

ВИКОРИСТАННЯ FMCW РАДАРІВ ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ БПЛА

Вінницький національний технічний університет

Анотація: У роботі розглянуто вимоги до радарів для відстеження безпілотних літальних апаратів та переваги використання FMCW MIMO-технологій.

Ключові слова: FMCW-радар, MIMO, ESCI, БПЛА.

Вступ

Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів створює нові виклики для систем спостереження та безпеки. Через малі розміри й маневровість БПЛА їх важко виявити традиційними радаром. Ефективним рішенням є використання FMCW MIMO-радарів, що забезпечують високу точність, роздільну здатність і стійкість до завад.

Результат дослідження

Радари, призначені для відстеження безпілотних літальних апаратів, повинні відповідати ряду технічних вимог, що забезпечують їхню ефективність у складних умовах. Насамперед, вони мають володіти високою роздільною здатністю за дальністю, кутом та швидкістю, щоб виявляти малорозмірні та малопомітні цілі. Важливою є також висока чутливість приймача та низький рівень власних шумів, що дозволяє фіксувати слабкі відбиті сигнали від невеликих БПЛА. Радарна система повинна забезпечувати точне вимірювання дальності й швидкості навіть за наявності перешкод, зокрема від землі чи інших об'єктів. Крім того, сучасні радари мають бути компактними, енергоефективними та здатними працювати в реальному часі, підтримуючи обробку великих обсягів даних і взаємодію з системами штучного інтелекту для автоматичної класифікації цілей.

Сучасний розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) створює нові виклики у сфері безпеки та оборони. Їхні малі розміри, низька швидкість польоту та можливість виконувати маневри на невеликих висотах ускладнюють виявлення традиційними радаром. Ефективним рішенням цієї проблеми є застосування радарів із частотно-модульованою безперервною хвилею (FMCW — *Frequency Modulated Continuous Wave*)[1] у поєднанні з технологією множинного входу та виходу (MIMO — *Multiple Input Multiple Output*).

FMCW-радари працюють за принципом безперервного випромінювання сигналу, частота якого лінійно змінюється з часом. Відбитий від об'єкта сигнал зміщується за частотою відносно переданого, що дозволяє виміряти відстань до цілі через аналіз різниці частот (так званого «частотного біту»). Завдяки цьому FMCW-радари забезпечують високу роздільну здатність за дальністю при відносно низькій потужності випромінювання. Крім того, шляхом аналізу доплерівського зсуву можна визначати швидкість руху об'єкта, що є важливим для відстеження БПЛА.

Використання MIMO-технології дозволяє суттєво підвищити просторову роздільну здатність радара. Кілька антен передавання та приймання формують віртуальну антенну решітку, еквівалентну великій кількості елементів. Це розширює можливості системи для побудови тривимірних карт радіолокаційного середовища, визначення азимуту та кута місця цілі. У контексті детекції БПЛА така архітектура дає змогу точно локалізувати малорозмірні об'єкти навіть у складних умовах — наприклад, у міських зонах або при наявності перешкод від землі.

FMCW MIMO-радари також відзначаються високою стійкістю до завад і низькою ймовірністю виявлення їхнього випромінювання. Це робить їх придатними для використання у системах пасивного спостереження або прихованого моніторингу повітряного простору. Поєднання цих властивостей дає можливість реалізувати ефективні системи раннього попередження про проникнення БПЛА, автоматизоване супроводження цілей та класифікацію типів об'єктів на основі радіолокаційних ознак.

FMCW MIMO-радар є перспективним інструментом для детекції та відстеження безпілотних літальних апаратів завдяки своїй високій точності, адаптивності та можливості тривимірного просторового аналізу. Подальші дослідження у цій галузі спрямовані на підвищення швидкодії систем обробки сигналів, інтеграцію з технологіями штучного інтелекту для автоматичної ідентифікації БПЛА та зменшення вартості апаратної реалізації таких радарних систем.

Висновки

FMCW MIMO-радар є ефективним та перспективним засобом для точного виявлення і відстеження безпілотних літальних апаратів у складних умовах спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. T. Ince, "FMCW radar performance for atmospheric measurements," Radioengineering, vol. 19, pp. 129–135, 2010.

Тимчик Микола Сергійович — студент групи РТ24м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mykolatymchyk02@gmail.com

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

USING FMCW RADAR FOR UAV DETECTION

Abstract

The paper discusses the requirements for radars used in unmanned aerial vehicle (UAV) detection and the advantages of employing FMCW MIMO technologies.

Keywords: FMCW radar, MIMO, ESCI, UAV.

Tymchyk Mykola S. - student of the RT-24m group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mykolatymchyk02@gmail.com

Supervisor: **Oleksandr Volodymyrovych Osadchuk** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.