

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

В.П. Лысечко

(представил д.т.н., проф. Ю.В. Стасев)

В статье предлагается метод определения параметров сложных сигналов для радиосетей множественного доступа, образованных на основе полосовой фильтрации последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием.

Постановка проблемы. Для практической реализации алгоритма формирования ансамблей сложных сигналов, образованных на основе полосовой фильтрации спектров псевдослучайных последовательностей коротких видеоимпульсов с минимальным энергетическим взаимодействием [2], необходимо разработать метод оптимального выбора следующих параметров сигналов: ширины полосы фильтрации названных последовательностей, минимальных значений пик-фактора, при заданных значениях максимальных выбросов боковых лепестков взаимокорреляционных функций (ВКФ) сигналов, а также определения количества импульсов в последовательностях с минимальным энергетическим взаимодействием.

Анализ литературы. В современной литературе рассматриваются различные методы формирования сложных сигналов с хорошими взаимными корреляционными свойствами, основанные на использовании линейных и нелинейных рекуррентных последовательностей [3], которые используются для фазовой модуляции несущего колебания. Достоинством полученных на этой основе сигналов является то, что пик-фактор данных сигналов близок к единице даже после прохождения полосовых фильтров тракта передачи [8]. Вопросы синтеза сигналов, представляющих собой участки спектров сложных широкополосных сигналов, изучены в существенно меньшей степени [9]. В [7] приведен пример использования таких сигналов в системе коротковолновой радиосвязи Rake.

Цель статьи. Целью статьи является разработка метода выбора параметров сложных сигналов с заданными уровнями пик-фактора и максимальных выбросов ВКФ, образованных путем полосовой фильтрации псевдослучайных последовательностей коротких видеоимпульсов с минимальным энергетическим взаимодействием.

Основной материал. Синтез больших ансамблей сложных сигналов на основе псевдослучайных последовательностей коротких импульсов с минимальным энергетическим взаимодействием [2] можно реализовать

© В.П. Лысечко, 2004

путем полосовой фильтрации указанных последовательностей. Расчет параметров сигналов заключается в определении значения ширины полосы пропускания фильтров, при помощи которых синтезируются сигналы с оптимальными значениями пик-фактора, а также в подборе псевдослучайных последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием по количеству символов, при заданных уровнях максимальных выбросов боковых лепестков ВКФ сформированных сигналов.

Выбору параметров сигналов соответствует алгоритм, упрощенная структурная схема которого представлена на рис. 1.

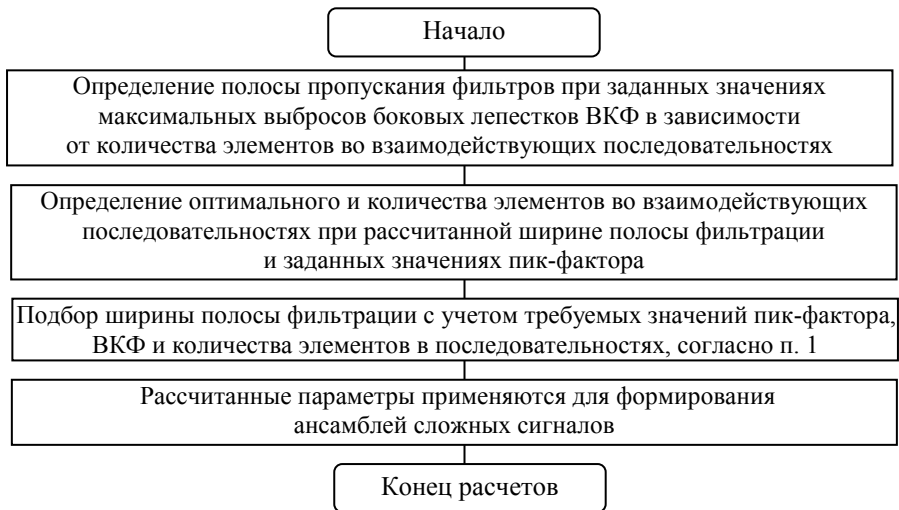


Рис. 1. Упрощенная структурная схема алгоритма выбора параметров сигналов на основе последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием

1. Определяют ширину полосы пропускания полосовых фильтров при заданных значениях максимальных выбросов боковых лепестков ВКФ в зависимости от количества элементов во взаимодействующих последовательностях.

2. Определяют оптимальные значения пик-фактора и количество элементов в последовательностях при рассчитанной ширине полосы фильтрации.

