

О. О. Майданик, А. М. Мацуї, Є. В. Мелешко

АВТОМАТИЗАЦІЯ АВТОНОМНОГО ПОЛЬОТУ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОВНІШЬОГО МОДУЛЯ НАВІГАЦІЇ

Анотація: робота присвячена актуальній на даний час проблемі, а саме протидії радіоелектронної боротьби (РЕБ) при проведенні аеророзвідки. Зменшити вплив РЕБ можливо використанням повітряного ретранслятора. Однак для керування ним використовується система навігації GPS, яка має певні. Запропоновано навігаційний модуль для підвищення надійності польоту та автоматизованого утримання та повернення БПЛА до точки вильоту.

Ключові слова: БПЛА, радіоелектронна боротьба, GPS-навігація, інерційна навігаційна система.

Annotation: the work is devoted to the problem, which is currently topical, namely the counteraction of electronic warfare (EW) during aerial reconnaissance. It is possible to reduce the influence of EW by using an airborne transponder. However, it uses GPS navigation system to control it, which has certain limitations. A navigation module is proposed to improve flight reliability and automated retention and return of the drone to the point of departure.

Keywords: drones, electronic warfare, GPS navigation, inertial navigation system.

Для виконання високоякісної аеророзвідки та ретрансляції сигналів виникає проблема застосування GPS модулів та радіозв'язку через необхідність забезпечення прямої видимості.

На даний час виникає значна проблема з використанням повітряних ретрансляторів через велику кількість засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Повітряний ретранслятор – це дрон, обладнаний радіоретранслятором, який використовується для продовження сигналу на інший дрон. Зазвичай для виконання таких завдань застосовують комерційні безпілотники серії DJI Mavic, а також безпілотники, що працюють на базі польотних контролерів і програмного забезпечення Ardupilot з розвиненими автоматичними режимами польоту. Такі дрони працюють на радіочастотах 2,4, 5,8 ГГц та 1,5 ГГц (GPS-сигнал), які найчастіше піддаються глушінню.

На рис.1 зображено блок-схему функціонування повітряного ретранслятора. Така система здебільшого застосовується для збільшення дальності сигналу БПЛА типу FPV, що переважно використовуються на фронті. Система складається з наземної станції, БПЛА-ретранслятора, пульта оператора та пульта керування БПЛА, що виступає носієм ретранслятора. Наземна станція включає дві частини: пульт оператора (пульт управління та монітор або відеоокуляри) і зовнішню антену, закріплену на щоглі. Для зв'язку між ними використовується кабель довжиною 30-50 метрів, що дозволяє віддалити операторів від антен та працювати з укриття.

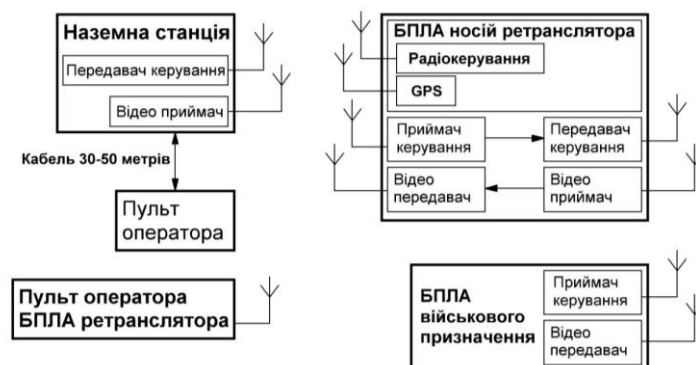


Рисунок 1 – Блок схема роботи повітряного ретранслятора

Основна проблема цієї системи полягає в БПЛА, який слугує носієм ретранслятора і використовує для польоту та утримання позиції GPS-навігацію. У сучасних умовах на фронті використання GPS ускладнюється через заглушення сигналу та спуфінг (заміну координат).

БПЛА, що приймає сигнал від ретранслятора (військовий або FPV-дрон), зазвичай використовує інші частоти радіозв'язку для функціонування в умовах роботи засобів РЕБ.

У ситуації з радіозв'язком можна покладатися лише на GPS та виконання польоту в повністю автоматичному режимі за місією, яка заздалегідь записується в контролер польоту. Проте глобальна система позиціонування GPS має певні недоліки [1]:

- вплив кількості супутників, що передають сигнал на GPS-приймач, залежно від конкретних погодних умов;

- місцезнаходження та свідоме приховування або зміна координат.

При глушінні радіочастотного керування та GPS-навігаційної системи, що є основою при позиціонуванні та виконанні польоту за маршрутом у БПЛА (автоматичний політ), подальше функціонування дрона стає неможливим. Це створює серйозну проблему, оскільки при втраті координат БПЛА здійснює посадку. У випадку підміни координат (потужніший радіосигнал із заздалегідь хибними даними) дрон починає рух у неправильному напрямку, що значно підвищує ризик його втрати.

Для виконання робіт з аеророзвідки необхідний режим утримання в певній точці на визначеній висоті. У сприятливих умовах БПЛА виконують ці завдання за допомогою GPS. Однак точність позиціонування при цьому залишається низькою, що призводить до відхилень апарата на певну відстань. Для вирішення цієї проблеми використовують інерційну навігаційну систему (ІНС). Вона є повністю пасивною і не вимагає радіосигналів, оскільки заснована на використанні датчиків просторового положення (гіроскопа), акселерометра (вимірювання прискорення) і магнітного компаса (визначення напрямку). Через обмежену точність ІНС їх застосовують переважно для стабілізації польоту, тоді як для точного визначення місцеположення використовують глобальну систему позиціонування GPS. Сучасні підходи до підвищення точності GPS-позиціонування описані в роботі [2].

