

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ Мельник Ю. В.

“12” червня 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ

“БАКАЛАВР”

Спеціальність 151 «Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і
виробництва»

**Тема: Інтелектуальний модуль визначення цілей для БПЛА спец
призначення в автономному режимі**

Виконавець: студент групи СУ 313 Сатала Богдан Романович

Керівник: Мельник Юрій Віталійович

Нормоконтролер: Мельник Юрій Віталійович

Київ 2024

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Інтелектуальний модуль визначення цілей для БПЛА спец призначення в автономному режимі»: 58 ст., 23 рисунки, 15 використаних джерел.

Актуальність дослідження. У сучасному світі розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) набирає все більших обертів, що зумовлено їх широким спектром застосування як у цивільних, так і у військових сферах. Особливо це стосується військових операцій, де БПЛА відіграють ключову роль у розвідувальній діяльності, спостереженні та виконанні ударних місій. В умовах сучасної гібридної війни, де швидкість реакції та точність ударів мають вирішальне значення, створення інтелектуального модуля для визначення цілей в автономному режимі стає надзвичайно актуальним.

Використання таких технологій дозволяє зменшити ризики для людського життя, підвищити ефективність бойових операцій та забезпечити більш точну і своєчасну інформацію про місцезнаходження ворога. Таким чином, розробка інтелектуального модуля для визначення цілей на базі БПЛА може суттєво підвищити бойову готовність та ефективність військових сил України.

Об'єкт дослідження – безпілотні літальні апарати.

Предмет дослідження – інтелектуальний модуль визначення цілей для безпілотного літального апарату.

Мета дослідження – розробити інтелектуальний модуль визначення цілей для безпілотного літального апарату.

Наукова новизна – розроблений інтелектуальний навігаційний модуль здатний визначати цілі для БПЛА в автономному режимі, що дозволить підвищити якість і точність його застосування та можливість адаптації до різних завдань та умов.

Методи дослідження: аналізу, порівняння, аналітичного і імітаційного моделювання.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані при вирішенні широкого кола задач де важливо керування в автономному режимі БПЛА.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
РОЗДІЛ ПЕРШИЙ.....	7
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	7
1.1.Опис безпілотного літального апарата.....	7
1.2.Основні матеріали і програми задіяні для розробки - їх опис.....	8
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ	14
РОЗДІЛ ДРУГИЙ	15
ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ КОНСТРУКЦІЇ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	15
2.1. Пускова установка для безпілотника.....	15
2.1.1. Технічні аспекти катапультних систем	17
2.1.2. Переваги резинової катапульти.....	19
2.1.3. Керування катапультою для запуску безпілотних літальних апаратів.....	20
2.4. Конструкція плати	24
2.2 Опис конструкції літака	29
2.3 Опис електроніки та програмування БПЛА	31
2.3.1. Політний контролер Matek H-743-Wing.....	35
2.3.2. Відеопередавачі (VTX)	37
2.2.3. GPS модулі	37
2.2.4. Радіоприймачі (RC Receiver).....	38
2.2.5. ESC регулятори (Electronic Speed Controllers)	38
2.2.6. Двигуни та пропелери (пропи)	38
2.2.7. Камера.....	39
ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ.....	39
РОЗДІЛ ТРЕТІЙ.....	40
ПІДКЛЮЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	40

3.1. Підключення всіх компонентів до Matek H-743-Wing	40
3.2. Підключення Raspberry Pi до Matek H-743-Wing.....	44
3.3. Інтеграція з MAVLink	47
3.4. Штучний інтелект в безпілотнику	52
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

Україна, знаходячись в умовах постійної військової загрози, особливо після початку конфлікту на сході країни у 2014 році та повномасштабного вторгнення Росії у 2022 році, потребує сучасних і технологічно передових засобів для захисту своєї території та забезпечення національної безпеки. БПЛА стають невід'ємною частиною арсеналу Збройних Сил України, оскільки вони забезпечують:

Розвідка та спостереження: БПЛА дозволяють здійснювати повітряну розвідку в реальному часі, збирати дані про розташування та пересування противника, контролювати лінію фронту та відслідковувати потенційні загрози.

Цілевказівка та коригування вогню: Використання БПЛА для визначення координат цілей і коригування артилерійського вогню дозволяє значно підвищити точність ударів, знижуючи витрати боєприпасів і мінімізуючи побічні втрати серед цивільного населення.

Ударні місії: Бойові БПЛА здатні виконувати завдання з ліквідації важливих цілей, таких як командні пункти, склади боєприпасів, техніка противника. Вони можуть діяти автономно або під керівництвом операторів.

Забезпечення безпеки кордонів: БПЛА ефективно використовуються для моніторингу державного кордону, попередження нелегального проникнення, контрабанди та інших загроз.

У контексті сучасного військового конфлікту, що триває на території України, використання БПЛА стало одним із ключових елементів військової стратегії. Військові дії, які супроводжуються високою динамікою змін на полі бою, вимагають оперативної та точної інформації, яку можуть забезпечити саме БПЛА. Вони використовуються для:

Розвідки та спостереження: Збір інформації про дислокацію і рух ворожих військ, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в тактичній обстановці.

Ударних операцій: Виконання точкових ударів по важливих об'єктах інфраструктури противника, що знижує його бойовий потенціал та деморалізує війська.

Контролю території: Моніторинг захоплених та звільнених територій для попередження диверсій та забезпечення безпеки мирного населення.