3. Подбирают ширину полосы фильтрации последовательностей, с учетом их подбора по количеству элементов при требуемых значениях пик-фактора и максимальных выбросов боковых лепестков ВКФ.

4. Параметры сигналов, определенные при расчетах, принимаются для формирования ансамблей сигналов с улучшенными взаимными корреляционными свойствами.

Работоспособность алгоритма подтверждается следующим примером. Были рассмотрены 18 последовательностей, сформированных согласно

алгоритма, представленного в [2]. Для определения оптимальной ширины полосы фильтрации построим зависимость максимального значения функций взаимной корреляции $R(\tau)$, которое зависит от количества элементов во взаимодействующих последовательностях $(\sqrt{n_i n_j})$ и от ширины полосы фильтрации (ΔF) – $\max R(\tau, \sqrt{n_i n_j}, \Delta F)$ (рис. 2).

Задавая пороговым значением

$$\max R_{\text{пор}}(\tau, \sqrt{n_i n_j}, \Delta F),$$

можно определить ширину полосы фильтрации (рис. 2). Видно, что при пороговом значении

$$\max R_{\text{пор}}(\tau, \sqrt{n_i n_j}, \Delta F) = 0,15,$$

оптимальная ширина полосы пропускания фильтров должна быть $\Delta F \geq 3$ кГц, при данных значениях $\sqrt{n_i n_j}$.

Расчитанные значения пик-факторов сигналов, определяемые как [3]:

$$\Pi_i = \frac{P_{\text{max}i}}{P_{\text{cp}i}},$$

где $P_{\text{max}i}$ и $P_{\text{cp}i}$ – соответственно максимальное и среднее значения мощности i -го сигнала представлены в табл. 1. Зависимость пик-фактора от количества импульсов в последовательностях $\Pi(n_i, \Delta F)$ изображена на рис. 3.

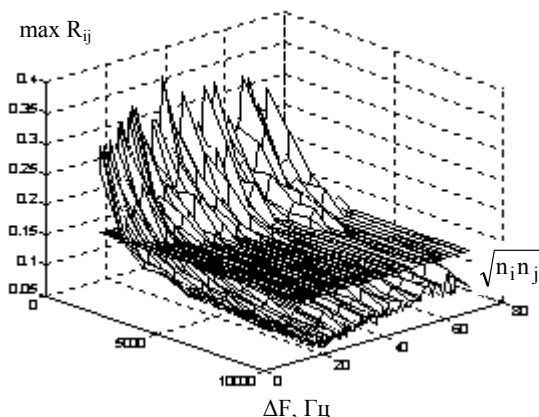


Рис. 2. Определение оптимальной ширины полосы фильтрации последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием

Таблица 1

Значения пик-фактора сигналов

n_i	$\Delta F, \text{кГц}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	23,1	46,2	69,2	92,3	115,4	138,5	161,1	183,9	207,6	230,5
7	16,5	40,0	49,4	65,9	82,4	98,9	115,1	131,4	148,2	164,6
9	12,8	25,7	38,4	51,3	64,1	76,9	89,5	102,2	115,3	128,1
11	10,7	21,0	31,4	41,9	52,4	62,9	73,2	83,6	94,3	104,7
13	9,12	17,7	26,6	35,5	44,3	53,2	61,9	70,7	79,8	88,6
17	7,2	13,7	20,4	27,1	33,9	40,7	47,3	54,1	61,1	67,8
19	7,2	12,3	18,2	24,3	30,3	36,4	42,3	48,4	54,6	60,6

n_i	$\Delta F, \text{кГц}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	7,6	12,2	17,4	23,1	28,8	34,6	40,2	45,9	51,8	57,6
23	5,4	10,1	15,1	20,1	25,1	30,1	35,0	39,9	45,1	50,1
31	5,03	7,9	11,8	15,0	18,6	22,3	25,9	29,6	33,4	37,1
37	5,12	7,4	9,8	12,5	15,6	18,7	21,8	24,8	28,1	31,1
47	4,6	5,5	7,5	9,97	12,4	14,8	17,2	19,6	22,1	24,5
53	4,3	5,4	7,8	9,9	11,3	13,2	15,2	17,4	19,6	21,7
57	4,2	5,9	7,1	8,9	10,2	12,3	14,4	16,3	18,2	20,2
61	5,6	4,9	7,1	7,9	9,7	11,8	13,4	15,	17,1	18,9
67	6,81	5,2	5,3	7,6	8,6	10,0	11,5	12,9	14,4	15,8
71	4,45	5,8	6,3	7,4	9,8	10,5	12,4	14,1	15,5	17,3
77	4,02	6,1	4,9	7,57	7,5	9,8	10,4	12,3	13,4	15,0

