

К. П. Сторчак, В. В. Вишневский, Н. П. Гниденко, О. О. Ильин, Г. И. Гайдур

МОДЕЛЬ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІОННОГО ПРОСТРАНСТВА УПРАВЛІННЯ УЧЕБНИМ ПРОЦЕСОМ

Описан способ иерархической структуризации информационного пространства образовательного процесса с применением CALS-технологий. Показано, что для повышения эффективности информационной поддержки задач управления образовательным процессом на различных уровнях иерархии необходимо структурировать общее информационное пространство в соответствии со стадиями его жизненного цикла.

Ключевые слова: общее информационное пространство; жизненный цикл информационного объекта; учебный процесс; CALS.

K. P. Storchak, O. O. Ilin, V. V. Vyshnivskiy, M. P. Hnidenko, G. I. Gaydur

THE MODEL OF SINGLE INFORMATION SPACE OF EDUCATIONAL PROCESS MANAGEMENT

The method for the hierarchical structuring of information space of the educational process with the use of CALS-technologies has been considered. It is shown that to improve the efficiency of information support of the educational process control tasks at different levels of the hierarchy need to structure a common information space in accordance with the stages of its life cycle.

Keywords: information space; the life cycle of a data object; the learning process; CALS.

УДК 621.396.21

А. І. СЕМЕНКО, доктор техн. наук, професор;

Н. І. БОКЛА, канд. техн. наук;

К. О. ДОМРАЧЕВА, аспірантка;

Є. О. ШЕСТОПАЛ, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Аналіз впливу виду маніпуляції сигналу на енергетику радіолінії

Здійснено аналіз завадозахищеності телекомунікаційних систем із різними видами маніпуляції сигналу, такими як АМ-2, ФМ-2 і ЧМ-2, а також із багатопозиційною фазовою та частотною модуляцією. Для оцінювання залежності потужності передавача від виду маніпуляції введено інтегральний коефіцієнт енергетичної ефективності радіолінії, який пов'язує практичну ширину спектра та відношення сигнал/шум, достатнє для забезпечення припустимого значення помилки. Показано, що найкраща енергетика радіолінії (мінімальне значення коефіцієнта енергетичної ефективності) досягається при маніпуляції сигналу ФМ-4.

Ключові слова: маніпуляція сигналу; завадозахищеність; практична ширина спектра; відношення сигнал/шум; коефіцієнт енергетичної ефективності.

Вступ

Головна мета розрахунку радіолінії зв'язку полягає у визначенні мінімальної потужності передавача, достатньої для забезпечення прийнятної помилки приймання сигналу та мінімального впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людей, що перебувають у зоні роботи передавача, мінімальних завад сусіднім радіоелектронним пристроям та максимального терміну роботи системи при живленні її від акумуляторної батареї.

Для розрахунку потужності P передавача скористаємось формулою [1]

$$P = \frac{16\pi^2 R^2 k T \Delta F \gamma L}{\lambda^2 G_1 G_2}, \quad (1)$$

де R — протяжність лінії зв'язку; k — стала Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/(Гц · К); T — приведена до опромінювача антени ефективна шумова температура приймальної системи; ΔF — смуга пропускання приймального тракту; γ — відношення сигнал/шум на вході приймача; L — загасання сигналу в лінії зв'язку; λ — довжина хвилі; G_1 , G_2 — коефіцієнт підсилення антени відповідно передавача та приймача.

Основна частина

Визначення залежності потужності передавача від виду маніпуляції сигналу

При проектуванні радіолінії зв'язку важливо передусім обрати вид маніпуляції сигналу, що забезпечить найкращу енергетику радіолінії.

Як відомо, практична ширина ΔF спектра маніпульованого сигналу при швидкості C маніпуляції визначається формулами, наведеними в табл. 1 [2].

