМ реализуется схемой автокорреляционного демодулятора (рис. 1).

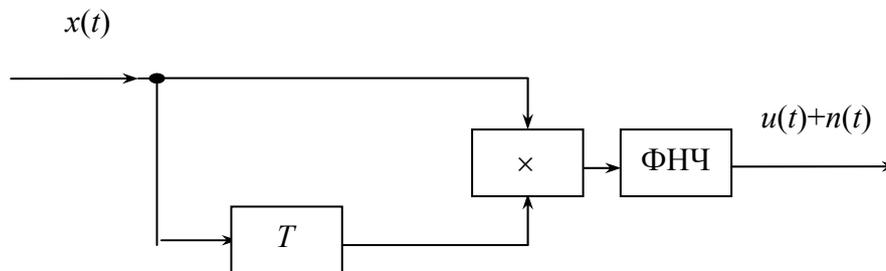


Рисунок 1 – Схема автокорреляционного демодулятора ФМ сигнала

Если  $x(t) = s(t) + n(t)$ ,

где  $s(t)$  – полезный сигнал,

$n(t)$  – аддитивный шум, то на выходе детектора автокорреляционного демодулятора получаем

$$u(t) = x(t)x(t - T) = s(t)s(t - T) + s(t)n(t - T) + n(t - T)n(t). \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что помеха на выходе демодулятора состоит из трех слагаемых, из них два первых зависят от сигнала, а последний есть квадрат помехи.

В работе [4] показано, что вероятность ошибки в системе со сверточным кодом и автокорреляционным демодулятором может быть оценена по формуле

$$P_0 \approx Q \left( \sqrt{d_{e.min}^2 \cdot \frac{E_b}{N_0}} \right) \text{ при } \frac{E_b}{N_0} \gg 1, \quad (2)$$

где  $Q$  – функция ошибок,

$E_b$  – энергия бита,

$N_0$  – спектральная плотность мощности шума,

$d_{e.min}^2$  – квадрат минимального расстояния по Евклиду кодированной ФМ.

**Помехоустойчивость некогерентного приема кодированной ЧМ-НФ и ФМ.** Оценим помехоустойчивость некогерентного приема кодированной ЧМ-НФ и ФМ. На рис. 2 показаны результаты расчетов вероятности ошибки декодирования, определенной по формуле (2), для сверточного кода (100,111) 8-ричное представление – по данным работы [4]. Оценка по формуле (2) хорошо совпадает с результатами моделирования. Целесообразность некогерентного приема сигналов 8-позиционной ФМ подтверждается результатами моделирования работы [5], (рис. 3).

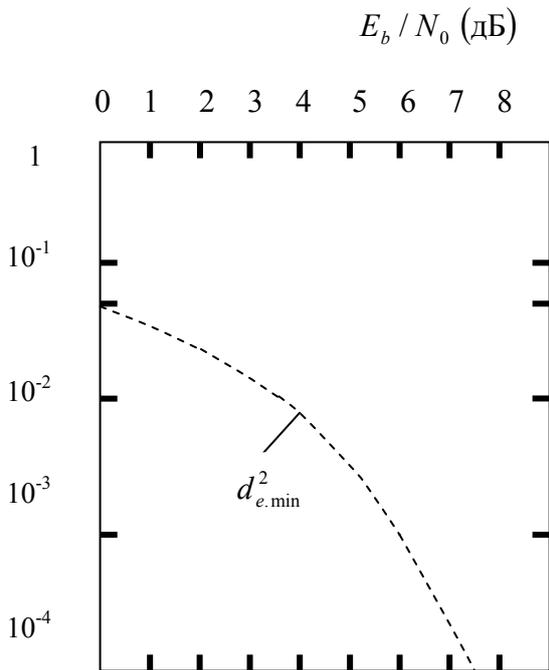


Рисунок 2 – Помехоустойчивость автокорреляционного приема сигналов кодированной ЧМ-НФ с кодом (100,111)

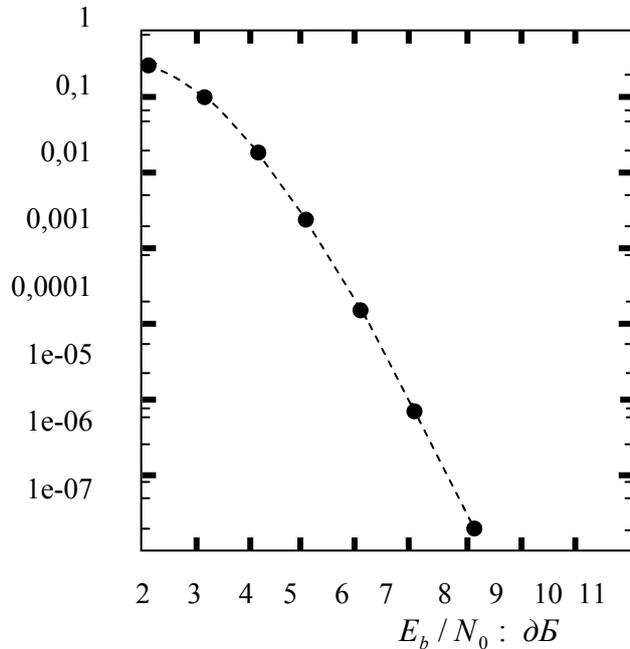


Рисунок 3 – Помехоустойчивость некогерентного приема сигналов кодированной ФМ-8 (по данным моделирования из работы [5])

Таким образом, статья заключается в том, что:

1. Высокая помехоустойчивость сигналов ФМ и ЧМ-НФ может быть реализована при когерентном приеме.
2. Приведение выше данные подтверждают возможность использования некогерентного приема сигналов ФМ и ЧМ-НФ. Применение сверточного кодирования позволяет компенсировать снижение помехоустойчивости за счет появления дополнительных помех на выходе автокорреляционного демодулятора.

**Література**

1. *Помехоустойчивость и эффективность системы передачи информации* / А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов, В. Л. Банкет, П. В. Иващенко; Под. Ред. А. Г. Зюко. – М.: Радио и Связь, 1985. – 272 с.
2. *Anderson J., Aulin T., Sundberg G.* – E. W.-Digital phase modulation. N.Y. – Plenum Press Publ. Comp. -1986.- 450 p.
3. *Блейхут Р.* Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
4. *Anderson S.T, Svensson A.B.* Noncoherent Detection of Convolutionally Encoded Continuous Phase Modulation // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – Vol.2, – No 8. December, 1989. – P. 1402 – 1413.
5. *Ruey-Yi Wei, Mao-Chao Lin.* Noncoherent-Coded Modulation Constructed from Conventional Trellis-Coded Modulation // IEEE Communications Letters. – Vol.2, – No. 9, September,1998. – P. 260-262.