Исследование влияния негауссовских помех на радиотехническую систему при применении кода Баркера

Е.И. Кротова

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль
150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14, Факс: 8-4852- 25-57-87, E-mail: ken@uniyar.ac.ru

Целью данного исследования является моделирование методики исследования радиотехнической системы с кодированием информации на основе идентификации видов законов распределения сигналов и помех.

The purpose of the given research is modelling a technique of research of radio engineering system with coding the information on the basis of identification of kinds of laws of distribution of signals and handicapes.

Повышение базы в ШПС достигается путем дополнительной модуляции (или манипуляции) по частоте или фазе на времени длительности сигнала. В результате, спектр сигнала F (при сохранении его длительности T) существенно расширяется. Дополнительная внутрисигнальная модуляция по амплитуде используется редко.

В системах связи с шумоподобными сигналами (ШПС) ширина спектра излучаемого сигнала F всегда много больше ширины спектра информационного сообщения. ШПС получили применение в широкополосных системах связи (ШПСС).

Помехоустойчивость определяется широко известным соотношением, связывающим отношение сигнал-помеха на выходе приемника q^2 с отношением сигнал-помеха на входе приемника ρ^2: как известно для ШПС справедливо выражение

$$q^2=2B\rho^2 \tag{1}$$

где $\rho^2 = P_c/P_п$ (P_c , $P_п$ - мощности ШПС и помехи);

$q^2=2E/ N_п$,

E - энергия ШПС,

$N_п$ - спектральная плотность мощности помехи в полосе ШПС.

Соответственно $E = P_cT$, а

$$N_п = P_п /F;$$

B - база ШПС.

В ШПСС прием информации характеризуется отношением сигнал помеха

$$h^2= B\rho^2 \tag{2}$$

Соотношения (1), (2) являются фундаментальными в теории систем связи с ШПС. Они получены для помехи в виде белого шума с равномерной спектральной плотностью мощности в пределах полосы частот, ширина которой равна ширине спектра ШПС. Вместе с тем эти соотношения справедливы для широкого круга помех (узкополосных, импульсных, структурных), что и определяет их фундаментальное значение.

Приведенные соотношения строго справедливы для помехи в виде гауссовского случайного процесса с равномерной спектральной плотностью мощности («белый» шум).

В качестве внутрисигнальной модуляции часто используют угловую манипуляцию, которая осуществляется последовательностью импульсных сигналов.

Кодовая последовательность сигнала Баркера состоит из символов ±1 и характеризуется нормированной АКФ вида:

$$B(\tau)=\begin{cases}1 \quad \text{для } \tau=0,\\ 0 \quad \text{для } \tau=2l+1,\\ \pm 1/N \quad \text{для } \tau=2l,\end{cases} \qquad (3)$$

где l = 0, 1, ... (N-1)/2.

Знак в последней строчке зависит от величины N. На рис. 1 показана АКФ семизначного кода Баркера.

Из (3) следует, что одна из особенностей сигнала Баркера - равенство амплитуд всех (N-1) боковых максимумов АКФ, и все они имеют минимально возможный уровень, не превышающий 1/N. В таблице 1 приведены известные кодовые последовательности Баркера и уровни боковых типов АКФ.

