

УДК 621.391.266

Чорнобородова Н. П., технічний директор
 ТОВ «Енергомехкомплект»
Чорнобородов М. П., канд. техн. наук, доц.
 Запорізький національний технічний університет

НОВІ ПСЕВДОВИПАДКОВІ ПОСЛІДОВНОСТІ З ОПТИМАЛЬНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Два радіосигнали, що мають однакову потужність і відрізняються лише фазою на 180° , мають максимально можливий ступінь розділення. Функція їхньої взаємної кореляції за відсутності часового зсуву дорівнює -1 . Під час пошуку оптимальної форми сигналів для забезпечення найбільшої завадостійкості передачі дискретних повідомлень, були запропоновані двійкові псевдовипадкові послідовності.

Максимальне відношення сигнал/шум за оптимальної фільтрації таких радіосигналів, забезпечують сигнали, фазоманіпульовані за кодом Баркера. Ці послідовності забезпечують мінімальний рівень бічних пелюсток (РБП) стиснутого сигналу на виході узгодженого фільтра (РБП= $1/N$, де N - довжина кодової послідовності). Але коди Баркера відомі лише для порівняно коротких послідовностей на 3, 4, 5, 7, 11 й 13 імпульсів [1, с. 415]. М-послідовності забезпечують РБП= $1/\sqrt{N}$, але не мають обмежень на довжину N

Вхідним пристроєм узгодженого фільтра для фазокодоманіпульованих сигналів є багатовідвідна лінія затримки, число відводів якої дорівнює числу її комірок N . Фільтрація вхідного сигналу здійснюється шляхом домножування амплітуди кожного елемента ковзкого вікна x_i на коефіцієнти $k_i = \pm 1$ і наступним додаванням усіх значень у суматорі Σ . Синтез нових кодових послідовностей для дворівневої (0° для $x_i = -1$ або 180° для $x_i = 1$) фазової маніпуляції радіоімпульсів і структури узгодженого фільтра з метою досягнення рівня бічних пелюсток на виході оптимального пристрою не гірше, ніж у коду Баркера, виконано шляхом розв'язання системи лінійних нерівностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \sum_{j=1}^i a_j \cdot x_{N-i+j} \right| \leq c_i, \quad i = 1, \dots, N-1 \\ \sum_{j=1}^N a_j \cdot x_j \geq N, \quad i = N \\ \left| \sum_{j=i-N+1}^N a_j \cdot x_{N-i+j} \right| \leq c_i, \quad i = N+1, \dots, 2 \cdot N-1 \end{array} \right. , \quad (1)$$

де a_i - шукані значення кодової послідовності довжини N ; x_i - шукані вагові коефіцієнти, а c_i - рівень бічних пелюсток.

Таблиця 1 – Значення вагових коефіцієнтів k_i

N	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}	$k_{кн}$
3*	-0,63	1,25	0,63										4,00
4*	1,02	-0,53	1,51	1,02					<i>N</i>	<i>k₁₃</i>	<i>k₁₄</i>	<i>k₁₅</i>	4,00
4*	-0,74	1,00	0,48	0,74					13	0,85			4,00
5*	0,65	-1,30	1,30	1,30	0,65				14	1,49	0,40		8,00
6	-0,58	1,06	-1,23	0,41	1,64	0,82			14	0,84	0,47		7,00
6	0,79	-1,61	0,40	1,24	1,04	0,55			15	1,36	1,57	0,89	6,88
7*	-0,83	0,97	-0,97	-0,68	0,97	0,97	0,83		15	0,66	1,08	0,78	7,52
8	0,46	-1,13	1,21	-0,48	-0,79	0,92	1,47	0,62					8,22
8	-0,62	1,44	-0,89	-0,76	0,46	1,33	1,02	0,57					8,04
9	-1,28	-0,14	0,24	2,51	-2,53	2,34	-0,09	1,15	0,28				7,29
10	0,62	-0,61	1,22	-1,23	-1,22	1,24	1,22	0,61	0,59	1,21			7,98
11	-1,00	0,72	-0,72	2,01	-1,38	-2,60	1,41	2,01	0,69	0,69	1,00		14,2
11*	-1,02	0,96	-0,96	-1,30	1,18	-1,30	-1,19	-1,30	0,96	0,97	1,02		11,9
12	0,91	-0,85	-1,14	0,97	0,89	-1,41	0,70	-0,81	1,33	0,97	0,98	1,05	11,0
13*	0,85	-1,25	1,06	-1,51	1,29	1,21	-1,60	-1,27	1,14	1,48	1,09	1,28	18,7
14	-0,76	1,10	-1,52	0,91	-0,95	0,91	2,09	-1,63	-1,50	0,94	1,39	1,26	13,8
14	0,21	-1,34	1,27	-1,21	0,93	1,26	-1,83	-1,68	1,15	1,23	1,00	1,11	13,8
15	-0,89	1,62	-1,29	1,07	-0,44	-0,96	1,46	0,78	-1,37	-0,96	0,53	1,28	18,5
15	-1,20	1,06	0,89	-1,95	2,39	-1,18	-1,21	-1,60	1,61	1,49	0,91	-0,25	14,8

Примітки: 1. Символом "*" позначено коди Баркера. 2. Через брак місця, у таблиці курсивом наведено значення $k_{13}..k_{15}$ для $N=13..15$, а для послідовностей з $N>15$ значень k_i не наведено. 3. Закон фазової маніпуляції радіоімпульсів сигналу $s(t)$ визначається так: $x_i = \text{sign}(k_i)$, де sign – функція визначення знаку аргументу.

Порівняно до фільтра Баркера (в залежності від довжини послідовності), отримано збільшення (для відомих кодів):

- коефіцієнта когерентного накопичення $k_{кн}=1/\text{РБП}$ на 0..3,2 дБ;
- рівня вихідного відношення сигнал/шум на 1,8..5,7 дБ.

Для $N=11$ знайдено нову послідовність, а для $N=6, 8, 14, 15$ знайдено по дві нові послідовності, що мають $\text{РБП} \leq 1/N$. Для $N=9, 10, 12, 16..19$ отримано $\text{РБП}=1/(N-2)$, для $N=20..25$ отримано $\text{РБП}=1/(N-5)$.

Знайдені нові кодові послідовності для фазоманіпульованих імпульсів не забезпечують мінімального рівня бічних пелюсток автокореляційної функції, але забезпечують мінімальний РБП стиснутого корисного сигналу на виході узгодженого фільтра. Застосування вагової обробки за процедури узгодженої фільтрації не погіршує вихідного значення рівня шумів.