

НЕОБХОДИМЫЕ И ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ СИГНАЛОВ С n -УРОВНЕВОЙ ФУНКЦИЕЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Решение проблемы обеспечения требуемого качества передачи информации в системах связи связывают с сигналами, обладающими требуемыми корреляционными, ансамблевыми и структурными свойствами. Однако, как показали исследования [1], известные системы сигналов не обеспечивают в комплексе требуемые корреляционные, ансамблевые и структурные свойства. Проблема синтеза сигналов с заданными свойствами связана с рассмотрением необходимых и достаточных условий существования сигналов с заданной функцией корреляции.

В настоящей статье рассматриваются необходимые и достаточные условия существования сигналов с заданной функцией корреляции. Пусть λ_n — число произведений вида $(+1) \cdot (+1)$ при вычислении периодической функции автокорреляции (ПФАК). Тогда число произведений вида $(+1) \cdot (-1)$ равно $k - \lambda_n$, где k — число единиц в сигнале. Число произведений вида $(-1) \cdot (+1) = (k - \lambda_n)$, а число произведений $(-1) \cdot (-1)$ равно $\{L - 2(k - \lambda_n) - \lambda_n\}$ [2]. Учитывая, что произведения вида $(+1) \cdot (+1) = (-1) \cdot (-1) = 1$, получаем систему уравнений вида [2]

$$\begin{aligned} R_1 &= L - 4(k - \lambda_1); \\ R_2 &= L - 4(k - \lambda_2); \\ &\dots \dots \dots \\ R_n &= L - 4(k - \lambda_n); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 n_1 + \lambda_2 n_2 + \dots + \lambda_n n_n &= k(k - 1); \\ n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n &= L - 1, \end{aligned}$$

где n_i — количество R_i уровней функции корреляции; $i = \overline{1, n}$; n — число уровней функции корреляции.

Определим величину k , положив

$$\begin{aligned} \lambda_n &= \lambda_{n-1} + Z_{n-1}; \\ \lambda_{n-1} &= \lambda_{n-2} + Z_{n-2}; \\ &\dots \dots \dots \\ \lambda_2 &= \lambda_1 + z_1, \end{aligned}$$

где z_i — целое положительное число.

Выразим из (1) λ_1 и n_1 :

$$\lambda_1 = \frac{R_1 - L + 4k}{4}; \quad (3)$$

$$n_1 = L - n_2 - n_3 - \dots - n_{n-1}. \quad (4)$$

корреляционными свойствами, есть случай равновероятных значений R_i , т. е. $n_1 = n_2 = \dots = n_i = \dots = n_n$. В общем виде n_i равно

$$n_i = \frac{1}{4[(n-1)z_1 + (n-2)z_2 + \dots + z_{n+1}] \times \{-R_1 + 4[(n-1)y_2 + (n-2)y_3 + \dots + y_{n-1}] + 4R_1x - R_1a - 4x - a + Q^2\} + \sum_{j=2}^{i-1} y_j} \quad (10)$$

Учитывая (10) и то, что n_i принимают целые положительные значения, определяем область допустимых значений Q :

$$R_1 - 4[(n-1)y_2 + (n-2)y_3 + \dots + y_{n-1}] \times [(n-1)z_1 + (n-2)z_2 + \dots + z_{n-1}] - 4R_1x + R_1a + 4x + a - \{4[(n-1)z_1 + \dots + z_{n-1}]\} \left\{ \sum_{j=2}^{n-1} y_j \right\} < Q;$$

$$R_1 - 4[(n-1)y_2 + (n-2)y_3 + \dots + y_{n-1}] [(n-1)z_1 + (n-2)z_2 + \dots + z_{n-1}] - 4R_1x + R_1a + 4x + a - \{4[(n-1)z_1 + \dots + z_{n-1}]\} \left\{ \sum_{j=2}^{n-2} y_j \right\} < Q$$

$$\dots \dots \dots R_1 - 4[(n-1)y_2 + (n-2)y_3 + \dots + y_{n-1}] [(n-1)z_1 + (n-2)z_2 + \dots + z_{n-1}] - 4R_1x + R_1a + 4x + a < Q. \quad (11)$$

Если определить теперь значения z_i , то выражение (11) позволит найти необходимые условия существования сигналов с заданными свойствами. Эти условия достаточно эффективно сужают множество сигналов, которые могут иметь n -уровневую функцию автокорреляции с заданными значениями R_i .

