

## УВЕЛИЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ НАЙКВИСТОВОГО ЭЛЕМЕНТА В БИНАРНОМ КАНАЛЕ ПРИ ТАЙМЕРНЫХ КОДАХ

*Аннотация: Проведено сравнение позиционного и таймерного блочного кодирования (ТК), доказано, что при простых и избыточных ТК информационная емкость найквистового элемента больше в сравнении с позиционным кодированием.*

*Ключевые слова: таймерные сигнальные конструкции, найквистовый элемент, моменты модуляции, количество реализаций.*

N.V. ZAXARCHENKO, M.M. GADZHIEV, D.N. BEKTURSUNOV, E.A. OSADCHUK, E.N. MARTINOVA  
Odessa National Academy of Telecommunications named after O.S. Popov

### INCREASE THE CAPACITY OF NYQUIST ELEMENT IN A BINARY CHANNEL USING THE TIME CODES

*Abstract – A comparison of positive and time coding (TC), proved that the simple and redundant time construction data capacity of nyquist element more then the position coding.*

*Keywords: time signal construction, nyquist element, modulation points, amount of implementations.*

При позиционном кодировании номера подлежащих передаче символов в десятичной системе представляются в системе согласованной с алфавитом канала. Например, при двоичном канале десятичное число «10» представляется в двоичном виде «1010», а число «15» - 1111. При этом каждая из двух цифр («0» или «1») двоичного числа передается сигналом длительностью элемента Найквиста  $t_0 = \Delta F$  [1]. При такой передаче модуляция (или изменение вида сигнала) происходит через временной интервал Найквиста или время кратное ему.

К блоковым относятся такие коды, у которых кодирование и декодирование осуществляются в пределах блока, состоящего из определенного числа кодовых символов. В литературе по помехоустойчивому кодированию блоки кодовых символов называют по разному: кодовыми словами, кодовыми комбинациями и кодовыми векторами. К сверточным, называемыми ранее непрерывными, рекуррентными или цепными относятся такие коды, у которых процесс кодирования имеет непрерывный характер без явного выделения границ при формировании последовательности кодовых символов. Важным отличием сверточного кодирования является то, что кодовые символы на выходе кодера зависят не только от информационных символов, поступившим в данный момент времени, но и от предыдущих на его входе.

Блочные коды, в свою очередь делятся на линейные и нелинейные. К линейным относятся такие коды, у которых формирование блоков, т.е. кодирование производится с использованием линейных операций, т.е. суммирования и умножения над информационными символами с учетом арифметики по модулю 2. В противном случае корректирующие коды относятся к нелинейным, т.к. сумма двух разрешенных КК не образует комбинацию, принадлежащую к данному коду. Простейшим примером нелинейного кода является международный семизэлементный код МТА-3, который еще называют кодом с постоянным весом (КПВ), в каждой кодовой комбинации которого содержится три единицы и четыре нуля.

Линейные коды в свою очередь, делятся на систематические и несистематические. В систематических кодах информационные символы на выходе кодера представлены в явном виде. Принадлежность к систематическим или несистематическим кодам определяется выбором кода и алгоритма кодирования. Значительную часть линейных кодов занимают циклические коды (ЦК), которые находят применение в системах цифровой передачи различного рода сообщений.

К основным недостаткам позиционного кодирования является кратность интервала между смежными моментами модуляции найквистовому элементу. Благодаря найквистовому элементу на интервале  $T_c$  может быть только « $m$ » моментов модуляции.

В таймерных сигнальных конструкциях информация «заложена» не в полярностях отрезков сигнала  $\tau_{ci}$  а в их длительностях и взаимном положении на интервале сигнальной конструкции [1].

$$\tau_{ci} = t_0 + k\Delta, \quad (1)$$

где  $k \in 1...c$ ,  $c$  – целое число.

Первое сличаемое выражения (1) обеспечивает отсутствие межсимвольных искажений, а второе формирует информационную составляющую. На рис.1 показан принцип формирования таймерного сигнала на интервале  $T_c = 7t_0$  при  $S=4$  для  $i=3$ .

Из сформулированного принципа синтеза сигнальных конструкций на интервале  $T_c = mt_0$  следует:

1. число информационных отрезков « $i$ » длиной  $\tau_{ci}$  на интервале сигнальной конструкции

$T_c = mt_0$ , ( $m$  – число найквистовых элементов интервала реализации сигнальной конструкции  $T_c$ ) не может быть равным числу « $m$ » ↓ так как в этом случае может быть только одна реализация ( $i < m$ ).

