

2. Дмитриева Е.О., Ашмарина С.И. Оценка эффективности внедрения информационных систем промышленных предприятий // Вестник СамГТУ. № 82, 2011. – С. 78-83.
3. Митрофанов Е.П. Методы оценки эффективности инновационных проектов информационно-коммуникационных технологий региона // Вестник ЧувашиГТУ. № 3, 2009. – С. 470-475.
4. Белых А.А. Основы методологии прогнозирования и оценки эффективности информационных систем // Политематический сетевой электронный научный журнал КубанГАУ. № 71, 2011. – С. 111-133.
5. Янченко Н.С. Применение системы сбалансированных показателей для оценки эффективности ИТ-проектов // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. № 4, 2008. – С. 86-95.
6. Бунова Е.В., Буслаева О.С. Оценка эффективности внедрения информационных систем // Вестник Астр.ГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. № 1, 2012. – С. 158-164.
7. Гончаренко А.Н. Теоретико-множественный анализ эффективности реализации ИТ-проектов горного предприятия на основе нечеткой логики // Научный вестник Московского ГГУ. № 3, 2011. – С. 10-16.
8. Кравченко Т.К. Оценка эффективности стратегических решений службы информационных технологии // Бизнес-информатика. № 4, 2011. – С. 16-23.
9. Кизилова Ю.С., Нехотина В.С., Сизов А.С. Когнитивное моделирование процесса оценки эффективности использования ИТ-услуг на промышленном предприятии // Известия Юго-Западного ГУ. № 3, 2011. – С. 76-82.
10. Логинов И.В. Планирование процессов обработки запросов в однородной вычислительной сети АСУП на основе функций полезности // Вестник РГРТУ. № 2 (выпуск 32). Рязань. 2010. – С. 105-109.
11. Лебеденко Е.В., Логинов И.В. Повышение своевременности подготовки управленческих решений в системах административного управления сетями связи // Телекоммуникации. №2, 2010. – С. 13-16.
12. Христенко Д.В. Методика группового экспертного опроса при выборе компонентов ИТ-инфраструктуры в процессе ее модернизации // ИКТ. Т.10, №2, 2012. – С. 99-103.

THE ESTIMATION OF EFFECTIVENESS ENTERPRISE MIS SYSTEM MODERNIZATION DIRECTION ON STAGE OF TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS

Loginov I.V.

The method of estimation of effectiveness enterprise MIS system modernization direction based on prognosis value of new state automated business-process for enterprise and integral estimation of system resource requirements on all lifecycle.

Keywords: estimation effectiveness, management, enterprise MIS, automating, effect.

Логинов Илья Валентинович, к.т.н., с.н.с. Академии ФСО России (г. Орел). Тел. (8-486) 254-97-11; 8-910-303-80-60. E-mail: liv@academ.msk.rsnnet.ru

ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.391.827.4

АНАЛИЗ РЕАЛЬНОЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ГРУППОВОГО ТРАКТА РАДИОСИСТЕМЫ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

Егоров С.Г.

Анализируются искажения группового сигнала в системе связи с кодовым разделением каналов и прямым расширением спектра (DS-CDMA), вызванные нелинейностью амплитудной характеристики видеотракта, при воздействии аддитивного гауссовского шума. Получены оценки вероятности битовой

ошибки при учете нелинейности группового тракта и аддитивного шума.

Ключевые слова: нелинейные искажения, нелинейное усиление, прямое кодовое разделение каналов DS-CDMA, групповые сложные сигналы

Введение

Принципы CDMA широко используются в современных системах фиксированного радиодоступа и мобильной связи. Групповой сигнал таких систем, представляющий собой сумму амплитудно-модулированных дискретных элементов (чипов), имеет большой пикфактор. При передаче по групповому тракту такой сигнал многократно подвергается усилению на передаче и на приеме, что приводит к появлению значительных искажений. Нелинейность амплитудной характеристики (АХ) тракта является важным фактором, ухудшающим реальную помехоустойчивость системы. Предметом статьи являются оценка влияния данного фактора на отношение «сигнал/шум» (СШ) в решающем устройстве и анализ вероятности битовой ошибки.

В [1] получены аналитические выражения для условных и безусловных функций распределения группового сигнала $y(x)$ радиосистемы абонентского доступа (РСД) на выходе нелинейного устройства (НУ), образованного суммой функций Уолша u и гауссовского шума ε (см. рис. 1). На основе этих выражений в настоящей работе определяется требуемое отношение СШ на входе решающего устройства для получения заданной вероятности ошибки.

