

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТАЙМЕРНЫХ СИГНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ КОДОВОМ УПЛОТНЕНИИ КАНАЛА

Захарченко Н.В., Горохов С.М., Кочетков А.В., Горицкий В.М., Толкачев А.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
kmkakbn@gmail.com*

ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ ТАЙМЕРНИХ СИГНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ КОДОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ КАНАЛУ

Захарченко М.В., Горохов С.М., Кочетков О.В., Горицький В.М., Толкачев О.В.

*Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
kmkakbn@gmail.com*

INFORMATION PARAMETERS OF TIMER SIGNAL CONSTRUCTIONS IN CHANNEL CODE DIVISION

Zakharchenko N.V., Horokhov S.M., Kochetkov A.V., Horyts'kyu V.M., Tolkachev A.V.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa 65029, Ukraine.
kmkakbn@gmail.com*

Аннотация. В работе показано, что использование таймерного кодирования способствует решению основных задач обеспечения качества систем связи: повышения скорости передачи информации и сохранения высокой верности приема. Рассмотрены общие принципы построения систем передачи, методов разделения каналов, приведены параметры систем на базе позиционного и таймерного кодов. Оцениваются временные параметры кодовых слов позиционного и таймерного кодов: энтропия и информационная емкость найквистового элемента при кодовом уплотнении канала. Показано, что использование таймерных сигналов позволяет в системах цифровой связи значительно повысить скорость передачи информации по сравнению с позиционным кодированием за счет увеличения информационной емкости найквистового элемента.

Ключевые слова: таймерные сигнальные конструкции (ТСК), информационная емкость найквистового элемента, интервал реализаций, момент модуляции.

Анотація. В роботі показано, що використання таймерного кодування сприяє вирішенню основних завдань забезпечення якості систем зв'язку: підвищення швидкості передавання інформації і збереження високої вірності прийому. Розглянуто загальні принципи побудови систем передачі, методів поділу каналів, наведені параметри систем на базі позиційного і таймерного кодів. Оцінюються часові параметри кодових слів позиційного і таймерного кодів: ентропія й інформаційна ємність найквистового елемента при кодовому ущільненні каналу. Показано, що використання таймерних сигналів дозволяє у системах цифрового зв'язку значно підвищити швидкість передавання інформації порівняно з позиційним кодуванням за рахунок збільшення інформаційної ємності найквистового елемента.

Ключові слова: таймерні сигнальні конструкції (ТСК), інформаційна ємність найквистового елемента, інтервал реалізацій, момент модуляції.

Abstract. It is shown that the use of the timer coding contributes to solving the major tasks of quality of communication systems: enhancing communication and maintain high fidelity reception speed. The general principles of construction of transmission systems, channel separation methods, lists the parameters on the basis of positional and timers code. Estimated timing codeword position and the timer code: entropy and information capacity naykvist element in code channel seal. It is shown that the use of timers signals

allows digital communication systems data transmission rate to increase significantly compared with the position coding by increasing the information capacity naykvist element.

Key words: timer's signals designs (TSD), the information capacity naykvist element realizations the interval, moment modulation.

Уплотнение каналов (линий) связи заключается в том, что по ним осуществляется независимая передача сообщений от нескольких источников. При этом для каждой пары корреспондентов (источника и получателя информации) отводится индивидуальный канал, в результате этого вся система становится многоканальной.

В системах связи получили распространение системы, отличающиеся по четырем параметрам сигнала [1]: амплитуда; частота; фаза; время.

Метод амплитудного разделения каналов (АРК) предусматривает в качестве разделительного признака сигналов в индивидуальных каналах использование амплитуды.

Метод частотного разделения каналов (ЧРК) в качестве разделительного признака использует диапазон частот.

Метод фазового разделения каналов (ФРК) предусматривает в качестве разделительного признака использовать начальные фазы сигналов.

Метод временного разделения каналов (ВРК) предусматривает предоставление поочередно отдельным абонентам одного и того же канала.

Все указанные выше методы уплотнения каналов (линий) предусматривают две специальные системы:

1. Синхронизации, обеспечивающей поэлементную передачу – прием отдельных сигналов кодовых слов.

2. Циклового фазирования, обеспечивающей определение “конца” и “начала” каждого кодового слова.

В каждом из указанных методов разделения каналов передача отдельных цифр каждого кодового слова производится на основе позиционного кодирования с учетом количества различительных значений информационного параметра a канала.