© А. І. Семенко, Н. І. Бокла, К. О. Домрачева, Є. О. Шестопап, 2017

Таблиця 1

Залежність ширини ΔF спектра від швидкості C маніпуляції

Вид маніпуляції	Ширина спектра ΔF	Номер формули
АМ-2 і ФМ-2	$\Delta F = C$	(2)
ЧМ-2 із мінімальним зсувом	$\Delta F = 1,5 C$	(3)
Багатопозиційна ФМ і КАМ	$\Delta F = C/\log_2 M$	(4)
Багатопозиційна ЧМ	$\Delta F = MC/\log_2 M$	(5)

Імовірність помилки приймання сигналу визначається інтегралом Гаусса згідно з формулами, наведеними в табл. 2 [3].

Таблиця 2

Імовірність P_b помилки приймання сигналу

Вид модуляції	Формула для визначення P_b	Номер формули
Фазова (когерентне детектування)	$P_b = Q\left(\sqrt{2E_b/N_0}\right)$	(6)
Багатофазова при $M > 2$	$P_b = 2Q\left(\frac{\sqrt{\frac{2E_s}{N_0}} \sin \pi}{M}\right),$ $E_s = E_b(\log_2 M)$	(7)
Ортогональна частотна (некогерентне детектування)	$P_b = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{E_b}{N_0}\right)$	(8)
Ортогональна багаточастотна (некогерентне детектування) при $M > 2$	$P_b = \frac{1}{M} \exp(-E_s/N_0) \sum_{j=2}^M (-1)^j C_j^M \exp(E_s/jN_0),$ $C_j^M = \frac{M!}{j!(M-j)!}$	(9)
Квадратурна амплітудна маніпуляція КАМ	$P_b \leq 1 - \left[1 - 2Q\sqrt{(3E_{cp})}/((M-1)N_0)\right]^2 \leq 4Q\sqrt{(3kE_{bcp})}/((M-1)N_0),$ $E_{cp} = \frac{1}{6}(M^2 - 1)d^2 E_b$	(10)

Графіки залежності ймовірності помилки приймання сигналу від відношення сигнал/шум, розраховані для різних вузлів маніпуляції, наведено на рис. 1.

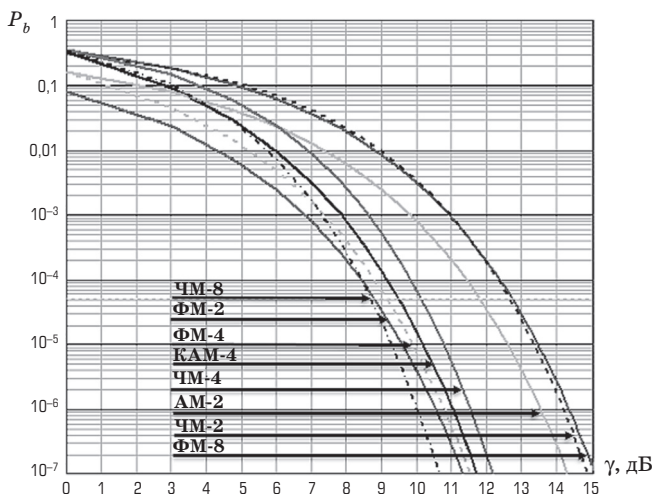


Рис. 1. Графіки залежності ймовірності помилки приймання сигналу від відношення γ сигнал/шум

Як випливає з формули (1), потужність передавача значною мірою визначається шириною спектра сигналу та відношенням сигнал/шум для даного виду маніпуляції сигналу.

Для аналізу залежності потужності передавача від ширини ΔF спектра маніпульованого сигналу в разі даного виду маніпуляції та значення відношення сигнал/шум, яке забезпечує прийнятну помилку приймання сигналу, доцільно скористатись інтегральним коефіцієнтом S енергетичної ефективності радіолінії, узявши

$$S = \Delta F \gamma. \quad (11)$$

Результати відповідних розрахунків для різних видів маніпуляції наведено в табл. 3–6.