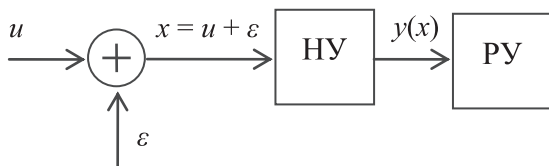


Рис. 1. Упрощенная модель группового тракта: НУ – нелинейное устройство, РУ – решающее устройство

Решение задачи

Исследуем влияние нелинейности АХ [2] группового тракта

$$y(x) = \frac{x}{\left[1 + \left(\frac{x}{s}\right)^{2p}\right]^{\frac{1}{2p}}},$$

где s – порог ограничения, p – целочисленный параметр, определяющий степень нелинейности АХ; на вероятность ошибки. Условные вероятности ошибок [1] при передаче чипов с амплитудами u_i равны

$$P_{\text{ош}}(u_i) = \int_{-\infty}^{u_i+1} W_y(y|u_i) dy + \int_{u_i+1}^{+\infty} W_y(y|u_i) dy, \quad (1)$$

где y – мгновенное значение амплитуды на выходе НУ, $u_i = -L, -L+2, \dots, L$ – амплитуда чипа, L – количество канальных переносчиков, $W_y(y|u_i)$ – условная функция распределения смеси сигнала и шума на выходе НУ.

На рис. 2 условные вероятности ошибки при $u_i = -15; -1; 15$ отображаются заштрихованными площадями.

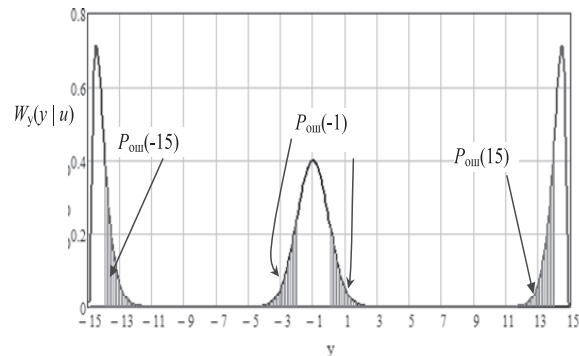


Рис. 2. Возможные значения группового видеосигнала Средняя по всем чипам вероятность ошибки

$$P_{\text{ош.чип}} = \sum_{i=1} P_{\text{ош}}(u_i) W_u(u_i),$$

где $W_u(u_i)$ – функция биномиального распределения сигнала на входе НУ. Для отыскания этой вероятности запишем условную интегральную функцию распределения смеси сигнала и помехи, найденную в [1]:

$$F_y(y|u_i) = \int_{-\infty}^{z(y)} \exp\left\{-\frac{(t-u_i)^2}{2\sigma^2}\right\} dt, \quad (2)$$

где $z(y) = 1 - \left(\frac{y}{s}\right)^{2p}$, $y = u_i \pm 1$. Для проведения численных расчетов функцию (2) можно выразить через известный интеграл

$$F_y(y|u_i) = \frac{1}{2} - Q\left(\frac{u_i}{\sigma} - \frac{y}{\sigma \left[1 - \left(\frac{y}{s}\right)^{2p}\right]^{\frac{1}{2p}}}\right). \quad (3)$$

где $Q(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_v^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$ – интегральная

функция вероятности нормального распределения. Объединяя (1) и (2), получим

$$P_{\text{ош}}(u_i) = F_y(-s|u_i) - F_y(u_i-1|u_i).$$

Графики вероятности средней чиповой ошибки при $p = 1; 2; 10$ в зависимости от $CШ = 10 \log \left(\frac{E_c}{E_{ш}} \right)$, где $E_c = \sum_i u_i^2 W_u(u_i)$ – средняя мощность (дисперсия) сигнала, $E_{ш}$ – средняя мощность белого гауссовского шума на входе усилителя, представлены на рис. 3. Причем при значении коэффициента нелинейности $p = 10$ АХ усилителя практически совпадает с АХ идеального ограничителя.