Обычно система циклового фазирования рассчитанная на n элементов, что позволяет передавать a^n различных кодовых слов. Длительность сигнала в канале для отдельных цифр (t_0) не меньше интервала Найквиста [2] при базе сигнала $B = 1$

$$t_0 = \frac{1}{\Delta F}, \quad \Delta F = \frac{1}{t_0}, \quad B = t_0 \Delta F = 1, \quad (1)$$

где ΔF – полоса частот используемого канала.

Целью статьи является передача информации от двух источников с элементностью n -элементов каждого, где на интервале в n найквистовых элементов необходимо передать $a^n \times a^n = a^{2n}$ различных комбинаций, соблюдая условия (1).

Передачи Z-символьных ансамблей при позиционном кодировании. Учитывая, что при позиционном кодировании каждая цифра кодового слова передается сигналом длительностью элемента Найквиста (t_0), следовательно расстояние между моментами модуляции (ММ) обеспечивает минимальное энергетическое расстояние между кодовыми комбинациями (КК) не меньше энергии одного элемента.

Из сказанного следует, что при позиционном кодировании представляется возможным только на интервале в $2n$ - элементов ($T_{ск} = 2nt_0$) синтезировать a^{2n} кодовых слов. Заметим, что при таком кодировании каждой цифре в канале представляется время кратное t_0 . Для увеличения скорости передачи необходимо уменьшить время между КК.

Параметры таймерных кодов. В работах [2, 3] для уменьшения энергетического расстояния между КК и увеличения числа реализаций их предложено на интервале $T_{ск}$

синтезировать в кодовые слова в виде i - информационных отрезков сигнала (τ_{ci}), удовлетворяющих условию (1)

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{ск}} &= mt_0 \\ \tau_{ci} &= t_0 + Z\Delta, \quad Z \in 0; 1; 2 \dots k - \text{целые} \\ i &< m \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

При $i = m$ (возможна только 1 реализация).

В выражении (2) Δ обозначает минимальное значение различия изменения длины отрезка сигнала в данном канале Δ (с учетом соотношения $h = (u_c/u_{\text{ш}})$)

$$\Delta = \frac{t_0}{S}, \quad S \in 1 \dots S_0 - \text{целые.} \quad (3)$$

При условиях (2), (3) на интервале $T_{\text{ск}} = mt_0$ можно реализовать N_p сигнальных конструкций [3]

$$N_p = \frac{[mS - i(S - 1)]!}{i!(mS - iS)!} \quad (4)$$

Для примера в табл. 1 даны значения числа реализаций (N_p) для $m \in 4 \dots 10$ t_0 при $S \in 4; 7; 8$ при $i = 3$ и $i = 5$, рассчитанных по формуле (4):

Таблица 1 – Значения количества реализаций (N_p)

i	m	4	5	6	7	8	9	10
	S		16	32	64	128	256	512
$i = 3$	4	35	165	455	969	1771	2925	4495
	7	120	680	2024	4495	8436	14190	22100
	8	165	969	2925	6545	12341	20825	32509
$i = 5$	4	0	1	126	1287	6188	20349	53130
	7	0	1	792	11628	65780	237336	658008
	8	0	1	1287	20349	158735	435897	1221759

Из табл. 1 следует:

- 1) количество реализаций таймерных сигнальных конструкций на заданные интервалы намного больше по сравнению с позиционным кодированием;
- 2) при увеличении S для $i = \text{const}$, N_p – увеличивается;
- 3) при увеличении m для $i = \text{const}$, $S = \text{const}$, N_p – увеличивается.

Информационные параметры ТСК. Необходимо заметить, что для увеличения мощности используемого ансамбля кодовых слов, не меняя длительности кодового слова ($m - \text{const}$) можно суммировать только подмножества с различным числом отрезков (i) [2].

Так, согласно табл.1 для $i = 3$; $m = 5$; $S = 8$, $N_p = 969$.

На этом же интервале для $S = 8$; $i = 2$, согласно выражению (4), можно получить $N_p = 325$. Таким образом, используя только два подмножества реализаций $i = 2$ и $i = 3$ при $m = \text{const} = 5$, получаем более 1024 реализаций, что обеспечивает энтропию кодового слова (H) и информационную емкость найквистового элемента равными [3]

$$H = \log_2 N_p > 10 \text{ бит;}$$

$$I_H = \frac{H}{m} = \frac{10}{5} \text{ бит.}$$

Заметим, что при $i = 5$ (табл. 1) на интервале $T_{ck} = 8t_0$ можно синтезировать 65780 сигнальных конструкций, что обеспечивает

$$H = \log_2 N_p = \log_2 65780 > 16 \text{ бит;}$$

$$I_H = \frac{\log_2 65780}{8} > 2 \text{ бит.}$$

Следует отметить, что при проводимом анализе использовались только моменты модуляции двоичного сигнала, удовлетворяющего условиям (2) на временной оси в интервалах Δ .