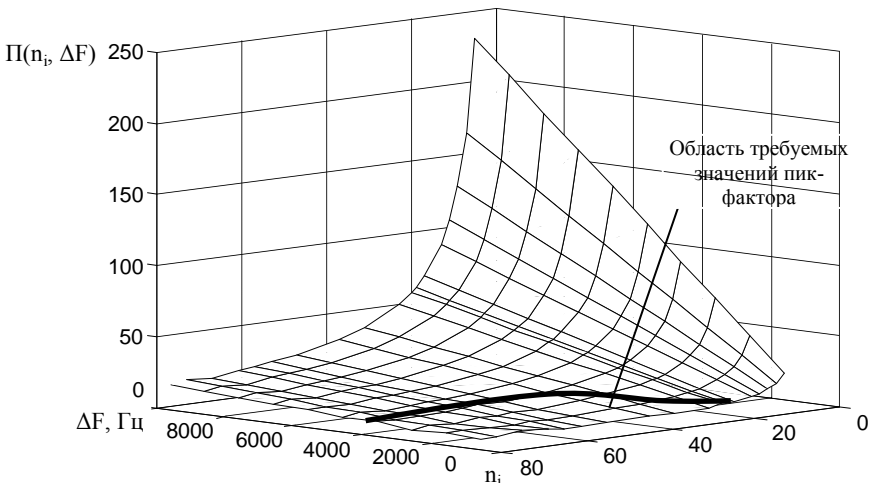


Рис. 3. Зависимость пик-фактора сигналов от количества импульсов в последовательностях и ширины полосы фильтрации

Для ширины полосы фильтрации $\Delta F = 3$ кГц, значение пик-фактора изменяется в пределах $\Pi = 4 \div 69$, поэтому, необходимо внести коррективы по использованию последовательностей с малым количеством импульсов. Таким образом, в случае $\Pi_{\text{зад}} \leq 9$, псевдослучайные последовательности с количеством элементов, менее 31, не используются.

Варьируя значением ширины полосы фильтрации последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием, можно добиться выполнения требований по обеспечению необходимых значений пик-фактора и максимальных выбросов функций взаимной корреляции. При этом количество разрешенных сигналов $N = 10$, а количество разрешенных комбинаций сигналов $M = 45$, что составляет порядка 30% от обще-

личества разрешенных пар исходных последовательностей. Однако, необходимо учесть, что с увеличением количества импульсов в последовательностях уменьшаются и значения максимальных выбросов боковых лепестков ВКФ взаимодействующих сигналов и пик-фактор [7].

Применяя сигналы, синтезированные из псевдослучайных последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием с числом импульсов $n \gg 1$, можно добиться необходимого уровня максимальных выбросов боковых лепестков ВКФ и, в то же время, приемлемого значения средней мощности при фиксированной пиковой мощности передатчиков, а также значительно увеличить (до 90% от исходных последовательностей) количество комбинаций сигналов в ансамбле.

Выводы. Применяя предложенный метод для расчета параметров сложных сигналов, образованных на основе полосовой фильтрации последовательностей с минимальным энергетическим взаимодействием, можно синтезировать большие ансамбли сложных сигналов с заданным уровнем максимальных выбросов боковых лепестков взаимокорреляционных функций для их последующего применения в сетях радиосвязи множественного доступа, подверженных воздействию внутрисистемных помех.

ЛИТЕРАТУРА

1. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / Под ред. Г.И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1985. – 284 с.
2. Лысечко В.П., Харченко В.Н. Метод борьбы с внутрисистемными радиопомехами // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 2. – С. 232 – 237.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
4. Скляр Бернад. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
5. Пышкин И.М. Теория кодового разделения сигналов. – М.: Связь, 1980. – 208 с.
6. Статистическая радиотехника: примеры и задачи / Под ред. В.И. Тихонова. – М.: Сов. радио, – 1980. – 544 с.
7. Петрович Н.Т., Размахнин М.К. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Сов. радио, 1969. – 232 с.
8. Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
9. Оганов Т.А. Помехоустойчивость инвариантного приема импульсных сигналов. – М.: Радио и связь, 1984. – 176 с.

Поступила 29.04.2004

ЛЫСЕЧКО Владимир Петрович, адъюнкт ХВУ. В 1998 году окончил КВИУС. Область научных интересов – применение сложных сигналов в системах радиосвязи множественного доступа с кодовым разделением каналов.