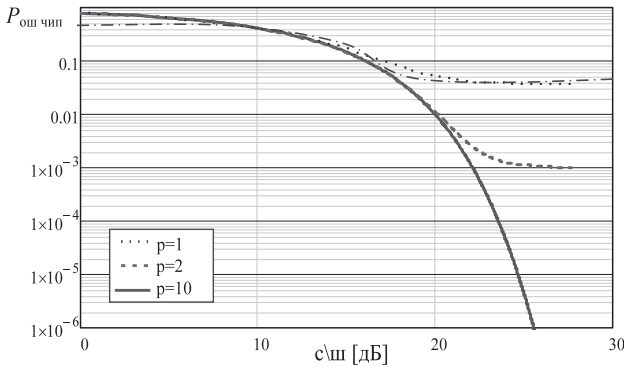


Рис. 3. Зависимость вероятности чиповой ошибки от отношения СШ

Для оценки вероятности битовой ошибки воспользуемся понятием массы искажений (МИ) [3]. Под МИ понимается изменение площади элемента группового сигнала – чипа, вызываемое искажениями любой части посылки. Эта универсальная характеристика учитывает суммарное действие всех видов искажений дискретного сигнала.

Допустим, что каждый чип входного сигнала представляет прямоугольный видеоимпульс, причем линейные (частотные) искажения в усилителе отсутствуют (или достаточно малы). В таком случае относительное изменение площади кодовой посылки равно относительному изменению ее амплитуды. Тогда законы распределения МИ и закон распределения изменений случайных амплитуд u чипов группового сигнала (см. рис. 3) совпадают.

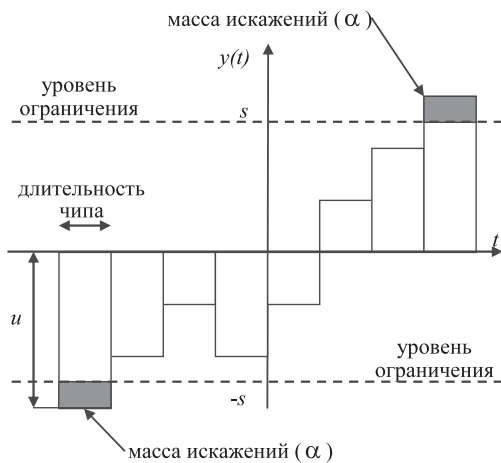


Рис. 4. Пояснение понятия массы искажений

Количественно МИ можно выразить как разность амплитуд исходного и искаженного чипов: $\alpha = u - y(x|u)$, вероятность значения в отдельном чипе, учитывая (2), есть

$$W_\alpha(\alpha) = W_y(u - \alpha) = \sum_i \delta(u - u_i) C_L^{\frac{L+u}{2}} q^{\frac{L+u}{2}} = \frac{1}{2^p \sqrt{z(u-\alpha)} z(u-\alpha) \sqrt{2\pi\sigma}} \times \exp \left\{ - \left[\frac{\left[\frac{u-\alpha}{2^p \sqrt{z(u-\alpha)} z(u-\alpha) \sqrt{2\pi\sigma}} - u \right]^2}{2\sigma^2} \right] \right\}.$$

График $W_\alpha(\alpha)$ при $p = 1$ представлен на рис. 5: видно, что МИ может быть как положительной, так и отрицательной. МИ на входе решающего устройства (РУ) в конце интервала ортогональности представляет собой сумму МИ отдельных чипов. Если считать, что амплитуды чипов в течение интервала ортогональности взаимно независимы, то плотность распределения массы искажения на входе РУ можно найти по формуле распределения суммы случайных величин [3].

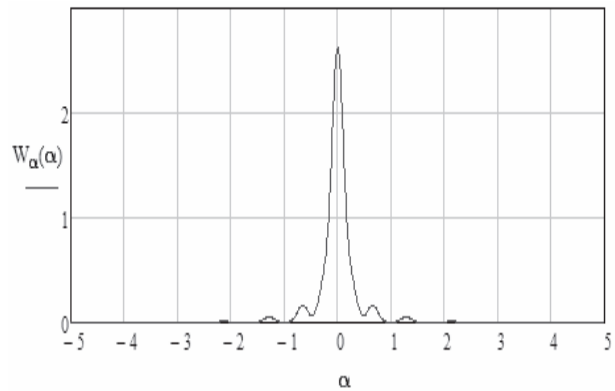


Рис. 5. Плотность распределения массы искажений

Итак, если полная масса искажений $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N$, где N – число чипов в интервале ортогональности (базис ортогональности), то полная МИ представляет собой сумму $N > L$ независимых случайных величин. Распределение полной МИ можно найти путем свертки распределений МИ отдельных чипов. Найти такую свертку аналитическим путем достаточно сложно, поэтому дискретизируем массу искажений. Дискретная масса искажений представляет собой набор квантованных значений $W_\alpha(\alpha)$, где $\alpha = -2L, -2L + 2 \dots 2L - 2, 2L$. Функция плотности суммы $L + 1$ чипов (см. рис. 5) представляет собой дискретные свертки.

