

ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ
РАДІОЗВ'ЯЗКУ, РАДІОЛОКАЦІЇ, РАДІОНАВІГАЦІЇ

УДК 621.396.62:621.396.96

КОРЕЛЯЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОДОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ГОЛЕЯ

Бичков В.Є., Мрачковський О.Д., Правда В.І.

Розглянуто методи формування та властивості кодів Голея. Розглянуті основні переваги цих кодів у порівнянні з іншими кодовими послідовностями, що використовуються для бінарної фазової маніпуляції носійної.

Вступ. Постановка задачі

На сьогодні велика увага приділяється кодовим послідовностям (КП), які широко використовуються у системах зв'язку, медичних приладах [1], радіотехнічних системах спостереження за рухомими об'єктами [2] та ін. Це стосується так званих широкосмугових псевдошумових сигналів, модуляція основних параметрів яких здійснюється за законом певної КП. Вибір КП визначається вимогами до характеристик системи - завадостійкість, співвідношення сигнал/завада, можливість роботи при багатопробному розповсюдженні сигналів, роздільна і розрізняюча здатність. Ці параметри залежать від кореляційних властивостей сигналів, а саме кореляційних властивостей КП, що формують безпосередньо псевдошумовий сигнал. Серед багатьох КП, які забезпечують прийнятні кореляційні властивості та прості методи формування, є КП Голея. Особливість цих КП в можливості звести бічні викиди автокореляційної функції до нульового рівня, завдяки використанню пар КП: основної (ОКП) додаткової (ДКП).

Теоретичні викладки

Існують два основних метода формування КП Голея [3], метод приєднання та метод чергування символів. У цих КП символи $a_n = \pm 1$. Необхідно відмітити, що у пар КП Голея число символів має бути однаковим, тобто $N_1 = N_2$, де N_1 - кількість символів ОКП, N_2 - кількість символів ДКП. При цьому N_1, N_2 є числами парними та дорівнюють сумі квадратів двох цілих чисел - це є основним правилом кодоутворення. Якщо $\{a_n\}$ - символ ОКП, $\{a_n^*\}$ - символ ДКП, то КП, яка побудована за правилом приєднання символів, приймає вигляд: $\{a_n/a_n^*\} = a_1, \dots, a_n, \dots, a_N, a_1^*, \dots, a_n^*, \dots, a_N^*$. КП, яку побудовано за правилом чергування символів має вигляд: $\{a_n/a_n^*\} = a_1, a_1^*, \dots, a_n a_n^*, \dots, a_N a_N^*$. Завдяки цим правилам кодоутворення можна побудувати КП Голея з довільною кількістю символів. Сума відповідних відліків автокореляційних функцій ОКП та ДКП дорівнює нулю (окрім випадку нульового зсуву):

$$R_m + R_m^* = 2 \text{ при } m=0; \quad R_m + R_m^* = 0 \text{ при } m = \pm 1 \dots \pm(N-1), \quad (1)$$

де m — номер відліку дискретної автокореляційної функції.

Властивість (1) корисно використовувати у схемах синхронізації систем зв'язку, що зменшує ймовірність хибного спрацювання системи за рахунок бічних викидів кореляційної функції, а також у системах спостереження за багатьма рухомими цілями, що збільшує роздільну і розрізняючу здатність

системи.

На прикладі формування КП Голя за методом приєднання, та методом чергування символів ОКП та ДКП, розглянемо КП довжиною $N=16$, з тривалістю одного парціального імпульсу, що дорівнює $t=50$ нс., та відповідає ефективній смузі шумоподібного фазоманіпульованого сигналу - 20 МГц. Символи ОКП, що утворені *методом приєднання* представлено на рис.1. А символи ОКП, що утворені *методом чергування* - на рис.2.

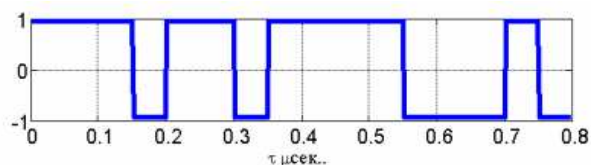


Рис. 1

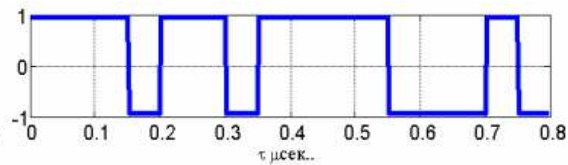


Рис.2

З рис. 1,2 видно, що символи ОКП утворені методом приєднання та методом чергування співпадають. Побудуємо ДКП, для двох методів утворення. На рис. 3 представлено символи ДКП, що утворені *методом приєднання*. А символи ДКП, що утворені *методом чергування*, - на рис.4.

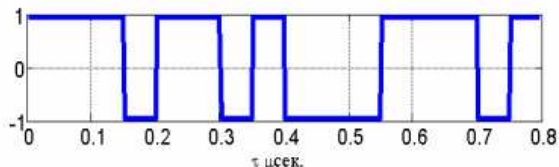


Рис.3

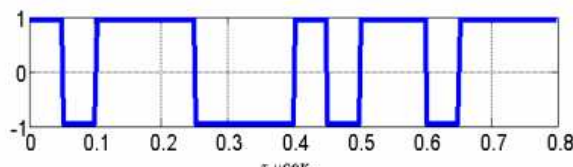


Рис.4

З рис.3,4 видно, що символи ДКП, які утворені методом приєднання, та методом чергування відрізняються, та для випадку $N=2^M$ де M -число кратне 2, символи ДКП, що утворені методом приєднання є дзеркальним відображенням до символів ДКП, що утворені методом чергування.