2. число « $i$ » должно обеспечивать максимальное число реализаций на заданном интервале.

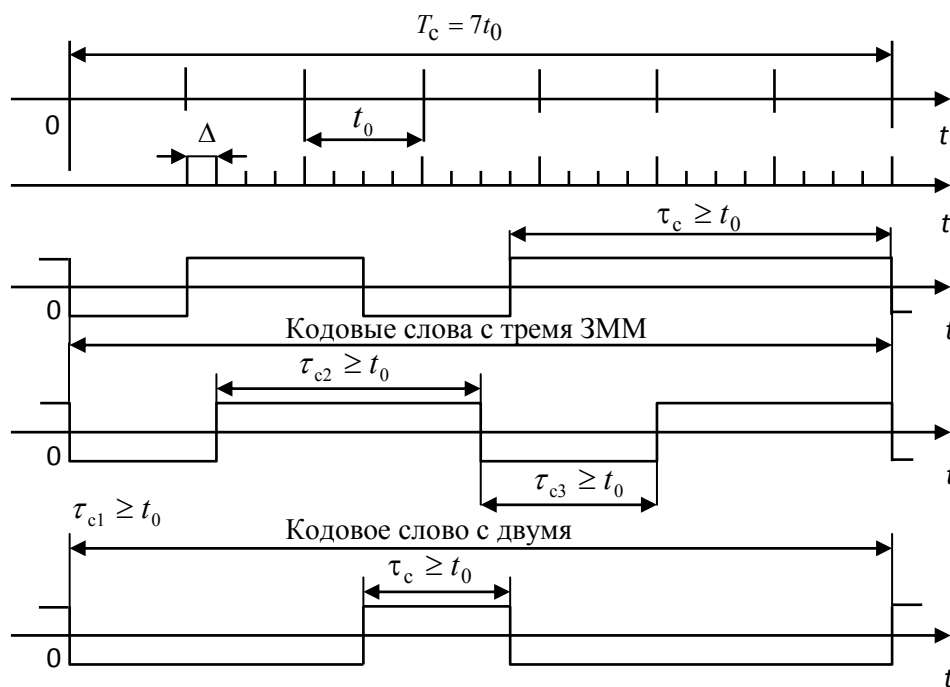


Рис. 1 Принцип формирования ТСК на временном интервале  $T_c = 7t_0$  при базовом элементе  $\Delta$

В таблице 1 для примера приведено число реализаций ( $N_p$ ) для двух значений  $i$  ( $i_1 = 2, i_2 = 3$ ) при трех значениях  $S$  ( $S_1 = 2, S_2 = 5, S_3 = 7$ ) вычисленных согласно уравнению [2]:

$$N_p = \sum_{i=1}^n C_{ns-i}^i (s-1) \quad (2)$$

Число реализаций  $N_p = f(m), S = const, I = const$ .

Таблица 1

S		Количество реализаций ТСК						
		m						
		4	5	6	7	8	9	10
$i_1 = 2$	2	15	28	45	66	91	120	153
	5	66	136	231	351	496	666	861
	7	120	253	435	666	946	1275	1653
$i_2 = 3$	2	10	35	84	165	286	455	680
	5	56	286	816	1771	3276	5456	8436
	7	120	680	2024	4495	8436	14190	22100

Из таблицы следует, что при фиксированном интервале реализации таймерной сигнальной конструкции « $m$ » число реализаций резко возрастает с увеличением числа « $S$ ».

Учитывая, что с увеличением числа « $S$ » увеличивается не только число реализаций, а увеличивается и их вероятность ошибки в канале, то скорость передачи информации будет равной [2]

$$C_m = \frac{1}{m} (\log_2 N_p - H_{II}), \quad (3)$$

где  $H_{II}$  – потери информации в канале.

На рисунке 2 показана зависимость скорости передачи как функция значения « $S$ » при двух значениях  $h = \frac{U_c}{U_{ш}}$  ( $h_1=7,5, h_2=5,5$ ) для трех значениях « $m$ » (8; 6; 5).

Из зависимостей на рис.2 следует, что значение оптимальной величины зоны  $\Delta$  определяется уровнем помех в канале  $h$ . Из рис.2 видно, что в бинарном канале можно получить скорость, близкую к скорости при четырехпозиционных сигналах. Дополнительно пропускную способность при ТСК можно повысить на 25-30% за счет использования сигнальных конструкций неравной длительности.