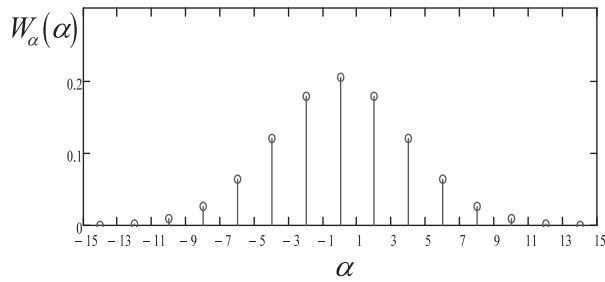


Рис. 6. Дискретная плотность распределения МИ, суммы $N = L + 1 = 16$ чипов

Тогда вероятность битовой ошибки $P_{\text{ош.бит}}$ – это вероятность того, что $\sum_{k=0}^N \alpha_k \geq N$:

$$P_{\text{ош.бит}} = P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k < -N\right\}q + P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k \geq N\right\}(1-q),$$

где q – вероятность появления информационного (модулирующего) символа «1» (предполагается, что эта вероятность одинакова в каждом из L каналов. При $q = 0,5$ плотность вероятности $W_\alpha(\alpha)$ будет симметричной и

$$\begin{aligned} P_{\text{ош.бит}} &= P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k < -N\right\}q + P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k > N\right\}(1-q) + \\ &+ P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k = N\right\}(1-q) = \\ &= P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k > N\right\} + P\left\{\sum_{k=0}^N \alpha_k = N\right\}(1-q). \end{aligned}$$

Графики вероятности битовой ошибки для $s = 1, p = 1; 2; 10, N = 16$ представлены на рис. 7.

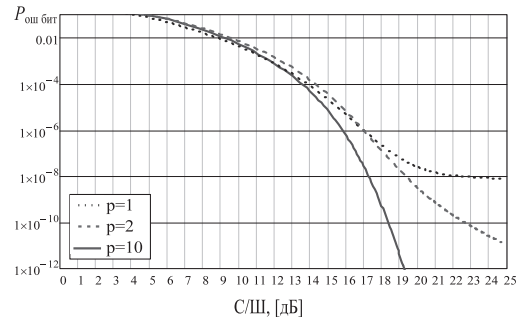


Рис. 7. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения СШ

Заключение

Предложенная методика расчета и полученные с ее помощью графики позволяют более точно рассчитать требуемое отношение СШ на входе приемника при использовании нелинейных устройств в групповом или канальном тракте. Полученные результаты могут быть полезны при разработке систем связи с кодовым разделением каналов.

Литература

1. Гуревич В.Э., Егоров С.Г. Нелинейные искажения группового сигнала в радиосистеме абонентского доступа // ИКТ. Т.10, №3, 2012. – С.15-18.
2. Rapp C. Effects of HPA-Nonlinearity on a 4-DPSK/OFDM-Signal for a Digital Sound Broadcasting System // Proceedings of the Second European Conference on Satellite Communications. Liege, Belgium, Oct. 22-24, 1991. – P. 179-184.
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
4. Сахарчук С.И. О плотности вероятности массы искажений // Труды учебных институтов связи. Вып. 68. Изд. ЛЭИС, 1974. – С. 186-192.

ERROR RATE ANALYSIS OF MULTIPLEXED SIGNAL IN IMPERFECT WIRELESS LOCAL SYSTEM

Egorov S.G.

The paper deals with the problem of analyzing the nonlinear distortions caused by the high power amplifier (or other nonlinear devices) and additive gaussian noise in direct-sequence code-division multiple access (DS-CDMA) systems. The results of analysis are presented in the form of bit error rate vs signal-to-noise ratio and chip error rate vs signal-to-noise ratio characteristics.

Keywords: nonlinear distortions, nonlinear amplifier, DS-CDMA, spread spectrum signals, symbol error rate.

Егоров Станислав Геннадьевич аспирант Кафедры «Радиотехнические системы» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича. Тел. (8-812) 315-87-29; 252-71-02. E-mail: sgegorov@gmail.com