

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОСИЛЕННЯ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ З ДРОНАМИ

Явіся В.С., Лисенко О.І., Гетьман О.В.

Навчально науковий Інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: yavisya42@gmail.com

THE METHOD OF INCREASING THE AMPLIFICATION COEFFICIENT OF THE RECEIVING AND TRANSMITTING EQUIPMENT OF THE COMMUNICATION CHANNEL WITH DRONES

When using drones, it is necessary to ensure the transmission of a large amount of data with a given bandwidth and bit error probability. For this, it is necessary to provide measures that allow to ensure the required energy level of the transmitted signal. Such a task can be solved by using directional antennas both on the ground control complex and on board the drone.

За допомогою мультикоптерних дронів можна контролювати технічний стан об'єктів, їх безпеку та режими функціонування, здійснювати аерофотознімання для картографування, дрони можуть доставляти вантажі, бути основою телекомунікаційної повітряної платформи і т.п. [1].

При застосуванні дронів необхідно забезпечити передачу великого обсягу даних при заданих смузі пропускання й імовірності бітової помилки.

Для задоволення вимог по пропускній здатності доцільним є вибір надвисоких частот (НВЧ), а саме, діапазону 2,4 ГГц [2].

Зазвичай дрони використовуються на відстанях до 10 км. У діапазоні 2,4 ГГц загасання сигналу на відстані 10 км досягає 120 дБ [2], тому необхідно передбачити заходи, що дозволяють забезпечити необхідний енергетичний рівень переданого сигналу на такий відстані. Аналіз ринку малогабаритних приймально-передаючих пристроїв показує, що найпоширеніші приймачі із чутливістю порядку -90 дБ, і передавачі з посиленням близько 30 дБ, що дозволяє перекрити загасання в 120 дБ.

Наприклад, для забезпечення ймовірності помилки порядку 10^{-6} при використанні QAM32 на вході приймача необхідно забезпечити відношення сигнал/шум на рівні 18 дБ [2]. Враховуючи втрати у фідері приймача й передавача (усього близько 3 дБ), стає зрозумілим, що енергетика переданого сигналу повинна бути збільшена, як мінімум, на 21 дБ, а в реальних умовах поширення сигналу й впливу ненавмисних перешкод – на ще більшу величину. Розв'язати таке завдання можна шляхом використання спрямованих антен як на наземному комплексі управління (НКУ), так і на борті дрона.

На НКУ можна використати параболічну антену, коефіцієнт підсилення якої для прийнятних ваго-габаритних показників (при діаметрі дзеркала до 0,5 м) складе не більше 19 дБ. Подальше підвищення коефіцієнта підсилення може бути здійснене за рахунок збільшення діаметра дзеркала, що важко реалізувати

для носимих НКУ. Зрозуміло, що рівень сигналу повинен бути підвищений «із запасом» приблизно на 5 дБ.

Управління напрямком максимального посилення бортової антени може здійснюватися декількома способами [2]: установка антени на опорно-поворотному пристрої; використання багатоеlementної антенної решітки з керованою діаграмою спрямованості; використання декількох антен, що перемикаються.

Реалізація першого способу дозволяє використовувати одну гостроспрямовану антену для безперервного спостереження за напрямком на НКУ. При установці антени на опорно-поворотному пристрої необхідне створення обертового переходу. Він може бути розміщений у різних місцях: перед антеною після підсилювача потужності; після передавача перед підсилювачем потужності й антеною; передавальний пристрій, підсилювач потужності й антена розміщуються на поворотному пристрої, через багатоканальний обертовий перехід передаються сигнали та живлення.

Загальними недоліками використання опорно-поворотного пристрою є:

- висока вартість обертового коаксіального НВЧ переходу;
- при розміщенні гостроспрямованої антени будь-якого типу на опорно-поворотному пристрої, більша частина поверхні поворотної платформи залишається невикористаною;
- переміщення антени в горизонтальній площині приводить до переміщення центру ваги дрону, а отже до дестабілізації його просторового положення;
- значні витрати потужності на роботу електропривода.