Аналізуючи конструкцію контролера польоту, можна підключити окрему навігаційну систему через перемикач з приймачем радіосигналу, що симулюватиме його протокол обміну даними. Це дозволить вимикати приймач при поганому сигналі, зчитуючи інформацію про якість сигналу від приймача. Для досягнення максимальної точності навігації доцільно використовувати окремий блок на основі комп'ютерного зору. Такий блок повинен базуватися на одноплатному комп'ютері і бути оснащений камерою, спрямованою вниз. Камера фіксуватиме місцевість і зберігатиме її для порівняння під час проходження маршруту повернення. Також цю систему можна використовувати з попередньо завантаженою картою (зображенням) місцевості. На рис. 2 представлена блок-схема зовнішньої навігаційної системи.

Для досягнення кращих результатів до блоку комп'ютерного зору можна додати ІНС. У разі, якщо навігація за зображенням надаватиме неточні дані, маршрут можна коригувати за допомогою ІНС. Такий підхід значно підвищує надійність.

На блок-схемі показані два зовнішні модулі: один на основі ІНС, а інший — на основі одноплатного комп'ютера, оснащеного камерою. Для утримання БПЛА в одній точці найбільш ефективним є модуль, заснований на комп'ютерному зорі. Цей модуль працює за принципом порівняння зображень, визначення зміщення та подальшого перетворення цього зміщення в GPS-координати. Таким чином, цей модуль є взаємозамінним із стандартним GPS-приймачем. Система здатна працювати як для стабілізації позиції, так і для повернення до точки відправлення без використання GPS.

Отже, запропонована система може бути використана як навігаційний модуль для підвищення надійності польоту та автоматизованого утримання і повернення БПЛА до точки старту. Цей модуль можна застосовувати в таких сферах, як охорона території, енергетика [3] і військова справа. Особливо у військовій сфері існує велика потреба в подібних модулях, зокрема при роботі в складних умовах, де є радіозавди.

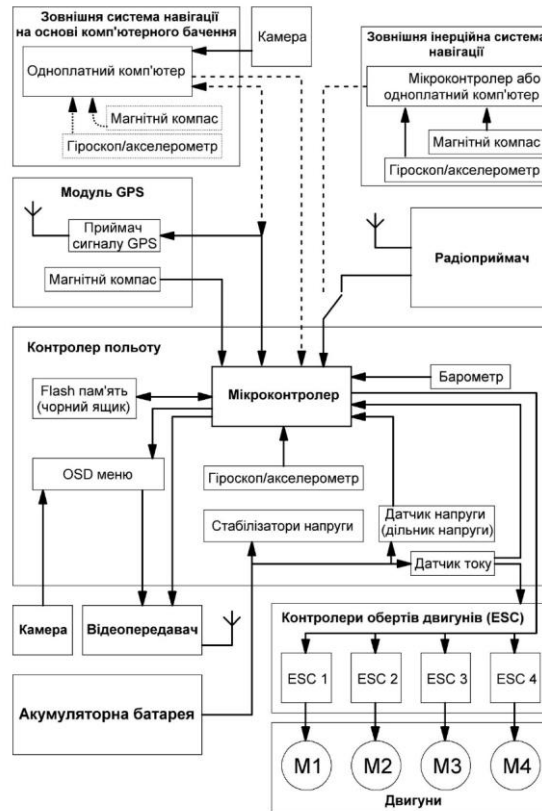


Рисунок 2 – Блок-схема зовнішньої системи навігації

Список використаних джерел:

1. https://око.укр/articles/GPS_GLONASS_AGPS_RTK/
2. Д. Побігайло, С. Ісков Сучасні методи покращення точності GPS-позиціонування. *Технічна інженерія*. 2024. С. 415-419. DOI: 10.26642/ten-2024-1(93)-415-419.
3. O. Kozlovskiy, D. Trushakov, S. Rendzinyak and V. Korud. Development of a UAV-based System for Technical Diagnostics of Overhead Power Lines. *24th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*, Grybów, Poland, 2023, pp. 1-4, DOI:10.1109/CPEE59623.2023.10285318

Майданик Олександр Олександрович – аспірант кафедри автоматизації виробничих процесів, e-mail: sanyamaidanyk@gmail.com, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8580-7502>

Мацуї Анатолій Миколайович – д-р техн. наук, професор, доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, e-mail: matsuyan@ukr.net, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5544-0175>

Мелешко Єлизавета Владиславівна – д-р техн. наук, професор, доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення, e-mail: elismelashko@gmail.com, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8791-0063>

Maydanyk Olexandr Oleksandrovych – Postgraduate student of the Department of Automation of Production Processes, e-mail: sanyamaidanyk@gmail.com, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, <https://orcid.org/0000-0002-8580-7502>

Matsui Anatolii Mykolaiovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Production Process Automation, e-mail: matsuyan@ukr.net, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-5544-0175>

Meleshko Yelyzaveta Vladyslavivna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Cybersecurity and Software, e-mail: elismeleshko@gmail.com, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-8791-0063>