Остановимся подробнее на доказательстве выбора оптимального значения S . Учитывая, что с ростом S растет не только число реализаций сигнальных конструкций, но растет и вероятность ошибочного приема их. Следовательно, скорость передачи информации C_m будет определяться [3] так:

$$C_m = \frac{1}{m} (\log_2 N_p - H_{\Pi}). \quad (5)$$

Потери энтропии H_{Π} за счет неопределенности в приеме сигнальной конструкции как

$$H_{\Pi} = - \left[p_B \log_2 p_B + (1 - p_B) \log_2 \frac{1 - p_B}{N_p - 1} \right]; \quad (6)$$

$$p_B = \left[2 \frac{\Delta}{2\sigma} \right]^i,$$

где p_B – вероятность верного приема сигнальной конструкции.

Здесь H_{Π} определяет потери информации в канале из-за неопределенности в принятии кодовой сигнальной конструкции.

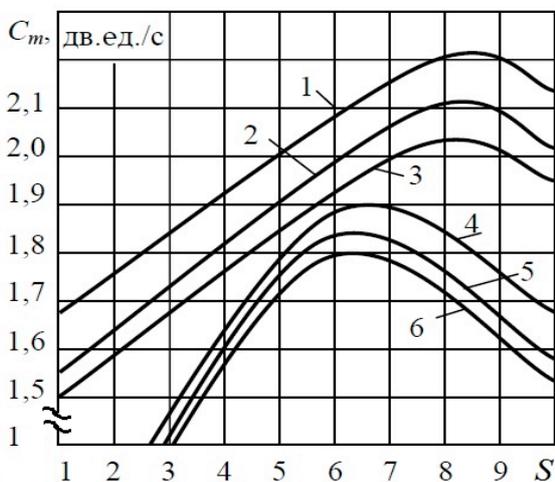


Рисунок 1 – Зависимости пропускной способности канала $C_m = f(S)$ при $h = \text{const}$, $m = \text{const}$

На рис. 1 показаны зависимости пропускной способности каналов с разным уровнем флуктуационных шумов (задано $h = (u_c/u_{ш})$) как функции S (кривые 1 ... 3 для $h = 7,5$ и $m = 8, 6, 5$, а кривые 4 ... 6 соответственно для $h = 5,5$ и $m = 8, 6, 5$ в соответствии).

Из рисунка следует, что для каждого значения h существует величина зоны, при которой C_m будет максимальной. На практике оптимальное значение определяется среднеквадратичным отклонением смещения фронта сигнала на выходе канала ($\sigma_k = \frac{t_0}{4h} = \frac{1}{4h}$).

Делаем вывод:

1. С увеличением интервала реализации m ($T_{ck} = m t_0$) при $S = \text{const}$ число возможных сигнальных конструкций растет (табл. 1).
2. Энтропия одного кодового слова длиной k информационных элементов также растет.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Захарченко В.Н. Эффективность синдромного динамического декодирования избыточных сигнальных конструкций МВК / В.Н. Захарченко, А.В. Драганов, А.А. Гринь // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 2000. – № 1. – С. 61-66.
2. Эффективные системы передачи информации / [Н.В. Захарченко, Е.М. Рудый, А.А. Вараксин, М.А. Мамедов, М.М.Гаджиев]; под ред. Н.В. Захарченко. – Баку: ЭЛМ, 2007. – 568 с.
3. Увеличение информационной емкости найквистового элемента при таймерном кодировании / Н.В. Захарченко, А.В. Кочетков, Д.Н. Бектурсунов // Eastern European Scientific Journal (ISSN 2199-7977). – Düsseldorf (Germany), 2016.

REFERENCES:

1. Zaharchenko V.N., Draganov A.V., Grin A.A. The effectiveness of syndromic dynamic decoding redundant signal designs MTK. Scientific works O.S. POPOV ONAT. – 2000. – № 1. – P. 61-66.
2. Effective information transfer systems / [N.V. Zakharchenko, E.M. Rudy, A.A. Varaksin, M.A. Mammadov, M.M. Gadzhiev]; ed. N.V. Zakharchenko. - Baku: ELM, 2007. – 568 p.
3. Increased information capacity naykvist element at the timed coding / N.V. Zakharchenko, A.V. Kochetkov, D.N. Bektursunov // Eastern European Scientific Journal (ISSN 2199-7977). – Düsseldorf (Germany), 2016.