Таблиця 3

Результати розрахунку відношення γ сигнал/шум і коефіцієнта S енергетичної ефективності лінії зв'язку при частоті $P_b = 10^{-5}$ бітових помилок

№ з/п	Вид маніпуляції	ΔF	Відношення γ , дБ		S
1	АМ-2	C	12,598	18,189	18,189 C
2	ФМ-2	C	9,588	9,095	9,095 C
3	ФМ-4	0,5 C	9,893	9,756	4,878 C
4	ФМ-8	0,68 C	13,465	22,205	15,1 C
5	ЧМ-2	1,5 C	13,352	21,64	32,459 C
6	ЧМ-4	2 C	10,758	11,906	23,812 C
7	ЧМ-8	2,67 C	9,291	8,493	22,678 C
8	КАМ-4	0,5 C	10,178	10,419	5,209 C

Таблиця 4

Результати розрахунку відношення γ сигнал/шум і коефіцієнта S енергетичної ефективності лінії зв'язку при частоті $P_b = 10^{-6}$ бітових помилок

№ з/п	Вид маніпуляції	ΔF	Відношення γ , дБ		S
1	АМ-2	C	13,54	22,595	22,595 C
2	ФМ-2	C	10,53	11,298	11,298 C
3	ФМ-4	0,5 C	10,779	11,964	5,982 C
4	ФМ-8	0,68 C	14,351	26,245	18,518 C
5	ЧМ-2	1,5 C	14,19	21,64	39,367 C
6	ЧМ-4	2 C	11,528	14,215	28,431 C
7	ЧМ-8	2,67 C	10,016	10,037	26,8 C
8	КАМ-4	0,5 C	11,015	12,632	6,316 C

Таблиця 5

Результати розрахунку відношення γ сигнал/шум і коефіцієнта S енергетичної ефективності лінії зв'язку при частоті $P_b = 10^{-7}$ бітових помилок

№ з/п	Вид маніпуляції	ΔF	Відношення γ , дБ		S
1	АМ-2	C	14,319	27,033	27,033 C
2	ФМ-2	C	11,309	13,517	13,517 C
3	ФМ-4	0,5 C	11,519	14,187	7,093 C
4	ФМ-8	0,68 C	15,091	32,297	21,958 C
5	ЧМ-2	1,5 C	14,893	30,85	46,275 C
6	ЧМ-4	2 C	12,18	16,521	33,042 C
7	ЧМ-8	2,67 C	10,636	11,577	30,91 C
8	КАМ-4	0,5 C	11,72	14,858	7,429 C

Значення S для різних значень помилки наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Значення коефіцієнта S енергетичної ефективності лінії зв'язку при різних видах маніпуляції та різних значеннях частоти P_b бітових помилок

Вид маніпуляції	$S = \Delta F \gamma$						
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
АМ-2							
ФМ-2	0,821 C	2,706 C	4,775 C	6,916 C	9,095 C	11,298 C	13,517 C
ФМ-4	0,676 C	1,659 C	2,707 C	3,784 C	4,878 C	5,982 C	7,093 C
ФМ-8	2,094 C	5,135 C	8,379 C	11,714 C	15,1 C	18,518 C	21,958 C
АМ-2	1,642 C	5,412 C	9,55 C	13,831 C	18,189 C	22,595 C	27,033 C
ЧМ-2	4,828 C	11,736 C	18,644 C	25,552 C	32,459 C	39,367 C	46,275 C
ЧМ-4	4,847 C	9,774 C	14,513 C	19,179 C	23,812 C	28,431 C	33,042 C
ЧМ-8	5,424 C	10,017 C	14,33 C	18,53 C	22,678 C	26,8 C	30,91 C
КАМ-4	7,429 C	1,97 C	3,029 C	4,112 C	5,209 C	6,316 C	7,429 C

Порівняльну характеристику залежності коефіцієнта S від виду маніпуляції дає гістограма, зображена на рис. 2.

