

УДК 621.396.92:004.4

ЗАСІБ ПЕЛЕНГАЦІЇ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ НА ОСНОВІ SDR НАСКRF З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ SPECTROZIR SA

Бохан І.А. Белоусов О.Г. Лихограй В.Г.

e-mail: ivan.bokhan@nure.ua, oleksii.bielousov@nure.ua,
vasyl.lykhograi@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, КРІСТЗІ, ФОЕТ
м. Харків, Україна

This work provides an overview of the radio direction finding methods of unmanned aerial systems, reveals the importance of using SDR technology for radio direction finding purposes, lists the technical characteristics of SDR devices and details the technical characteristics of the HackRF SDR device, as well as represents the advantages of using Spectrozir SA and Spectrozir SA Pro software in a tactical level radio direction finding tool based on SDR HackRF.

Під час відбиття російської збройної агресії проти України завдання розробки та ефективного використання засобів радіопеленгації пасивного типу безпілотних авіаційних систем (БАС) залишається дуже актуальним, тому потребує пріоритетної уваги.

В сучасних умовах до основних методів радіопеленгації можна віднести амплітудні методи радіопеленгації, амплітудно-фазові методи радіопеленгації Ватсон-Ватта та Едкока, фазові та інтерферометричні методи радіопеленгації.

Амплітудні методи радіопеленгації, не зважаючи на притаманні їм недоліки, в порівнянні з іншими методами вважаються найпростішими та одночасно достатньо ефективними в разі їх застосування на тактичному рівні/ на полі бою.

Серед переваг амплітудних методів радіопеленгації БАС можна виокремити високу чутливість, яка забезпечується високою спрямованістю антенної системи (АС), просту та недорогу реалізацію в порівнянні з реалізацією інших методів радіопеленгації, високу роздільну здатність при багатопроменевому поширенні за рахунок просторової вибіркості і високої спрямованості АС радіопеленгатора, універсальність АС радіопеленгатора, яка може використовуватись як для радіопеленгації, так і для виконання інших задач радіомоніторингу.

Однією з тенденцій розвитку засобів радіопеленгації БАС останніх років можна вважати поширення застосування пристроїв програмно визначеного радіо незалежно від застосованих методів радіопеленгації.

Програмно визначене радіо (Software Defined Radio, SDR) – це радіотехнологія, в якій важливі функції системи зв'язку щодо обробки сигналу виконуються за допомогою програмного забезпечення з використанням методів цифрової обробки сигналів.

Фактично, SDR є платформою для систем радіозв'язку та апаратного забезпечення, які управляються за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення [1].

Основними технічними характеристиками SDR пристроїв є: частотний діапазон, максимальна смуга пропускання, роздільна здатність аналого-цифрового перетворювача, частота дискретизації.

У світі виробляється велика кількість моделей SDR пристроїв. Одним з видів SDR-обладнання з відкритим вихідним кодом, який використовується як периферійний USB-пристрій, є HackRF One.

HackRF One поєднує в собі такі характеристики, як можливість виконувати функції SDR приймача в широкому частотному діапазоні від 1 МГц до 6 ГГц, наявність смуги пропускання в 20 МГц, можливість працювати в режимі передавача радіосигналу і відносна дешевизна.

В HackRF One застосовується не програмована логічна інтегральна схема (ПЛИС), а більш дешева технологія – програмований логічний пристрій (Complex Programmable Logic Device, CPLD).

HackRF One пропонує три різні частоти дискретизації в порядку мільйонів: 2 Msps, 10 Msps і 20 Msps. Роздільна здатність вибірки 8-бітна (8-бітна I (синфазна) та 8-бітна Q (квадратурна)) [2].

Програмне забезпечення є невід'ємною складовою засобу радіопеленгації БАС на базі HackRF One (рис. 1) і впливає на спроможність такого засобу виконувати завдання за призначенням.

