

СУЧАСНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БПЛА

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Харченко О.Ю., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація: У статті наведено результати аналітичного огляду сучасних безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: мультикоптер, квадрокоптер, ШІМ, двигун, датчики

У наш час галузь безпілотних літальних апаратів (БПЛА) активно прогресує, виконуючи різноманітні завдання як у військовій, так і у цивільній сферах, охоплюючи широкий спектр функцій. Мультироторні безпілотні літальні апарати (мультикоптери) здобули велику популярність завдяки їх доступності та простоті в експлуатації. Їх використовують для різноманітних завдань, таких як доставка вантажів, відзняття фото і відео, пошукові операції, спостереження за природними явищами та інші сфери.

Потреба у легких, економічних пристроях, які можуть бути високомобільними і виконувати різноманітні завдання, спричинила розвиток безпілотних літаючих апаратів. Ці апарати з успіхом застосовуються в різних галузях діяльності людини. Квадрокоптери визначалися як одні з перших вертольотів, що здійснили зліт та змогли виконувати польоти. У 1922 році Георгій Ботезату створив та успішно випробував перший квадрокоптер. Тим не менше, ці апарати мали свої недоліки, зокрема, громіздку трансмісію, яка передавала обертання одного мотора на кілька гвинтів. Виникнення хвостового гвинта та автомата перекосу дозволило подолати ці труднощі. Хоча нові розробки квадрокоптерів з'явилися у 1950-х роках, прогрес у цій технології тривалий час залишався обмеженим після тестових зразків.

У сучасний момент на ринку представлено різноманіття безпілотних літальних апаратів, які можуть бути оснащені моторами або бути безмоторними, такими як планери та повітряні змії. Серед моторизованих апаратів, найбільш популярні квадрокоптери. Мультикоптери - це тип безпілотних літальних апаратів, складених з чотирьох несучих гвинтів, які обертаються діагонально у протилежних напрямках. Такі апарати, відомі як мультикоптери, можуть також мати будь-яку кількість несучих гвинтів.

На самому початку розвитку вертольотобудування мультикоптери з'явилися як одна з варіацій вертольотів. Але їх подальший прогрес був обмежений технічними труднощами, такими як складність передачі обертання від одного двигуна на всі гвинти та необхідність в системі перекосу, яка є характерною для класичних вертольотів.

У ХХІ столітті мультикоптери отримали новий поштовх завдяки їх використанню як безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Це стало можливим завдяки прогресу в авіаційних технологіях, таких як більш ефективні та легкі матеріали, потужніші батареї та вдосконалені системи автономії та

дистанційного управління. Квадрокоптер, який є одним з підтипів мультикоптера, представляє собою літальний апарат, побудований за гелікоптерною схемою та обладнаний чотирма гвинтами, що несуть чотири гвинти. Багатовітові вертольоти вже були розроблені в ранні роки історії вертольотобудування. Один з перших квадрокоптерів, який зміг фактично злетіти та залишатися у повітрі, був створений Георгієм Ботезатом і протестований у 1922 році. Однак недоліками цих апаратів була складна трансмісія, яка передавала обертання одного мотора на кілька гвинтів. Винахід хвостового гвинта та автомата перекошу призвів до розвитку цих технологій.

Відновлення досліджень у галузі мультикоптерів розпочалося в 1950-ті роки, але на той час робота не продовжилася далеко за межі прототипів. Справжній прорив стався лише в XXI столітті, коли мультикоптери отримали нове життя як безпілотні апарати. Простота конструкції квадрокоптерів сприяла їх широкому застосуванню в аматорському моделюванні. Крім того, вони виявились зручними для доступної аерофото та кінозйомки, оскільки громіздку камеру можна було виносити із зони дії гвинтів.

Квадрокоптери, оснащені чотирма гвинтами постійного кроку (без автомата перекошу, відмінно від одно- та двогвинтових апаратів), мали кожен гвинт приводжений в рух власним двигуном. Половина гвинтів оберталася за годинниковою стрілкою, а інша половина – проти, що усуває необхідність у хвостовому гвинті. Маневруванням керували зміною швидкості обертання гвинтів. Для забезпечення стабільного утримання у повітрі, мультикоптери обов'язково оснащуються трьома гіроскопами, які вимірюють кутові швидкості та фіксують крен апарата.