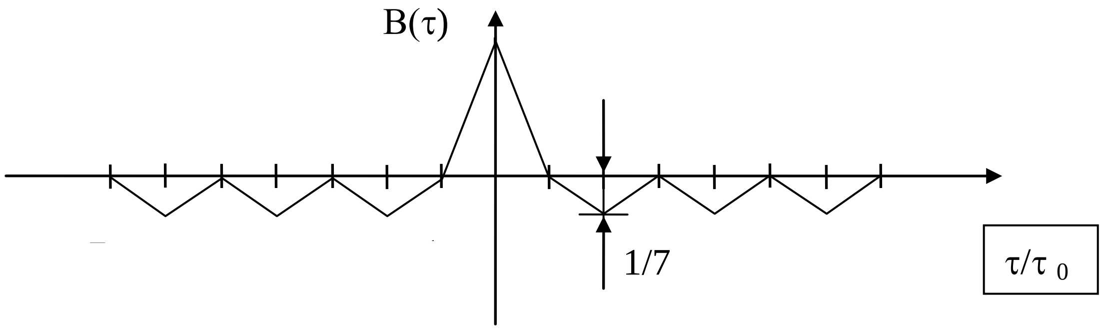

Рис. 1. АКФ семизначного кода Баркера

Таблица 1

Код	Кодовая последовательность	Уровень боковых лепестков
3	1 1 -1	-1/3
4	1 1 -1 1	1/4
5	1 1 1 -1 1	1/5
7	1 1 1 -1 -1 1 –1	-1/7
11	1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1	-1/11
13	1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1	1/13

При воздействии помехи на сигнал вид распределения плотности вероятности массива значений смеси сигнала и помехи будет изменяться в зависимости от соотношения их мощностей.

Закон распределения суммы независимых случайных величин $p(x)=p(x_1+x_2)$ имеющих распределения $p(x_1)$ и $p(x_2)$, называется *композицией* и выражается интегралом свертки

$$p(x)=\int_{-\infty}^{\infty} p_1(z)p_2(x-z)dz \quad . \qquad (4)$$

К сожалению, в реальных системах, главным фактором, который может затруднить идентификацию формы распределения экспериментальных данных является относительно малая выборка и её случайность (т.е. неповторимость от выборки к выборке появления различных значений случайной величины). Поэтому все усилия должны быть направлены на то, чтобы определить форму распределения генеральной совокупности, имея из неё малую случайную выборку.

Предложенный в [2] алгоритм идентификации вида распределения случайного процесса, применим к малой выборке, его легко можно реализовать на практике по выборочным значениям наблюдаемого процесса. Идентификация осуществляется по параметру Z.

$$Z = \frac{k_э}{\chi} + 4s, \quad (5)$$

где χ - контрэксцесс,

$k_э$ - энтропийный коэффициент,

s- коэффициент ассиметрии.

Отличие исследуемого распределения от теоретического для данного закона распределения и заданного объёма выборки характеризуется величиной абсолютного значения отклонения отношений $|\ d_i(Z)\ |$. Оно вычисляется как модуль разности:

$$|\ Z_{эт} - Z\ | = d_i(Z), \quad (6)$$

где $Z_{эт}$ - параметр отношения для теоретического закона распределения,

Z - параметр исследуемого распределения.

Величина $d_i(Z)$ сравнивается с допустимым значением отклонения $d_{эi}(Z)$, результат сравнения является определяющим параметром, характеризующим тип распределения.

В модели (рис.2) предусмотрен блок подсчета ошибок при воздействии помех с различными законами распределения. Моделирование позволяет сравнить помехоустойчивые коды. Относительная вероятность ошибочного приёма вычисляется по формуле:

$$P_{ош} = N_{ош}/N_{общ} \cdot 100\% \quad (7)$$

Помехоустойчивость связана с вероятностью ошибки, сигнал с наименьшей вероятностью ошибки наиболее помехоустойчив.

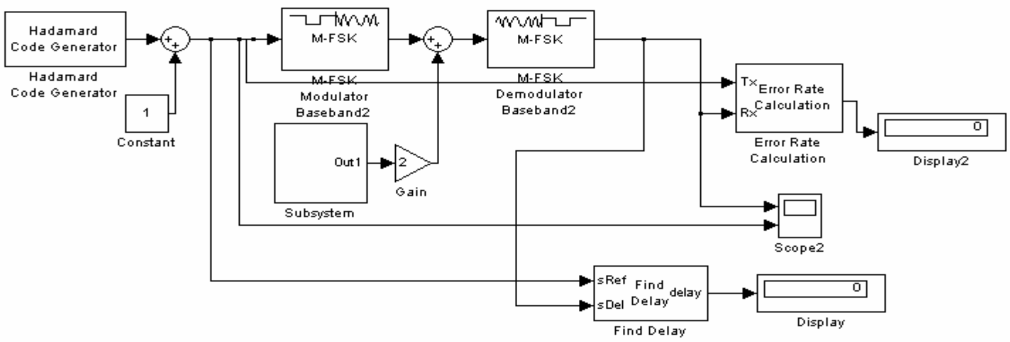

Рис.2. Имитационная модель системы связи с кодированием

В качестве параметра, характеризующего помеху используется дисперсия данной помехи, нормированная на 1Вт.