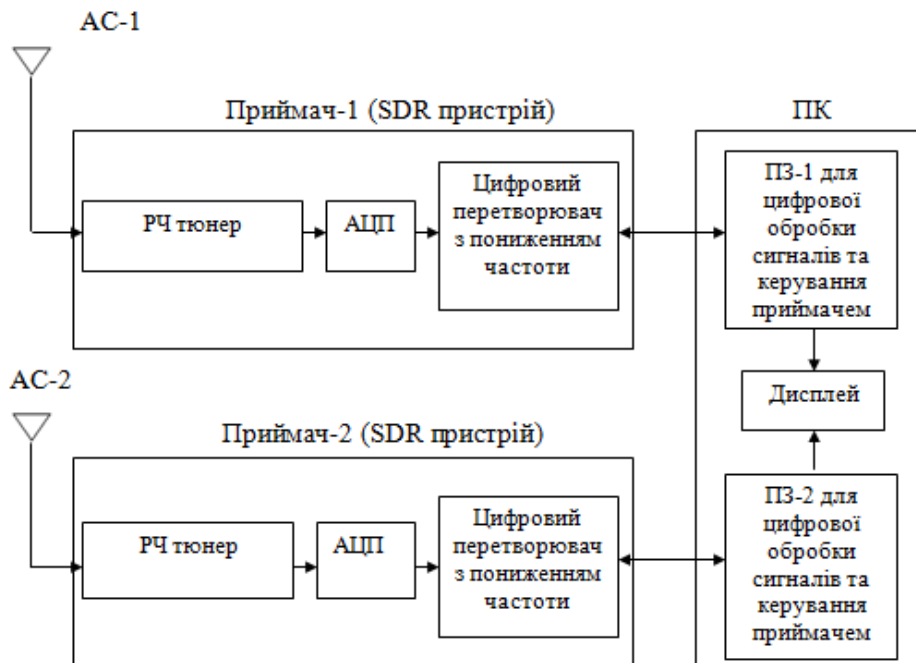


Рисунок 1 – Узагальнена функціональна схема засобу радіопеленгації БАС

У складі засобу радіопеленгації використано ноутбук (ПК) з OS Windows 10, SDR приймач-1 з логоперіодичною антеною та SDR приймач-2 з антеною типу «хвильовий канал». Можливі різні варіації антен.

В засобі радіопеленгації БАС на базі одного або більшої кількості пристроїв HackRF One доцільно встановлювати спеціальне програмне забезпечення SpectroZir SA та/або SpectroZir SA Pro.

Розробник SpectroZir SA зазначив, що для застосунку SpectroZir SA найкращим вибором порівняно з іншими пристроями є HackRF One. Саме з приймачем HackRF One розкриваються всі можливості застосунку [3].

SpectroZir SA використовуються для вирішення таких завдань: перевірка радіочастотного поля та випромінювання навколо, виявлення та радіопеленгація джерел радіовипромінювання, перевірка роботи РЕБ та інших радіопристроїв, виявлення перешкод у радіозв'язку.

SpectroZir SA PRO [4] – розширена платна версія SpectroZir SA. Вона використовується для вирішення таких саме завдань, як і SpectroZir SA.

Засіб радіопеленгації БАС на основі HackRF One з використанням програмного забезпечення SpectroZir SA і SpectroZir SA Pro дозволяє ефективно вирішувати задачі радіопеленгації БАС та здійснювати їх виявлення, ідентифікацію, виявлення наближення / віддалення БАС тощо.

Використання в засобі радіопеленгації БАС одночасно двох HackRF One з антенами, які мають необхідні властивості, параметри та призначення, а також спостереження в режимі реального часу за даними, які надходять з двох SDR приймачів, підвищують ефективність здійснення радіопеленгації БАС та вирішення інших завдань радіомоніторингу БАС

Можливість одночасного перегляду в режимі реального часу до 5 смуг радіочастотного спектру, відображення смуги радіочастотного спектру, ширина якої обмежується діапазоном робочих частот застосовної антени в межах робочого діапазону частот HackRF One, а також можливості встановлення в засобі радіопеленгації зони сигналізації по рівню сигналу та здійснювати фото-, відеофіксацію і збереження даних, які відображаються на екрані, є перевагами, які свідчать про доцільність застосування такого засобу радіопеленгації БАС на тактичному рівні.

Список використаних джерел:

1. Yetti Yuniati, Ardian Ulvan, Sitronella Nurfitriani Hasim. Signal Analysis of Remote Control (RC) UAV Used Software Defined Radio (SDR) HackRF One // Jurnal Sistem Informatika. 2019. Volume 3, Number 01. URL: <https://core.ac.uk/reader/266977250> (дата звернення: 04.03.2025).
2. Erick Medina Moreno. Drone Detection and Inhibition // Master's Thesis. 2020. URL: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/>
3. 330951/Thesis%20Document-approved-150.pdf (дата звернення: 04.03.2025).
4. SpectroZir SA – простий аналізатор спектра радіохвиль. URL: <https://spectrozir.com/> (дата звернення: 04.03.2025).
5. SpectroZir SA PRO. Якщо шукаєте більше можливостей. URL: <https://spectrozir.com/pro> (дата звернення: 04.03.2025).