РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА ЗМЕНШЕННЯ БІЧНИХ ПЕЛЮСТКІВ ДЛЯ СИГНАЛІВ БАРКЕРА

Наумов Є. В.
(Науковий керівник – к.т.н, доц. Піддубний В. О.)

Фазокодоманіпульовані сигнали, що сформовані за законом відповідної кодової послідовності, широко використовуються у радіолокації, радіонавігації та зв'язку. Такі системи відрізняються простотою побудови тракту формування та обробки сигналів, на відміну від систем з багатопозиційною фазовою або частотною маніпуляцією. Переважно більшість типів кодових послідовностей, що існують на даний момент відрізняючись простотою формування та обробки, після узгодженої фільтрації мають достатньо високий рівень бічних, що призводить до проблем розрізнення цілей. Подібні ситуації виникають при визначенні цілей на фоні відбиттів від землі або будівель, коли відбитий сигнал цілі з малим значенням ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) може бути маскований бічним стиснутого відбитого сигналу цілі з великим значення ЕПР. Ефективність рішення подібної задачі визначаться можливістю системи обробки зменшувати значення бічних на тому інтервалі дальності, де саме виконується пошук цілі. При цьому необхідно максимально зберегти співвідношення сигнал – завада та тривалість стиснутого сигналу (максимуму функції кореляції), щоб не спотворити роздільну здатність системи. Відомий ряд робіт, що присвячені цій актуальній тематиці [1-4], в яких для рішенні цієї задачі використовуються методи когерентної компенсації пасивної завади, методи віконної фільтрації тощо.

У цій роботі розглянуто метод, що використовується для зменшення бічних кореляційної функції фазокодоманіпульованого сигналу сформованого за будь якою відомою, на даний момент часу, кодовою послідовністю. Цей метод є вдосконаленням підходу розробленому у [5,6], але відрізняється значним спрощенням та результатами, що представленні для загальновідомих сигналів Баркера, що вважають «найпростішими» кодовими послідовностями, та за теорією мають найменший рівень бічних. Буде показано як і в цих сигналах, спираючись на запропонований метод, можна зменшити рівень бічних до бажаного.

Математичний опис роботи дискретного узгодженого тракту обробки (рис.1) для сигналу з відомими параметрами: $S = [s_1, s_2, \dots, s_N]$ зводиться до рівняння, що формує дискретні значення на виході фільтру λ_nз кінцевою

імпульсною характеристикою λ_k:

$$\lambda[n] = \sum_{k=0}^{K} h[k]S[n-k] \qquad (1)$$

Основною задачею цієї методики є розрахунок коефіцієнтів імпульсної характеристики, що в свою чергу забезпечить узгоджену фільтрацію та зменшення рівня бічних. Корисний ефект від використання подібного фільтру, як показують дослідження, буде лише в тому випадку якщо максимальна затримка фільтра *K* буде більша ніж тривалість вхідного сигналу представленого *N* відліками.

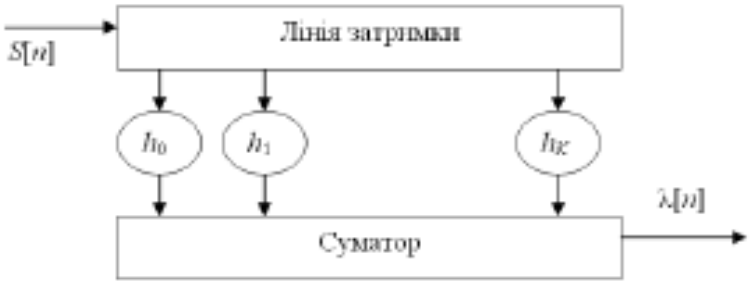

Рис.1

Компоненти вихідного вектора складаються з *M* відліків: *M*=*N*+*K*-1. Залежність (1) описує компоненти вихідного вектора, що подалі буде називатись вектором взаємної кореляції, та представляє компоненти вектора лівої частини функції та головну компоненту.

Виходячи з симетрії кореляційної функції, компоненти правої частини номерами від *N*+1 до *M* є дзеркальним відображенням відліків, що розраховуються (1).

