

# ШИРОКОСМУГОВА ОБРОБКА АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Рибников М.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87  
e-mail: d\_res@nure.ua

Antenna arrays are used in many applications where high gain and electrically variable radiation patterns are required. However, the main disadvantage of such antennas is their relatively narrow bandwidth. In this article, it is proposed to use time filters in the elements of the antenna array to generate frequency-dependent weights for processing acoustic signals emitted by UAVs.

Широке поширення і доступність малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дозволяє зловмисникові мати на озброєнні малопомітні і компактні пристрої, які можуть використовуватися, як для збору конфіденційної інформації порушуючи приватну територію, так і бути потенційною зброєю. Тому актуальним завданням на сьогоднішній день є виявленням таких пристроїв. Як показує практика, традиційні засоби радіолокації не є достатньо ефективними, та не забезпечують достатнього рівня імовірності виявлення БПЛА. У цьому випадку прийом і обробка акустичного сигналу, випромінюваного електродвигунами БПЛА, дозволяє в значній мірі підвищити вірогідність виявлення. Для отримання кутових координат цілі в пасивній акустичній локації активно застосовують антенні решітки (АР), які складаються з деякої кількості рознесених на однакову відстань  $d$  антен, з'єднаних одним каналом передачі. Однак, як відомо, такі антени відносно вузькосмугові, що обумовлено принципом роботи самої АР.

З результатів дослідження відомо, що в процесі польоту електродвигуни БПЛА випромінюють акустичний сигнал в широкому діапазоні частот, крім того в спектрі сигналу також присутні високоенергетичні гармонійні коливання, які залежать як від частоти обертів електродвигуна, так і від матеріалів, з яких виготовлено той чи інший електродвигун БПЛА. Тому для алгоритмів визначення БПЛА важливо підсилювати сигнал в широкому діапазоні частот, що дозволить задіяти весь енергетичний потенціал спектру корисного сигналу, а також значно збільшити дальність виявлення.

Амплітудно-фазовий розподіл АР зручно описувати у вигляді комплексних вагових коефіцієнтів  $\vec{W}$ . Як відомо при зміні частоти також буде змінюється форма діаграми спрямованості (ДС) АР, тому вагові коефіцієнти, розраховані на деяку частоту  $f$ , не даватимуть необхідний амплітудно-фазовий розподіл на інших частотах [2]. Тому для отримання

частотно-залежних вагових коефіцієнтів  $\vec{W}(f)$ , в даній роботі пропонується використовувати серію відгалужень з лініями затримок у кожному мікрофонному блоці мікрофонної решітки, узагальнена схема якої представлена схема на рис. 1.

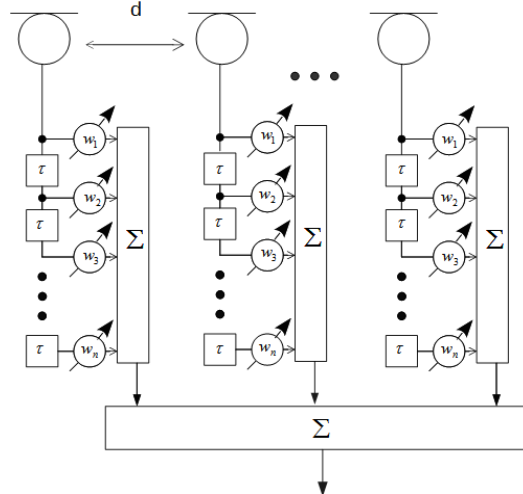


Рисунок 1. – Схема мікрофонної решітки з лініями затримок

В якості таких відгалужень можна використовувати КІХ або НІХ фільтри які будуть виконувати процес часової фільтрації, щоб сформувати частотно-залежний відгук для кожного з прийнятих широкосмугових сигналів [2].

У процесі польоту БПЛА, частота обертів електродвигунів може швидко змінюватися, тому потрібна постійна оптимізація вагових коефіцієнтів  $\vec{W}_{opt}(f)$ , яка може проводитися по одному з відомих критеріїв адаптації [1]. У даній роботі стосовно до широкосмугової АР був використаний такий критерій якості, як максимум відносини сигнал шум (МСШ). Застосування адаптивної обробки дозволяє значно підвищити відношення сигнал шум, за рахунок формування нулів ДС і провалів в АЧХ для частот і напрямків основних джерел перешкод.

Таким чином, реалізація адаптивної антенної решітки з частотно-залежними ваговими коефіцієнтами, дозволяє значно розширити робочий діапазон частот АР, що в свою чергу дозволить значно підвищити дальність виявлення та розпізнавання БПЛА.

#### Перелік посилань:

1. Карташов В.М. Модели и методы обработки сигналов систем радиоакустического и акустического зондирования атмосферы. -Харьков: ХНУРЭ, 2011. - 234 с.
2. Kartashov, V.M., Oleynikov V.N, Zubkov, O.V., Korytsev I.V., Babkin, S.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M. Spatial-temporal Processing of acoustic Signals of Unmanned Aerial Vehicles. Telecommunications and Radio Engineering, 2020, Vol. 79, №9. P.769-780.