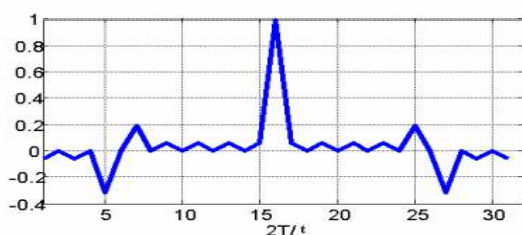


Рис.5

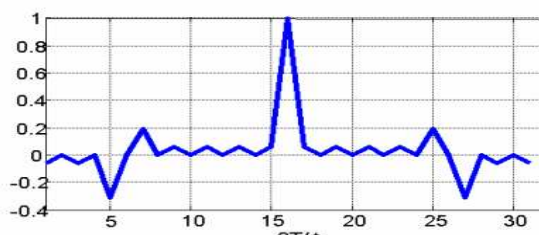


Рис.6

На рис.5 зображено автокореляційну функцію ОКП, що утворена методом приєднання. Рис.6 показує, що для випадку утворення ОКП методом чергування, отримаємо той самий результат.

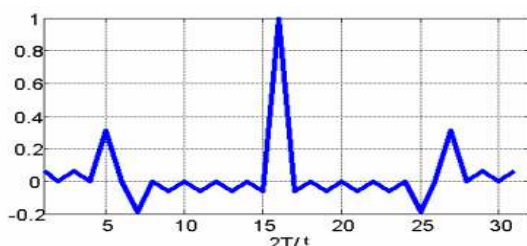


Рис.7

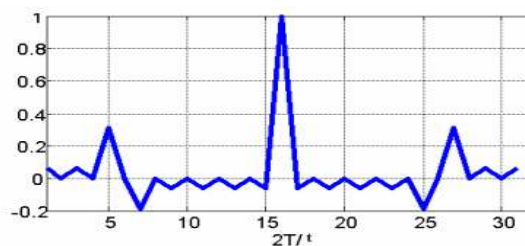


Рис.8

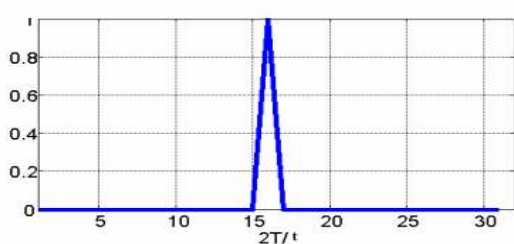


Рис. 9

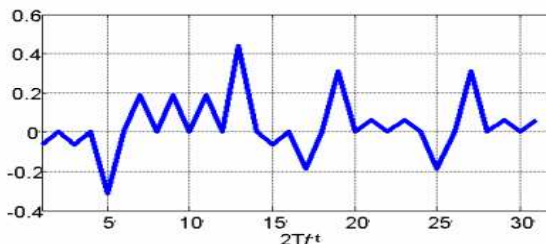


Рис. 10

На рис.7 зображено автокореляційну функцію ДКП, яку утворено методом приєднання. На рис.8 зображено автокореляційну функцію додаткової КП, яку утворено методом чергування. Проаналізувавши дві пари останніх графічних залежностей можна побачити, що автокореляційні функції для двох типів КП та методів формування співпадають. Головним висновком є те, що у результаті попарного додавання автокореляційних функцій основної та додаткової КП, для двох методів формування – можна забезпечити відсутність бічних викидів автокореляційної функції, як це зображено на рис. 9. На рис. 10 представлено функцію взаємної кореляції між основною та додатковою послідовністю, що свідчить про малий рівень взаємної кореляції між основною та додатковою послідовністю коду Голя.

Висновки

За результатами, що наведені у роботі, можна зробити висновок про те, що послідовності Голя мають корисні та вагомні властивості, які можна використовувати у системах синхронізованого зв'язку, коли чітко відомий час та положення відліків обох кореляційних функцій. Це може бути корисним для зменшення ймовірності хибної синхронізації, а також при використанні в оптимальних трактах радіолокаційного приймача [4], для визначення та розрізнення цілей з малим значенням ефективною поверхні розсіювання на фоні цілей з великими відбивними здібностями.

Література

1. Misaridis T., Ultrasound imaging using coded signals, Center for fast ultrasound imaging, Technical University of Denmark, August 2001.
2. Lamb J.D.,Payne P.A.Noise rejection properties of measurement techniques in control engineering. 5th Asilomar conference on Circuit and systems, November 1971, p. 548
3. Golay M. Complementary series, IRE Tran. Inf. Theory, IT-7, 82-87 (1961).
4. Бычков В.Е. Мрачковский О.Д. Правда В.И. Особенности применения кодов Голя в радиолокации//Радиоэлектроника, №5, 2008 г.

Ключові слова: код, кодові послідовності, формування коду, код Голя	
Бычков В.Е., Мрачковский О.Д., Правда В.И.	Buchkov V.E. Mrachkovsky O.D. Pravda V.I.
Корреляционные свойства кодовых последовательностей Голя.	Correlation properties of Golay sequences
Рассмотрены методы формирования и свойства кодов Голя. Рассмотрены основные преимущества этих кодов по сравнению с другими, которые используются для бинарной фазовой манипуляции несущей.	The methods of formation and property of Golay sequences are considered. There are reviewed of the main advantage of these codes as contrasted to by other code sequences, which one will be used for binary phase-shift keying of carrier.