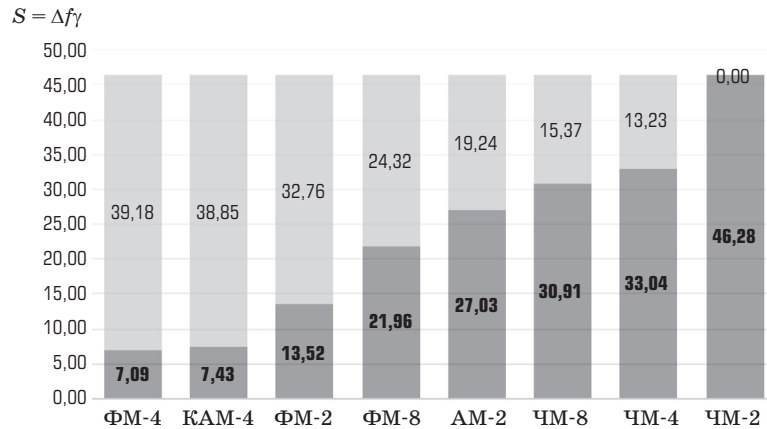


Рис. 2. Гістограма залежності коефіцієнта S від виду маніпуляції: виграш порівняно з ЧМ-2 (світла частина кожного стовпчика); фактичне значення (затемнена частина стовпчика)

Висновки

1. При передаванні сигналів найбільш ефективними видами модуляції є ФМ-4 та КАМ-4, які забезпечують найвищий коефіцієнт ефективності радіолінії.
2. У разі ЧМ-8 маємо найменше значення ймовірності помилок $P_b < 10^{-3}$.
3. При $P_b > 10^{-4}$ найменше значення відношення сигнал/шум забезпечує ФМ-2.

Список використаної літератури

1. *Справочник по спутниковой связи и вещанию* / Под ред. Л. Я. Кантора.— М.: Радио и связь, 1984.— 344 с.
2. *Столлингс, В. Беспроводные линии связи и сети* / В. Столлингс.— М., СПб., К.: Вильямс, 2003.— 639 с.
3. *Домрачева, К. О. Загальна порівняльна оцінка завадостійкості телекомунікаційних систем* / К. О. Домрачева.— *Наук. записки УНДІЗ*.— 2016.— № 3 (43).— С. 83–89.
4. *Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение* / Б. Скляр.— [Изд. 2-е, испр.: пер с англ.].— М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.— 1104 с.
5. *Сукачев, Э. А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: учеб. пособие* / Э. А. Сукачев.— [3-е изд., перераб. и доп.].— Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2013.— 256 с.
6. *Прокис, Дж. Цифровая связь* / Дж. Прокис.— М.: Радио и связь, 2000.— 800 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. Г. Сайко**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

А. И. Семенко, Н. И. Бокла, К. О. Домрачева, Е. О. Шестопап

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВИДА МАНИПУЛЯЦИИ СИГНАЛА НА ЭНЕРГЕТИКУ РАДИОЛИНИИ

Осуществлен анализ помехозащищенности телекоммуникационных систем с различными видами манипуляции сигнала, такими как АМ-2, ФМ-2, ЧМ-2, а также с многопозиционной амплитудной, фазовой и частотной модуляцией. Для оценки зависимости мощности передатчика от вида манипуляции введен интегральный коэффициент энергетической эффективности, связывающей практическую ширину спектра с отношением сигнал/шум, достаточным для обеспечения допустимого значения ошибки. Показано, что наилучшая энергетика достигается при манипуляции сигнала ФМ-4.

Ключевые слова: манипуляция сигнала; помехозащищенность; практическая ширина спектра; отношение сигнал/шум; коэффициент энергетической эффективности.

A. Semenko, N. Bokla, K. Domracheva, J. Shestopal

THE ANALYSIS OF SIGNAL MODULATION INFLUENCE ON ENERGY EFFICIENCY OF WIRELESS LINE

This paper presents the analysis of telecommunication system noise immunity with the different signal modulation: AM 2, FM-2, PM-2, as well as multipositioning FM and PM. To assess the transmitter power dependency on the type of modulation, an integral factor is introduced which connects practical width of the spectrum with required SNR for a given value of the error.

It has been shown that wireless line performs the best energy efficiency (a minimum value of energy efficiency) employing FM-4.

Keywords: signal modulation; noise immunity; practical spectrum width; the signal/noise ratio; energy efficiency factor.