

**Влияние нестабильностей модуляторов цифровых сигналов на
вероятностные характеристики при их приеме**

Назаров Л.Е., Кулиев М.В.

ФИРЭ им.В.А.Котельникова РАН

ВВЕДЕНИЕ

Искажающие факторы при распространении сигналов:

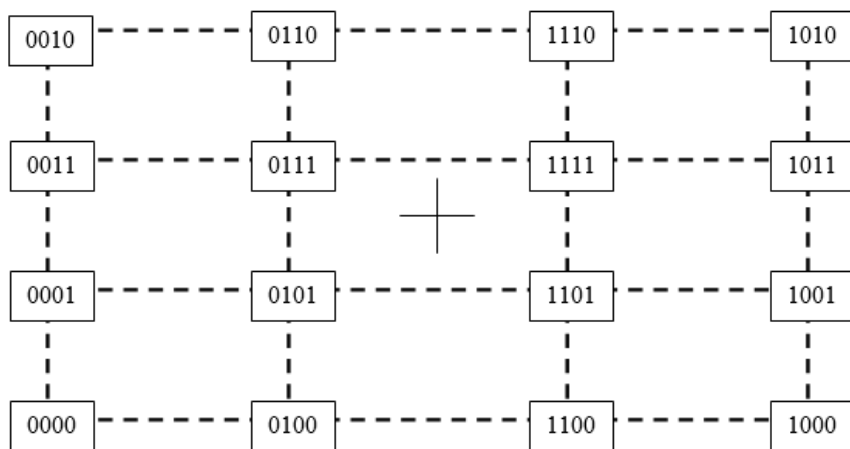
- наличие аддитивного шума (АБГШ);
- многолучевость;
- нестационарность линий передачи;
- снижение мощности сигналов за счет их пространственного распространения;
- нелинейность передающего устройства;
- влияние атмосферы (ионосфера - замирания сигналов)
- погрешности синхронизации (фазовая, тактовая):
- **фазовые шумы за счет кратковременной нестабильности генераторов в составе модуляторов цифровых сигналов**

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Параметр информационных систем – вероятностные характеристики P_0

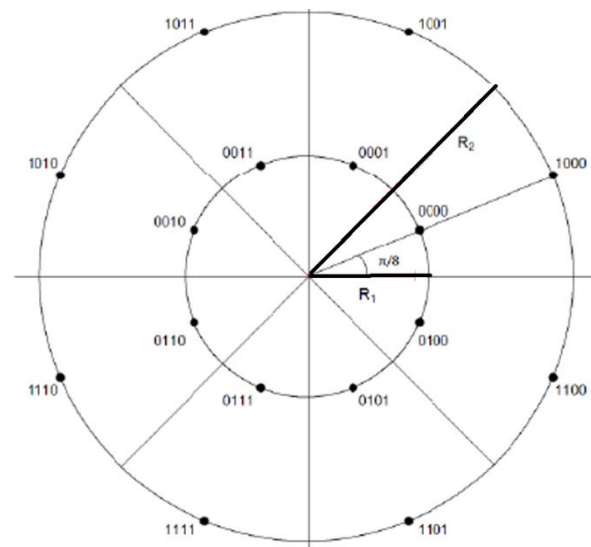
Параметр цифровых сигналов - частотная эффективность $k = \log_2 M$ (бит/сек/Гц)

ЧАСТОТНО-ЭФФЕКТИВНЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ



«Созвездие» КАМ-16 сигналов

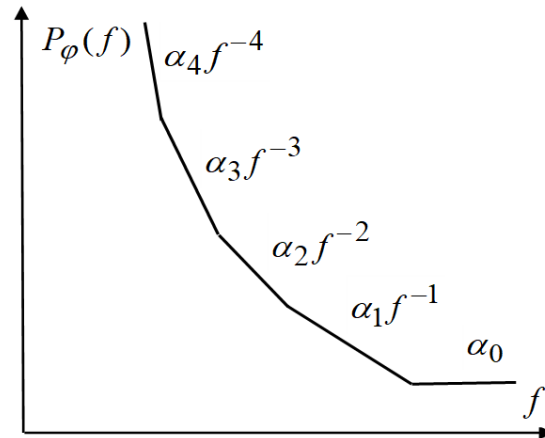
$$P_0 = \frac{1 - (1 - P)^2}{\log_2 M} \quad P = \frac{2(L-1)}{L} Q \left(\sqrt{\frac{3}{L^2 - 1}} \frac{E_{\text{ср}}}{N_0} \right) \quad L = 2^{k/2}$$