При реалізації другого способу для створення антенної системи з керованою діаграмою спрямованості може бути використана кільцева антенна решітка. Завдяки кільцевій симетрії антенної решітки вдається одержати спрямовані діаграми, які мало змінюються при скануванні в межах 360° у площині решітки.

Однак, для одержання посилення кільцевою антенною решіткою необхідно збільшувати число елементів, що у зв'язку з ваго-габаритними обмеженнями неприйнятно для мультикоптерних дронів з електроприводом. Крім того, використання багатоеlementної антенної решітки ускладнюється необхідністю виготовлення складних і високовартісних діаграм утворюючих пристроїв.

Третій спосіб передбачає використання декількох антен, що перемикаються, тоді просторові напрямки по азимуту розбиваються на сектори. Зі збільшенням коефіцієнтів підсилення антен їх число зростає, а для розміщення великої кількості антен потрібно збільшувати габаритні розміри й масу всієї антенної системи. У цьому випадку можливий компромісний розв'язок, що забезпечує необхідне посилення й задовольняє ваго-габаритні обмеження.

Для його реалізації пропонується розмістити на борту дрона шість антен типу «хвильовий канал». З урахуванням ваго-габаритних обмежень конструкція однієї антени буде складатися лише із трьох елементів.

Розміри елементів антени визначаються довжиною хвилі, а саме: активний вібратор $A = 0,5\lambda$; рефлектор незначно більше вібратора $R \geq A$; директор незначно менше його $D \leq A$; відстань між рефлектором, активним вібратором і директором $l = 0,25\lambda$. Для обраного частотного діапазону $\lambda = 0,125$ м, тому одна антена має габарити приблизно 7×7 см, а конструкція із шести антен вписується в окружність радіусом $R_6 = 2l + l \sin 60^\circ \approx 9$ см, а її вага складе близько 120 грам. Коефіцієнт підсилення трьохелементної антени типу «хвильовий канал» – 5,5 дБ [2].

При наявності декількох антен на борту дрона виникає необхідність вибору антени, спрямованої у бік НКУ. Існує кілька варіантів реалізації подібної системи: перемикання виходу підсилювача передавача між антенами (один передавач, один підсилювач потужності, кілька антен); перемикання виходу передавача між підсилювачами потужності й антенами (один передавач, кілька сполучених підсилювачів потужності й антен); перемикання сигналу між передавачами (число передавачів і підсилювачів потужності дорівнює числу антен).

При першому варіанті вихідний сигнал підсилювача потужності комутується між декількома антенами. Гідністю цього варіанта є використання єдиного передавального модуля й підсилювача потужності для роботи на кілька антенних пристроїв. Загальним недоліком є втрати в комутуючому пристрої.

При другому варіанті число підсилювачів потужності дорівнює числу антен. До недоліків такого підходу можна віднести: наявність декількох підсилювачів потужності, які займають багато місця й мають більшу вагу.

Третій варіант вимагає використання для кожної антени свого передавача й підсилювача потужності. У цьому випадку перемикач сигналів виконується на рівні цифрової логіки. До переваг даного підходу слід віднести високу надійність системи. Однак платою за це є велика вага й висока вартість.

Очевидно, що для дронів кращим є перший варіант – тобто перемикання виходу підсилювача потужності передавача між антенами.

Таким чином, при використанні запропонованого варіанта побудови антенної системи загальне посилення приймально передавального обладнання каналу зв'язку з дронами може бути значно збільшене, що забезпечить можливість здійснення високошвидкісної та якісної передачі інформації на значні відстані з низькою імовірністю помилки.

Література

1. Lysenko, O., Romaniuk, V., Romaniuk, A., Novikov, V., Yavisya, V., Sushyn, I. (2023). The Method of Using a Telecommunication Air Platform as a Flying Info-Communication Robots. In: Ilchenko, M., Uryvsky, L., Globa, L. (eds) Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems. MCiT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 548. pp 357–376. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16368-5_18. ISSN 2367-3370.
2. Явісія В.С., Лисенко О.І. Спосіб підвищення якості каналу управління дронами // Чотирнадцята міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи телекомунікацій». Матеріали конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 281-284. ISSN (print) 2663-502X, ISSN (online) 2664-3057.