На рис. 3, 4, 5 представлены результаты моделирования влияния помех на закодированный различными кодами информационный сигнал.

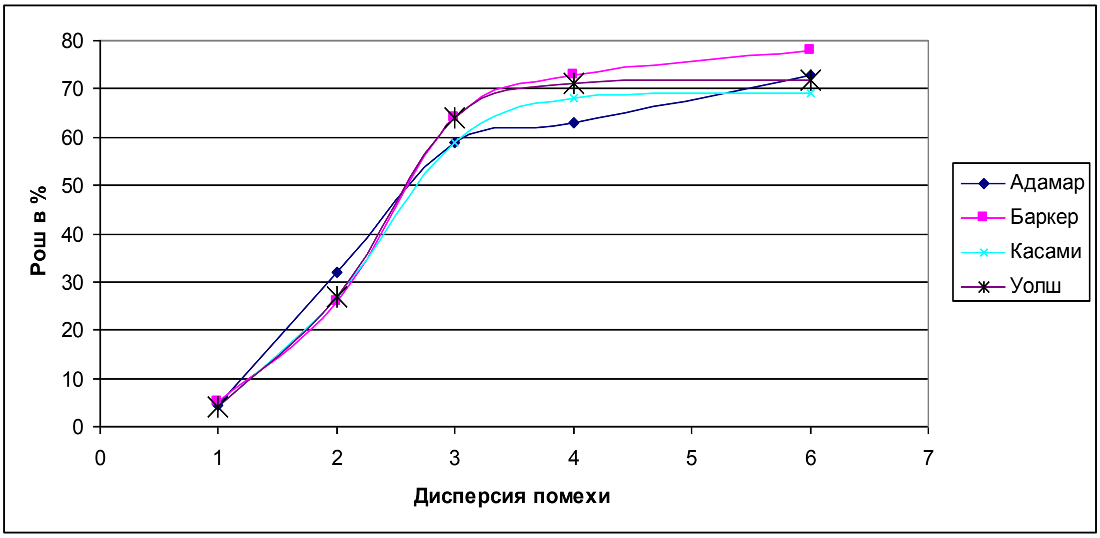

Рис.3. Зависимость вероятности ошибки для различных кодов от дисперсии лапласовской помехи.

