

ПІДСИСТЕМА ДЕКОРЕЛЯЦІЇ СИГНАЛІВ ВІД ПАСИВНИХ ЗАВАД В СУЧАСНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Терещенко О.В., Чмельов В. О.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: alexandr.t.v.188@gmail.com*

SUBSYSTEM OF DECORRELATION OF SIGNALS FROM PASSIVE INTERFERENCES IN MODERN RADARS

A complex approach to the construction of a surveillance radar subsystem is proposed to simultaneously solve the problems of compensating for the effects of passive interference and improving the signal-to-noise ratio to increase the effectiveness of the radar.

Застосування БПЛА стало одним із основних джерел небезпеки об'єктам критично-важливої інфраструктури. Широкий спектр моделей сучасних БПЛА, призвів до появи нового класу складних радіолокаційних об'єктів, виявлення яких ускладнене через їх малі розміри, малу швидкість руху, та застосування для їх виготовлення радіопрозорих матеріалів [1].

Крім того, тактика застосування БПЛА характеризується використанням їх на малих висотах, на фоні місцевих предметів, різкою зміною напрямку і швидкістю руху, зависанням на одному місці в повітрі, що суттєво ускладнює роботу радіолокаційних систем (РЛС) щодо їх виявлення.

Тому постає завдання розробки нових вузлів радіолокаційних систем, які повинні комплексно і одночасно вирішувати декілька завдань в процесі виявлення радіолокаційних об'єктів в складних умовах.

Одна з проблем в роботі РЛС, це захист від пасивних завад різної фізичної природи. Джерелами завад можуть бути: підстилаюча поверхня землі, штучні дипольні відбивачі, метеорологічні утворення – туман, сніг, хмари, тощо [2].

Вирішення задачі захисту РЛС від пасивної завади зводиться до декореляції (вибілення) сигналу, відбитого від пасивної перешкоди, тобто приведення його характеристик до характеристик білого шуму.

Класичним відомим підходом є застосування черезперіодного компенсатора, що реалізується цифровим трансверсальним фільтром з скінченною імпульсною характеристикою [3], структурна схема зображена на рис. 1.

На схемі фільтру, h_i - вагові коефіцієнти, z^{-1} - затримка сигналів на інтервал T , де T - період випромінювання зондуючого сигналу РЛС.

Амплітудно-частотну характеристику цього фільтра $|K_0(f)|$ виберемо так [1], щоб спектральна щільність потужності пасивних завад на його виході $N(f)|K_0(f)|^2$ не залежала від частоти, або $N(f)|K_0(f)|^2 = \text{const} = C$

$$K_0(f) = \sqrt{\frac{C}{N(f)}} \quad (1)$$

Таким чином, бачимо, що на виході фільтру буде збільшена потужність білого шуму. В таких умовах, відношення сигнал шум буде погіршене, і ймовірність виявлення відбитого сигналу від радіолокаційного об'єкту, типу БПЛА, на фоні буде суттєво знижена.

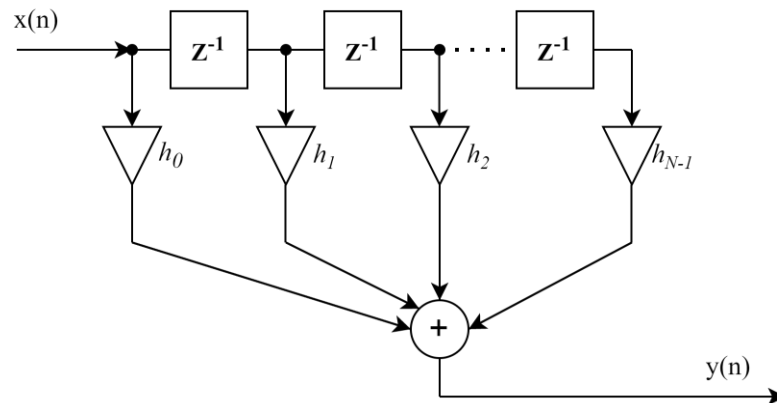


Рис. 1. Структурна схема трансверсального фільтру.

Рішенням показаного недоліку відомого підходу, може бути застосування адаптивного фільтру, який крім декореляції сигналу від пасивної завади ще мінімізує енергію шуму [4]. Такий адаптивний фільтр з скінченною імпульсною характеристикою показано на рис. 2.

