

Лагутін Г. І., Куравська Н. М., Куравський М. В., Гончаров В. О.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. В цій роботі розглядається сучасний стан технологій електроживлення безпілотних літальних апаратів, поділяючи їх на контактну зарядку автономне живлення та методи бездротової передачі енергії. Проаналізовано принципи, переваги, недоліки та сфери застосування кожного з цих підходів. Розглянуто перспективи використання технології бездротової передачі електроенергії, яка усуває необхідність електричного з'єднання між передавачем і приймачем, та визначено напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: мікрохвильова передача енергії, лазерна передача енергії, бездротова передача електроенергії, безпілотний літальний апарат.

Abstract. This paper reviews the current state of the art in power supply technologies for unmanned aerial vehicles, dividing them into contact charging, autonomous power supply, and wireless power transmission methods. The principles, advantages, disadvantages, and applications of each of these approaches are analysed. Prospects for the use of wireless power transmission technology, which eliminates the need for an electrical connection between the transmitter and receiver, are considered, and directions for further research are identified.

Keywords: microwave power transmission, laser power transmission, wireless power transmission, unmanned aerial vehicle.

Вступ

У сучасному театрі бойових дій безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали невід'ємною частиною тактичних і стратегічних операцій. Вони виконують широкий спектр завдань — від розвідки та коригування артилерійського вогню до доставки вантажів і нанесення точкових ударів. Однак ефективність використання БПЛА часто обмежується їхнім енергетичним ресурсом. Залежність від акумуляторів, які мають обмежену ємність, змушує операторів планувати польоти з урахуванням необхідності повернення на базу для підзарядки або заміни батарей. У цьому контексті технології бездротового електропостачання набувають особливої актуальності, відкриваючи нові горизонти для автономного та безперервного функціонування дронів у зоні бойових дій.

Результати дослідження

Одним із ключових напрямів розвитку є мікрохвильова передача енергії. Ця технологія використовує мікрохвилі в діапазоні частот від 300 МГц до 300 ГГц як середовище передачі енергії, що дозволяє реалізувати бездротову передачу енергії на великі відстані [1]. В основному така система складається з двох частин: підсистеми передачі мікрохвиль і підсистеми прийому мікрохвиль. Частина мікрохвильової передачі складається з джерела живлення постійного струму, генератора мікрохвильової енергії (джерело сигналу і підсилювач) і мікрохвильової передавальної антени, яка в свою чергу складається з приймальної антени і схеми мікрохвильового випрямляча. дозволяє передавати електроенергію на значні відстані за допомогою сфокусованого променя, який приймається антеною на борту БПЛА. У військових умовах це може бути реалізовано через мобільні наземні станції або повітряні платформи, що супроводжують дрони під час виконання завдань. Водночас мікрохвильова передача потребує високої точності наведення та захисту від перешкод, що ставить перед розробниками завдання створення стійких до електронної боротьби систем.

Іншим перспективним методом є лазерна передача енергії [2], яка забезпечує високу щільність потоку та точність. У бойових умовах лазер може бути інтегрований у стаціонарні командні пункти або мобільні бойові машини, що дозволяє здійснювати підживлення БПЛА під час виконання місій у межах прямої видимості. Проте лазерна технологія також має свої

обмеження — вона чутлива до погодних умов, потребує точного наведення та може становити ризик для оптики дрона.

Індуктивна передача енергії [3], хоча й обмежена короткими дистанціями, має велике значення для швидкої підзарядки БПЛА на передових позиціях. Вона може бути реалізована через автоматизовані зарядні платформи, інтегровані в бронетехніку або інженерні споруди. Такий підхід дозволяє оперативно забезпечувати енергетичну підтримку дронів без необхідності їх транспортування в тил.

Впровадження бездротового електропостачання у військову сферу має низку переваг. В першу чергу, це зменшує ризик втрати техніки через розряд акумулятора під час виконання завдань. Також забезпечується безперервне спостереження за противником, що критично важливо для розвідки та коригування вогню. В той же час, підрозділи отримують більшу гнучкість у плануванні бойових сценаріїв, оскільки маршрути польотів більше не обмежуються потребою повернення на базу.

Однак впровадження таких технологій супроводжується низкою викликів. Зокрема, джерела енергії можуть бути виявлені противником, що створює ризик їх знищення. Крім того, системи бездротової передачі енергії повинні бути стійкими до електронної боротьби, яка активно використовується у сучасних конфліктах. Надійність обладнання в умовах бойових дій, вплив погодних факторів та необхідність маскуванню — усе це вимагає комплексного підходу до розробки та впровадження таких рішень.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення захищених протоколів передачі енергії, інтеграцію систем живлення з навігаційними алгоритмами БПЛА, а також моделювання бойових сценаріїв з урахуванням енергетичних маршрутів. Використання штучного інтелекту для оптимізації енергоспоживання в реальному часі дозволить підвищити ефективність дронів та адаптувати їх до змінних умов бойового середовища.

У підсумку,

Висновки

Технології бездротового електропостачання мають потенціал радикально змінити підходи до використання БПЛА у військових операціях. Їх впровадження дозволить підвищити автономність, зменшити логістичні витрати та забезпечити перевагу на полі бою. В умовах сучасної війни, де інформація, швидкість і мобільність відіграють вирішальну роль, такі технології можуть стати ключовим фактором успіху.

Список використаних джерел:

1. Trivino A.; Gonzalez-Gonzalez J.M.; Aguado J.A..Wireless power transfer technologies applied to electric vehicles: A review. *Energies*. 2021, №14, P. 15-47
2. He T., Zhang L., Zheng G., Yang C.. Analysis and experiment of the laser wireless energy transmission efficiency based on the receiver of powersphere. *IEEE Access*. 2021. №9. P. 268-293.
3. Liu Z., Li T., Li S., Mi C.C.. Advancements and challenges in wireless power transfer: A comprehensive review. *Nexus*. 2024. №1. P. 132-144

Лагутін Геннадій Іванович — кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: genna.lagutin@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6337-1357>.

Куравська Надія Миколаївна — кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: kn649533@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7755-2899>.

Куравський Максим Віталійович — старший викладач кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету

післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: darin6612@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9360-6850>.

Гончаров Володимир Олександрович – начальник навчально-лабораторного комплексу кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: yaropolk1972@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0001-2595-3380>.

Hennadii Ivanovich Lahutin – PhD in Engineering, Senior Lecturer at the Department of Electrical Systems of Weapons and Military Equipment Complexes, Faculty of Postgraduate Education of the Ivan Kozhedub **Kharkiv** National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: genna.lagutin@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6337-1357>.

Nadia Mikolayvna Kuravska – PhD in Engineering, Senior Lecturer at the Department of Electrical Systems of Weapons and Military Equipment Complexes, Faculty of Postgraduate Education of the Ivan Kozhedub **Kharkiv** National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: kn649533@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7755-2899>.

Maksym Vitaliyovych Kuravskiy – Senior Lecturer at the Department of Electrical Systems of Weapons and Military Equipment Complexes, Faculty of Postgraduate Education of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: darin6612@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9360-6850>.

Volodymyr Oleksandrovich Honcharov – Head of the training and laboratory complex at the Department of Electrical Systems of Weapons and Military Equipment Complexes, Faculty of Postgraduate Education of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: yaropolk1972@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0001-2595-3380>.