Достаточные условия существования сигнала с n -уровневой функцией корреляции — это существование разностного множества, сбалансированного на n -уровней [2].

Разностное множество, сбалансированное на n уровней, характеризуется параметрами $L, k, x, \dots, \lambda_n$ и обозначается $B(L, k, x_1, \dots, \lambda_n)$. 3]. Если в позициях сигнала с порядковыми номерами $b_i, b_i \in B$ разместить 1, а на остальных $L - k$ позициях символы -1 , то получим L -позиционный сигнал с n -уровневой ПФАК.

Справедливо и обратное утверждение. Если существует L -позиционный сигнал, имеющий n -уровневую ПФАК, то упорядоченное множество B , составленное из чисел $b_i, i = 1, 2, \dots, k$, обозначающих порядковые номера символов одного периода сигнала, которые принимают значение 1, есть разностное множество, сбалансированное на n уровней $B(L, k, \lambda_1, \dots, \lambda_n)$.

Таким образом, необходимые и достаточные условия существования сигнала с n -уровневой функцией корреляции эффективно сужают множество сигналов, которые могут иметь n -уровневую функцию корреляции.

Список литературы: 1. Варакин Л. Е. Системы с шумоподобными сигналами. М., 1985. 384 с. 2. Свердлик М. Б. Оптимальные дискретные сигналы. М., 1975. 200 с. 3. Холл М. Комбинаторика. М., 1970. 424 с.

Поступила в редколлегию 22.11.89

УДК 621.391.82

И. И. СНЫТКИН, канд. техн. наук

МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ КОДО-ДИСКРЕТНО-ЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИМИТОСТОЙКИХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

В современных системах связи специального назначения, использующих сложные сигналы, важное значение имеет обеспечение скрытности, имитостойкости связи [1—5], понимая под этим способность системы противостоять раскрытию структуры сигналов и их имитации за счет изменения объема используемых сложных сигналов, формируемых на основе идентичных элементов, изменения различных параметров используемых сигналов и др. [2; 4; 5]. В настоящее время широкое распространение в качестве сложных сигналов получили линейные рекуррентные последовательности (ЛРП): последовательности немаксимальной и максимальной длины, сегментные последовательности, последовательности Гоулда, ЛРД-коды, что обусловлено фактом их простого генерирования посредством регистров сдвига с линейными обратными связями [1; 3; 4]. Однако использование ЛРП не обеспечивает необходимые для специальных систем скрытности, имитостойкости связи, так как для ЛРП существуют эффективные методы раскрытия структуры и имитации [2; 4]; ЛРП существуют для ограниченного числа длительностей и имеют небольшую мощность кодирования, что не позволяет создавать большие объемы сигналов произвольных длительностей [1—4]. Поэтому в теории и практике систем сигналов существует весьма актуальная задача: создание устройств, обеспечивающих генерирование широких классов и больших объемов систем имитостойких скрытных сигналов, обладающих при этом и высокими ансамблевыми характеристиками [1—4].

К перспективным имитостойким скрытным системам сигналов относятся кодо-дискретно-частотные сигналы (КДЧС), потенциальные возможности которых в этой связи весьма высокие. Так, в структурных свойствах КДЧС объединены, во-первых, все известные свойства ДЧС [1; 3] (простая реализация большой базы сигнала, получение лучшей помехоустойчивости относительно некоторых видов организованных помех и значительное ослабление действия мешающих сигналов, минимальная взаимная коррекция, минимальный уровень шумов ортогональности при синхронной работе и др.), во-вторых, использование кодовой манипулирующей функции КДЧС, отвечающей за состав, форму КДЧС, длительность составляющих элементов и самого КДЧС, число и номинальные значения используемых частот-элементов, позволяет создавать практически не ограниченные по величине объема V словари ДЧС всевозможных длительностей, форм и видов.