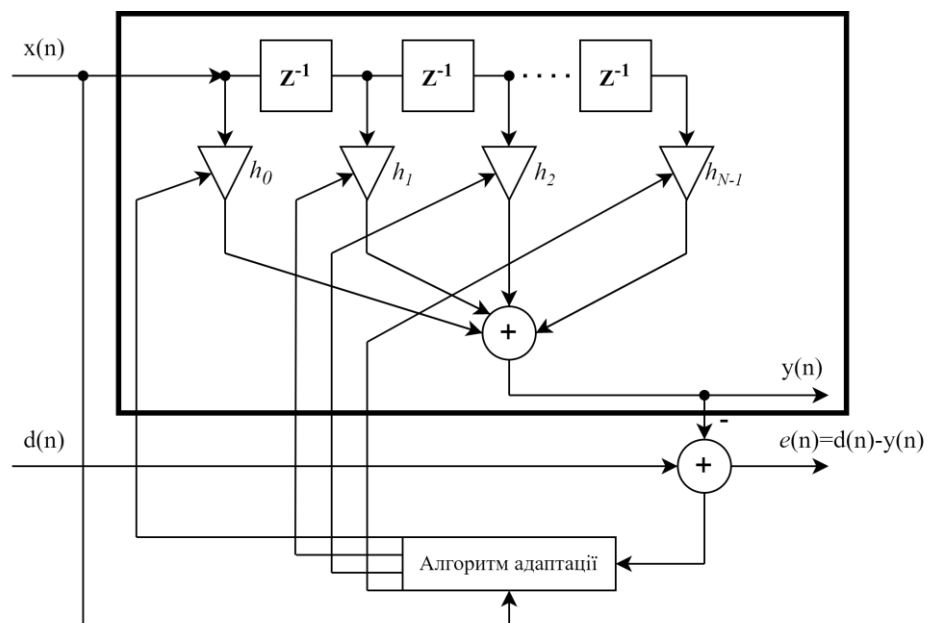


Рис. 2. Структурна схема адаптивного трансверсального фільтру придушення пасивної завади та зменшення потужності шуму.

На схемі фільтру, h_i - вагові коефіцієнти, z^{-1} - затримка сигналів на інтервал T - період випромінювання зондуєчого сигналу РЛС. Сигнал $x(n)$ містить дві складові: сигнал від пасивної завади, і шумову складову. Фільтр повинен мати таку передаточну функцію, що забезпечує на виході сигнал у вигляді білого шуму з мінімальною потужністю. Для цього еталонний сигнал $d(n)$, відносно якого визначається величина помилки $e(n) = d(n) - y(n)$, буде відображати дискретне значення теплового шуму [1]

$$d(t) = k_B T_0 K_u F \quad (2)$$

де k_B - стала Больцмана, T_0 - температура оточуючого середовища 290 К, K_u - коефіцієнт шуму апаратури обробки сигналів 2-3 дБ, F - ширина спектру шуму, як правило для цифрової техніки $F = \frac{f_s}{2}$, f_s - частота дискретизації сигналу.

В результаті адаптації, фільтр забезпечує оптимальну обробку вхідного сигналу від пасивної завади, змішаного з адитивним шумом, за критерієм мінімуму середньоквадратичної помилки – мінімальна потужність [4]

$$\min J_{MSE} = \min M\{e^2(n)\}. \quad (3)$$

Процес адаптації необхідно повторювати у відповідності до зміни завадо-об'єктної обстановки. При появі нових сигналів, відбитих від пасивних завад, або суттєвих змін характеристик уже відомих.

Висновок. Застосування адаптивного трансверсального фільтру з попереднім налаштуванням забезпечить ефективне виявлення БПЛА з малою ЕПР та швидкістю на фоні місцевих предметів, які формують сигнали пасивних завад роботі радіолокаційним системам.

Література

1. Теорія радіолокаційних систем (видання друге): підручник/ Б.Ф. Бондаренко, В.В. Вишнівський, В.П. Долгушин та іню; за заг.ред. С.В. Ленкова. – К. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011.- 383с.
2. Основи теорії радіотехнічних систем: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного Університету Львівська політехніка, 2005. -240 с.: іл. ISBN 966-553-439-4.
3. Методи та засоби обробки сигналів. Навчальний посібник./ Г. Д. Братченко, Б. В. Перелигін, О. В. Банзак, Н. Ф. Казакова, Д. В. Григор'єв — Одеса: Типографія-видавництво «Плутон», 2014. — 452 с.
4. Фактор часу в критичних режимах функціонування радіоелектронних систем./ Бичковський В.О., Реутська Ю.Ю., Чмельов В.О. - Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаробудування. – К.: КПІ, 2018. – Вип. 75. – с. 25-32. DOI: <https://doi.org/10.20535/RADAP.2018.75.25-32>.