Як допоміжний інструмент, іноді використовується акселерометр, який надає дані про абсолютно горизонтальне положення, і бародатчик, який дозволяє фіксувати апарат на необхідній висоті. Для автоматичної посадки та утримання стабільної висоти, а також для обходу перешкод, можуть використовуватися сонарні сенсори. Вони вимірюють час, який потрібен звуковому сигналу на проліт від апарата до поверхні, і на основі цього визначають відстань до об'єктів. Це дозволяє мультикоптеру автоматично реагувати на перешкоди та дотримуватися встановленої висоти під час польоту.

Сучасні мультикоптери використовують безколекторні електродвигуни та літій-полімерні акумулятори як джерело енергії. Типова маса таких апаратів зазвичай коливається від 1 до 4 кг, і час польоту становить від 10 до 30 хвилин (в окремих випадках може досягати 30–50 хвилин). Корисний вантаж, який може піднімати середньорозмірний мультикоптер, розташовується в діапазоні від 500 г до 2–3 кг, що дозволяє підняти в повітря невелику фото- або відеокамеру.

Існують більші версії мультикоптерів, які мають від 6 до 8 роторів, такі як гекса- або октокоптери. Вони здатні піднімати в повітря вантажі важкою до 20–30 кг. Для збільшення їх навантажувальної спроможності використовується розташування несучих роторів у парах. Наприклад, гексакоптер має 12 моторів та 12 пропелерів, розташованих по два на кожній з шести несучих стійок. Такі

мультикоптери можуть розвивати швидкість від нуля (стаціонарне утримання в повітрі) до 100–110 км/год.

Квадрокоптер складається з низки ключових компонентів, і без більшості з них стабільний політ неможливий. По-перше, це польотний контролер, який обробляє всю надходячу інформацію та видає відповідні сигнали для двигунів. Зазвичай контролер отримує вхідну інформацію у цифровому форматі з широтно-імпульсною модуляцією.

Для повного контролю над рухом у повітрі використовуються чотири основні канали: газ, рискання, тангаж і крен. Деякі польотні контролери також мають різні режими польоту, що дозволяє використовувати додаткові канали вхідного сигналу. Крім того, контролери оснащені датчиками, які надають інформацію про положення апарата в повітрі. Використовуючи ці дані, контролер автоматично коригує вихідний сигнал для забезпечення стабільності та точності управління. Після обробки сигналу для отримання відповідних значень напруги, пропорційних швидкості кожного з чотирьох гвинтів, сигнал подається на ПІД-регулятор, який контролює сигнал великої потужності, що безпосередньо подається на двигун. Така система дозволяє ефективно керувати обертанням кожного гвинта для забезпечення стабільності та точності управління [3].

Інтерфейс керування квадрокоптером складається з чотирьох основних каналів: регулювання потужності всіх двигунів, нахил вперед та назад по горизонталі, нахил вправо та вліво по горизонталі й поворот вздовж осі Z. Стандартний контролер отримує сигнали від радіоприймача та безпосередньо передає їх на двигуни. Цей метод є простим та надійним, маючи невелику кількість факторів, які можуть впливати на стабільність роботи.

Безпілотні мультикоптери знайшли широке використання в різних галузях, включаючи фото- та відеозйомку, моніторинг сільськогосподарських угідь, а також у рятувальних операціях, наукових дослідженнях і розважальній індустрії. Мультикоптери мають компактні розміри, є легкими, дуже маневреними, відносно доступними і легкими у використанні. Ці характеристики дозволяють їх використовувати в рятувальних операціях, наукових дослідженнях, доставці невеликих вантажів та багато іншого. Проте основна проблема мультикоптерів – це обмежений час польоту через невелику потужність батареї. Багато мультикоптерів використовують безколекторні електродвигуни, які швидко розряджаються.

Незважаючи на це, безпілотні мультикоптери стали популярними завдяки їхній високій маневреності, простоті управління та можливості автономної роботи.

Список літератури

1. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology. IEEE Transactions on Control Systems Technology. 2005. 576 p.
2. Stellman A. Applied Software Project Management. O'Reilly Media. 2008. 336 p.
3. Petter L. Quantification and Traceability of Requirements. O'Reilly Media. 2005. 115 p.