«Созвездие» АФМ-16 сигналов

МОДЕЛЬ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

Основная характеристика фазовых шумов - спектральная плотность мощности $P_{\phi}(f)$



$$P_{\phi}(f) = \sum_{i=0}^4 \frac{\alpha_i}{f^i}$$

α_0 белый шум

α_1 фликкер-шум

α_2 белая ЧМ

α_3 фликкер-ЧМ

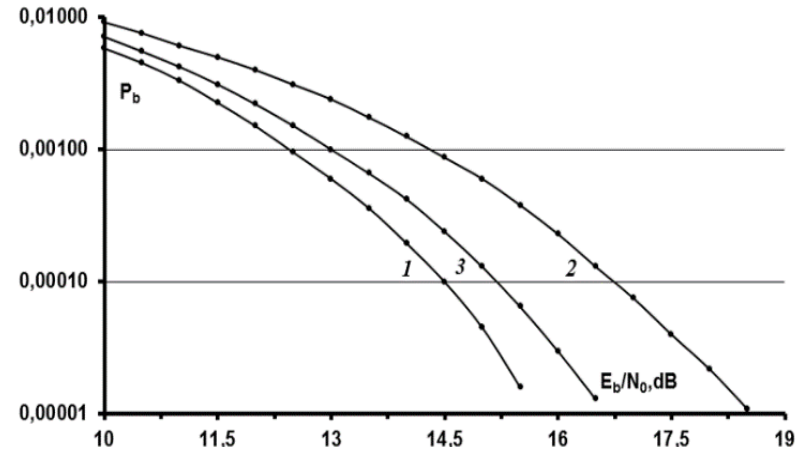
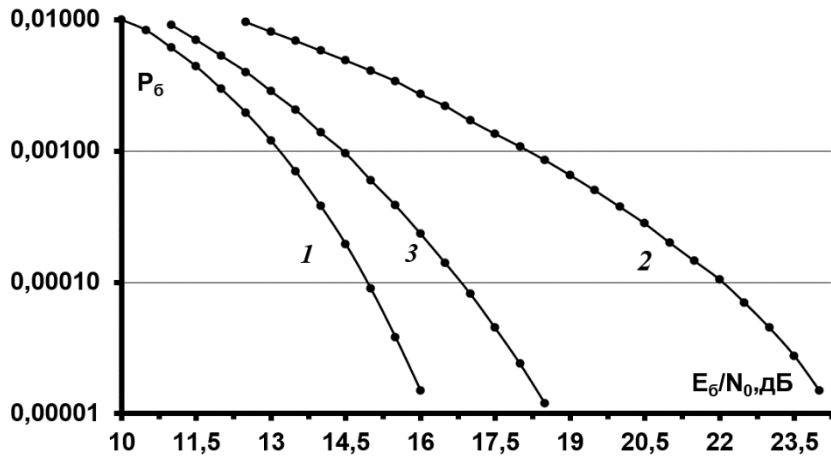
α_4 случайная ЧМ

Энергетические потери при приеме цифровых сигналов
при наличии АБГШ и фазовых шумов

$$D = 1 + \frac{E_{cp}}{N_0} \frac{\pi^2}{3} \sigma_{\phi}^2$$

Meyr M., Moeneclaey M. and Fechtel S.A. Digital communication Receivers. 1998.

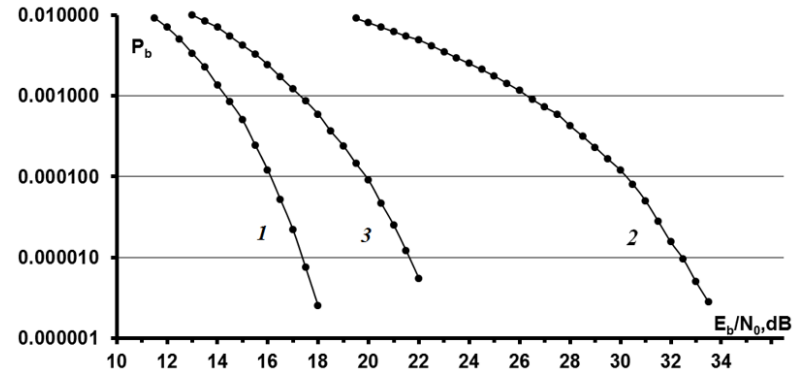
Результаты оценивания



Вероятностные характеристики для КАМ-16, АФМ-16, ФМ-16 сигналов: 1 - оптимальный прием;

2 - $\sigma_{\phi}^2 = 0.01$

3 - $\sigma_{\phi}^2 = 0.0033$



Значения энергетических потерь D

Тип-сигналов	$D \cdot \text{дБ} \parallel$ $\sigma_{\phi}^2 = 0.0033 \text{ рад}^2$		$D \cdot \text{дБ} \parallel$ $\sigma_{\phi}^2 = 0.01 \text{ рад}^2$	
	Моделирование	Теория	Моделирование	Теория
ФМ-16	6.0	5.4	15.3	9.2
КАМ-16	2.5	4.3	8.0	7.9
АФМ-16	1.5	4.1	3.0	7.5

ВЫВОДЫ

- 1. Сигналы с многопозиционной фазовой манипуляцией ФМ-16 наиболее подвержены искажающему влиянию фазового шума – потери достигают 15 дБ.**
- 2. Сигналы АФМ-16 обеспечивают наибольшую помехоустойчивость при наличии фазовых шумов – потери не превышают 3 дБ.**
- 3. Теоретические значения энергетических потерь для рассматриваемых сигналов представляют достаточно приближенные оценки по отношению к результатам моделирования.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!