Фільтр може бути синтезовано за критерієм:

$$\mu = \frac{\max(|\lambda_1|,\ldots,|\lambda_M|)}{|\lambda_{\max}|}. \qquad (2)$$

Вибір максимуму розповсюджується лише на бічні компоненти λ1 ... λ_M, λ_{max} – відповідне значення кореляційного максимуму. Параметр μ характеризує відносний рівень бічних компонент вектора взаємної кореляції сигналу та фільтру. Серед можливої кількості синтезованих фільтрів потрібно обирати ті, у яких цей параметр має дещо екстремальну властивість. У випадку дійсних компонент сигналу та фільтру використання критерію (2) зводиться до задачі лінійного програмування та пошуку розв'язків систем рівнянь відносно *hi*, бічних компонент λ_i та головної компоненти λ_r.

Як приклад наведемо розрахунок коефіцієнтів за наведеним критерієм для послідовності Баркера з N = 5. Синтезовані коефіцієнти фільтра мають наступні значення:
[h1… h13] = [-0.384, 1.134, -1.224, -0.226, 3.146, -5.441, 3.359, 5.441, 3.146, 0.226, -1.224, -1.134, -0.384]. Сигнал по виходу синтезованого фільтру наведено на рис. 2.

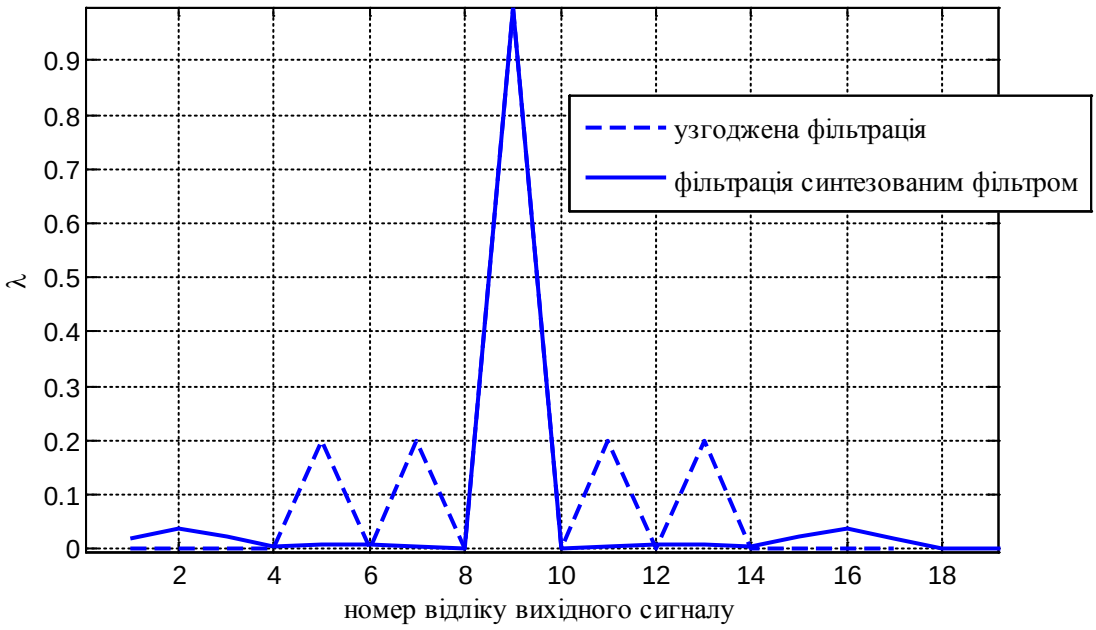

Рис. 2

Для послідовності Баркера з N = 13 синтезовані коефіцієнти фільтра мають наступні значення:
[h1… h33] = [-0.4564 0.7214 -1.2650 0.1684 -0.0028 0.9215 -0.5572 0.3830 -1.4026 -0.0919 5.8618 -7.9644 6.1454 -8.4625 6.4871 7.9642 -9.9079 -7.9642 6.4871 8.4625 6.1454 7.9644 5.8618 0.0919 -1.4026 -0.3830 -0.5572 -0.9215 -0.0028 -0.1684 -1.2650 -0.7214 -0.4564] ;

Сигнал по виходу синтезованого фільтру наведено на рис.3.