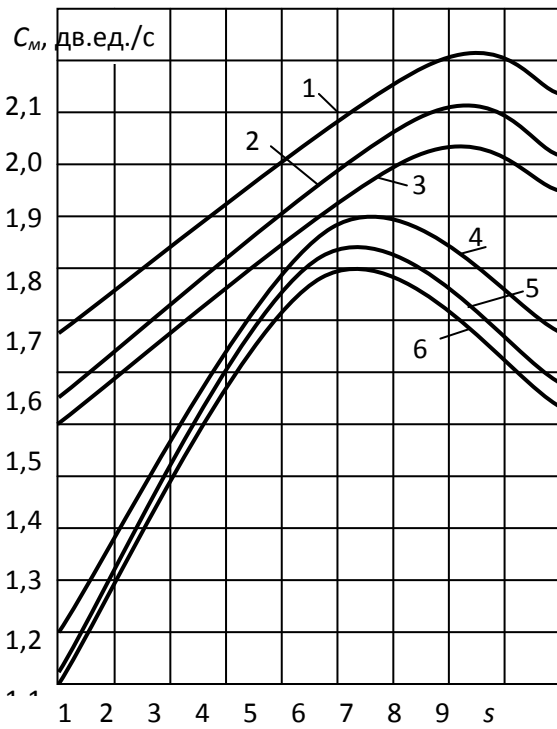


Рис. 2. Зависимости пропускной способности каналов с различным уровнем флуктуационных шумов

уменьшается. При этом точка максимума смещается в сторону больших «*m*» при уменьшении *S*.

3. в сравнении с позиционным кодированием, при котором в двоичном канале каждый элемент Найквиста несет 1 бит информации, таймерные коды могут обеспечить больше двух битов на один элемент.

Такой подход к формированию сигналов позволяет обменивать верность передачи информации в «хорошем» состоянии канала на скорость (за меньшее время передачи  $T_c$ , передать больший объем информации, но с потерей качества).

Вместе с тем, для компенсации потерь помехоустойчивости и обеспечения необходимого качества передачи информации полученный выигрыш во времени можно использовать для формирования избыточности, необходимой для обеспечения заданной вероятности ошибки на переданный знак  $p_{озн}$ .

Оценим информационную емкость найквистового элемента согласно выражению [3]

$$I_n = \frac{\log_2 N_p}{m} \quad (4)$$

где  $N_p$  – количество реализаций таймерных сигналов.

В таблице 2 приведены значения количества информации в одном найквистовом элементе при  $i=3$ .

Из таблицы следует:

1. при увеличении значения «*S*» для  $m=const$  информационная емкость элемента увеличивается;
2. при увеличении «*m*» для  $S=const$  информационная емкость вначале растет, а затем уменьшается.

Таблица 2

**Информационная емкость найквистового элемента**

S	m						
	4	5	6	7	8	9	10
2	0,830482	1,025857	1,065386	1,052332	1,019984	0,98108	0,940939
5	1,451839	1,631974	1,612071	1,541478	1,459715	1,379292	1,304234
7	1,726723	1,881878	1,830499	1,733444	1,630293	1,53251	1,443176

Интересным является вопрос изменения информационной емкости одного найквистового элемента для избыточных сигнальных конструкций.

Для примера в таблице 3 приведены информационные емкости одного элемента для отобранных множеств кодовых слов, у которых сумма мест трех моментов модуляции представляет четные числа.

Таблица 3

**Информационная емкость найквистового элемента для четных значений суммы мест нахождения моментов модуляции**

S	m						
	4	5	6	7	8	9	10
2	0,580482	0,825857	0,89872	0,909475	0,894984	0,869969	0,840939
5	1,201839	1,431974	1,445404	1,398621	1,334715	1,268181	1,204234
7	1,476723	1,681878	1,663832	1,590586	1,505293	1,421399	1,343176

**Висновки**

Из таблицы следует, что с отбором какого-либо подмножества реализаций информационная емкость одного элемента уменьшается. Закономерности изменений в пределах таблицы 3 такие же как и в таблице 2.

Для увеличения информационной емкости одного найквистового элемента необходимо увеличивать число реализаций сигнальных конструкций, которое определяет используемое множество сигналов на заданном интервале. При этом следует отметить, что величина  $\Delta = \frac{t_0}{S}$  определяется помехами в канале и требованием к качеству передачи. Изменять длительность интервала реализации ( $T_c = mt_0$ ) можно только

до досягнення  $N_{\text{реалтах}}$  .