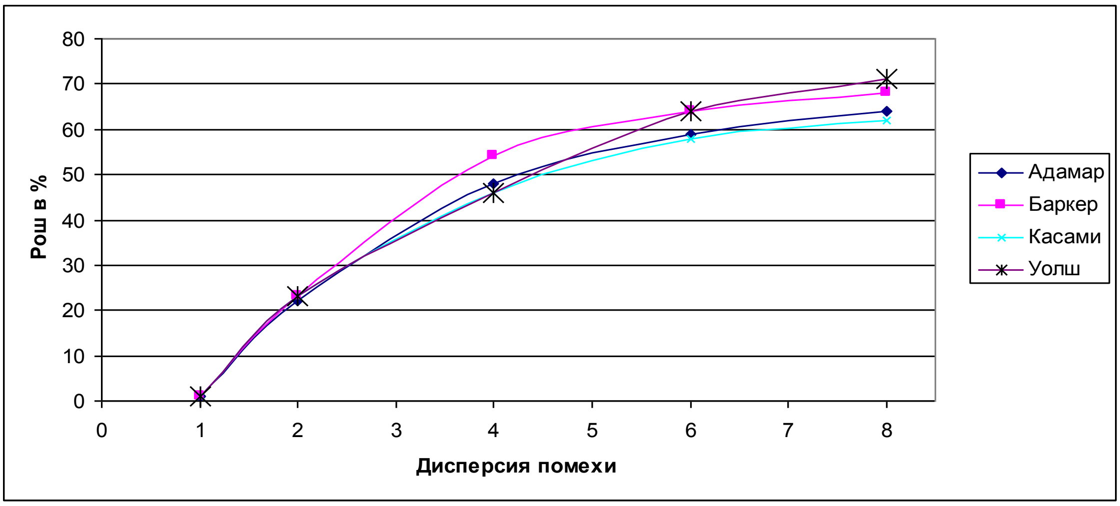

Рис.4. Зависимость вероятности ошибки для различных кодов от дисперсии релеевской помехи.

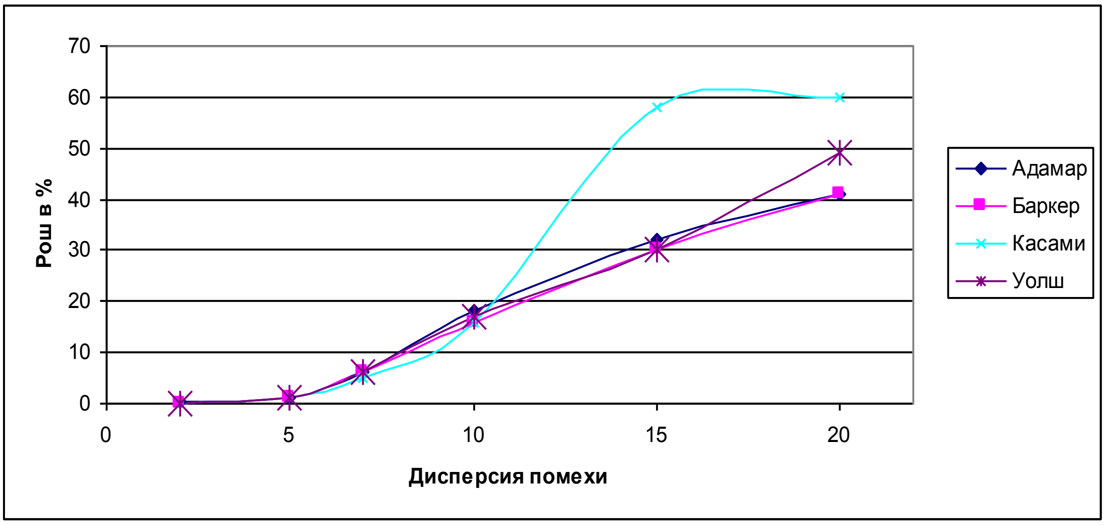

Рис.5. Зависимость вероятности ошибки для различных кодов от дисперсии арксинусной помехи.

Для лапласовской помехи со значением дисперсии равной 1, 2, 3, 4, 6 по оценке вероятности ошибочного приёма самым оптимальным является код, основанный на последовательности Касами. На уровне дисперсии больше 3 код Адамара обеспечивает наименьшую вероятность ошибки. При помехе распределённой по закону Релея с дисперсией равной 1, 2, 4, 6, 8 наименьшей вероятностью ошибки обладает кодовая последовательность Кассами. Арксинусная помеха при мощности 2, 5, 7, 10, 15, 20 оказывает наименьшее влияние на вероятность ошибочного приёма у кодовых последовательностей Адамара и Баркера. Проведенные исследования позволяют оценить помехоустойчивость кода Баркера для цифровой системы связи при воздействии помех, отличных от гауссова шума..

Литература

1. *Феер К.* Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. /Под ред. В.И. Журавлева.- М.: Радио и связь, 2000- 520 с.

2. *Кротова Е.И.* Исследование влияния негауссовских помех на систему передачи с кодированием. Материалы XI международной научно-практической конференции "Информационная безопасность -2010"-часть 1, Таганрог, 2010, С. 187-191.

3. *Кротова Е.И.* Метод оценки влияния аддитивных помех на входе приемника сигналов с помощью идентификации видов законов распределения. Вестник СибГАУ. Вып. 5 (31). 2010, С. 54-58.