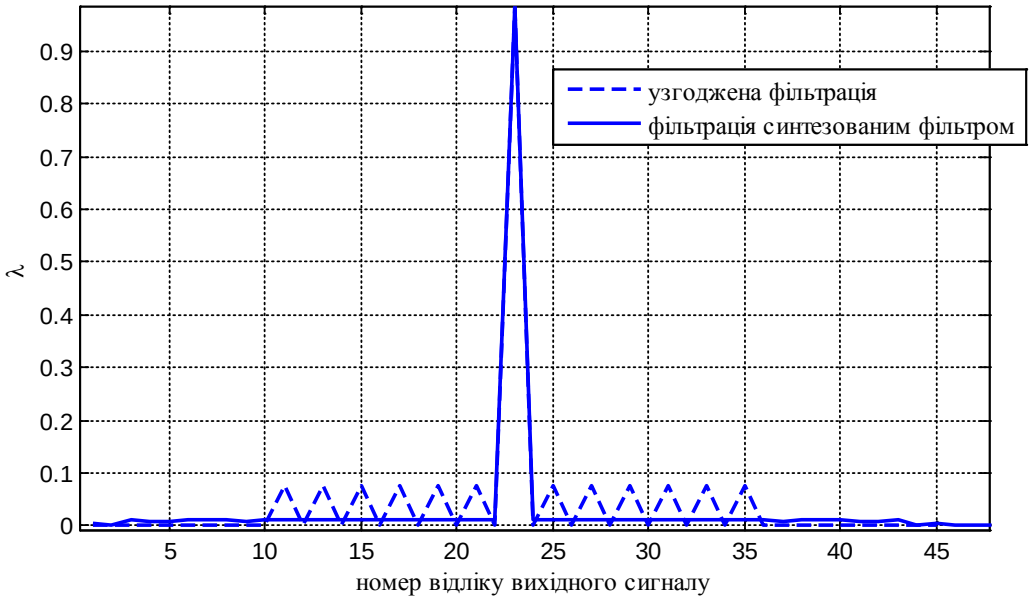

Рис. 3

Наведені результати свідчать про те, що при правильному виборі параметрів фільтра можна досягнути бажаного рівня бічних вихідного сигналу.

Загалом зменшення значення сигнал – завада за потужністю, у порівнянні з узгодженою фільтрацією, є незначним і за дослідженнями мало залежить від значення *K*.

Останнє пояснюється тим, що імпульсний відгук фільтрів має, як правило, наступну структуру: центральна частина імпульсного відгуку майже узгоджена з використаним сигналом; початок та кінець імпульсного відгуку хоч і можуть бути доволі довгими, але по амплітуді значно менші центральної частини. Отже, початок та кінець імпульсного відгуку, виконують корегуючи роль у сенсі зменшення бічних та мало впливають на відношення сигнал/шум.

Переваги цього методу наявні. Незважаючи на ускладнення структури фільтру можна досягнути необхідного рівня бічних кореляційної функції без розширення головного максимуму тим самим задовольнивши рішенню задачі розрізнення цілей з різним значенням ЕПР.

Література

1. Бичков В.Є. Фільтри зменшення бічних пелюстків. Вісник Національного технічного університету України "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2010.-№41.

2. Range sidelobe suppression for Barker codes // IEEE Trans. AES-7. 1971.

3. Achroyd M.H., Ghani F.. “Optimum mismatched filters for sidelobe suppression”, IEEE Trans AES-9 No.2, march 1973 pp. 214-218.

4. Mismatched-filter design for periodic binary phase signals // IEEE Trans. AES-25, No. 6, November 1989. pp.890-897.

5. Амиантов И.Н. Избранные вопросы статистической теории связи.-
М.: Сов.радио.1971.

6. Zaraster S. Minimum peak range sidelobe filters for binary phase-coded waveforms // IEEE Trans. AES-1 No.1. January 1980.