Увеличить число реализаций можно только создавая общее множество за счет числа реализаций при одних и тех же значениях «S» и «m» для разных  $i$ . Например, общее число реализаций при  $i_1 = 2$ ;  $S=7$ ;  $m=4$  и  $i_1 = 3$ ;  $S=7$ ;  $m=4$  получаем  $N_{\rho\Sigma} = 120 + 120 = 240$  .

### Литература

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. – М.: Мир, 1986. -576 с.
2. Андре Анго. Математика для электрорадиоинженеров. М.: 1965. – 780 с.
3. Захарченко Н.В. Повышение эффективности блочного кодирования при работе по нестационарным каналам связи. – Баку.: ЭЛМ, 2009. – 237 с.

### References

1. Blejxut R. Teoriya i praktika kodov, kontroliruyushhix owibok. – M.: Mir, 1986. - 576 s.
2. Andre Ango. Matematika dlya elektroradioingenerov. M.: 1965. - 780 s.
3. Zaxarchenko N.V. Povishenie effektivnosti blokovogo kodirovaniya pri rabote po nestacionarnym kanalams svyazi. – Baku.: ELM, 2009. - 237 s.

Рецензія/Peer review : 12.10.2014 р.

Надрукована/Printed :27.10.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Ложковський А.Г.

УДК 621.01:620.179.1

С.В. БЕХ, І.В. ТРОЦИШИН, Н.І. ТРОЦИШИНА

Хмельницький національний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ПОБУДОВИ ОРИГІНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З РАДІОКАНАЛАМИ БЕЗПЛОТНИХ РОЗВІДУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

*Анотація. Проект направлено на вирішення важливої прикладної задачі, яка гостро постала в рамках проведення АТО, так і забезпечення захисту від несанкціонованих посягань на інформацію про територію України, шляхом використання безпілотних розвідувальних систем. Вказані засоби використовують два визначаючих принципи – радіокерування, та передачі телеінформації радіоканалами. Наявний парк безпілотних літаючих та рухомих апаратів використовує як класичні, так і сучасні радіозасоби передачі інформації із використанням завадостійких (FFSS, ADT, GSM, CDMA, тощо). Тому, класичні відомі засоби Радіоелектронної боротьби (РЕБ), які є на сучасному рівні, не здатні забезпечити виконання двох принципових і завдань: - подавлення (збій в керуванні траєкторією руху), і саме важливе, блокування передачі телеінформації у реальному масштабі часу, саме для сигнально-кодових конструкцій сигналів, використання ортогонального оброблення та скритності передавання по випадкових каналах «ширококуткового шумоподібного» каналів зв'язку. Пропонується розробки і постановлення на виробництво новітніх РЕБ на основі використання оригінальних принципів фазочастотної теорії вимірювання та перетворення радіосигналів.*

*Ключові слова: засоби радіоелектронної боротьби, безпілотні апарати, використання нових принципів, квантова теорія вимірювальних перетворень*

S.V. BEH, I.V. TROTSYSHYN, N.I. TROTSYSHYNA  
Khmelnitskiy National University, Ukraine

## USING THE PRINCIPLES OF QUANTUM THEORY MEASURING CHANGES FOR CONSTRUCTION OF RADIO ELECTRONIC WARFARE ORIGINAL WITH WIRELESS CHANNEL UNMANNED RECONNAISSANCE SYSTEMS

*Abstract - The project is aimed at solving important applied problem that arose in the framework of the ATO, and protect against unauthorized encroachment on the territory of Ukraine about by the use of unmanned reconnaissance systems. These vehicles use two defining principles - radio and transmission teinformation radio channels. The existing fleet of unmanned flying and mobile devices using both classic and contemporary of radio transmission of information using noiseimmunity (FFSS, ADT, GSM, CDMA, etc.). Therefore, classical known means of electronic warfare (EW), which is up to date, not able to perform two fundamental and objectives: - suppression (failure to manage trajectory), and it is important to block the transfer teinformation in real time, exactly for The signal-code construction signals using orthogonal processing and transmission of secrecy on random channels "broadband noise-like" channels. It is proposed to develop the production and adoption of advanced electronic warfare on the basis of the original principles of the theory of phase-frequency measurement and signal processing.*

*Keywords: means of electronic warfare, unmanned vehicles, using new principles quantum theory test.*

### Вступ

Проблема несанкціонованого проникнення і зняття інформації про об'єкти та стан на територіях в діапазоні 1-20 км безпілотними радіокерованими авіаційними та рухомими особливо гостра в режимах