Евакуаційних операцій: Пошук та евакуація поранених бійців з поля бою, а також доставка медикаментів і припасів в важкодоступні райони.

Зважаючи на вище сказане, розробка інтелектуального модуля для автономного визначення цілей БПЛА є надзвичайно важливою і актуальною задачею. Це дозволить значно підвищити ефективність використання безпілотників у військових операціях, забезпечити швидке та точне виконання бойових завдань, мінімізуючи при цьому ризики для людського життя.

РОЗДІЛ ПЕРШИЙ

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

1.1. Опис безпілотного літального апарата

Загальні характеристики.

Розроблюваний безпілотний літальний апарат (БПЛА) є високотехнологічним пристроєм, який поєднує в собі сучасні досягнення в галузі аеродинаміки, електроніки та систем керування. Його конструкція та дизайн нагадують відомий MiniShark, що забезпечує високу ефективність і надійність у виконанні поставлених завдань.

Фізичні параметри.

БПЛА має такі основні фізичні характеристики:

Вага: 15 кг. Така маса дозволяє апарату бути достатньо маневровим і одночасно стабільним під час польоту, що є важливим для виконання розвідувальних місій.

Фюзеляж: Аеродинамічна форма фюзеляжу, подібна до MiniShark, забезпечує мінімальний опір повітрю і максимальну дальність польоту. Використання легких і міцних матеріалів, таких як вуглецеве волокно, дозволяє збільшити тривалість польоту та витривалість апарата.

Системи посадки та запуску.

БПЛА обладнаний двома ключовими системами, що забезпечують його автономне функціонування:

Система посадки: Розроблена система посадки забезпечує м'яке і точне приземлення апарата, мінімізуючи ризик пошкоджень при приземленні. Вона включає в себе автоматичні стабілізатори, що контролюють положення апарата при зниженні, а також амортизатори для пом'якшення удару при контакті з землею.

Пускова система (катапульта): Для забезпечення швидкого і безпечного старту, використовується катапультна система запуску. Вона дозволяє апарату набрати необхідну висоту і швидкість за короткий проміжок часу, що є важливим для швидкого початку виконання розвідувальних завдань. Катапульта забезпечує стабільний і потужний старт, що мінімізує ризик відхилень від траєкторії польоту на початковій стадії.

Основне завдання

Головною задачею даного БПЛА є розвідка та передача даних. Для виконання цієї задачі апарат оснащений сучасним обладнанням, яке включає в себе:

Розвідувальні сенсори: Високочутливі камери та інфрачервоні сенсори дозволяють отримувати детальну інформацію про місцевість, об'єкти та активність противника як вдень, так і вночі.

Система передачі даних: Високошвидкісні канали зв'язку забезпечують швидку та надійну передачу зібраної інформації в режимі реального часу до командних центрів. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну ситуації на полі бою та приймати відповідні тактичні рішення.

Розроблюваний БПЛА є важливим елементом сучасної військової техніки, здатним значно підвищити ефективність розвідувальних операцій та забезпечити високоякісну передачу даних. Завдяки своїм характеристикам, таким як мала вага, надійні системи посадки і запуску, а також сучасне розвідувальне обладнання, цей безпілотник стане незамінним інструментом для забезпечення національної безпеки та оборони України.

1.2. Основні матеріали і програми задіяні для розробки - їх опис

Fusion 360 – це інтегроване програмне забезпечення для комп'ютерного проектування (CAD), комп'ютерної інженерії (CAE) і комп'ютерного виробництва (CAM), розроблене компанією Autodesk. Воно об'єднує всі етапи розробки

продукту в одному єдиному середовищі, що робить його надзвичайно зручним і ефективним для інженерів, дизайнерів і виробників.

Моделювання:

- Параметричне моделювання: Дозволяє створювати моделі з точними параметрами і залежностями, що полегшує редагування та оптимізацію конструкцій.

- Поверхневе моделювання: Забезпечує інструменти для створення складних органічних форм, що є важливим для промислового дизайну.

- Прямокутне моделювання: Дозволяє створювати геометрії без жорстких параметрів, що є корисним для концептуального проектування.

Симуляція:

- Механічний аналіз: Включає в себе аналіз міцності, напруги і деформації матеріалів.

- Тепловий аналіз: Дозволяє оцінити теплові характеристики виробів, що важливо для електронних пристроїв і механічних систем.

- Динамічний аналіз: Включає в себе симуляцію руху механізмів та систем, дозволяючи оцінити їх поведінку в реальних умовах.

Виготовлення:

- CNC обробка: Містить інструменти для створення програм управління для ЧПУ-станків, включаючи 2D і 3D маршрути обробки.

- 3D-друк: Підтримка різних технологій 3D-друку, дозволяє підготувати моделі до друку з урахуванням особливостей обладнання.

- Формування: Інструменти для проектування форм і підготовки до лиття, що включає в себе аналіз можливих дефектів і оптимізацію процесу.

Колаборація:

- Хмарне зберігання: Усі проекти зберігаються в хмарі, що забезпечує доступ до них з будь-якого місця і з будь-якого пристрою.

- Спільна робота: Кілька користувачів можуть одночасно працювати над одним проектом, бачити зміни в реальному часі і керувати версіями.

- Рецензування та коментування: Інструменти для спільного рецензування проектів і коментування змін.

2. **DipTrace** — це комплексне програмне забезпечення для проектування друкованих плат (PCB), яке забезпечує інтуїтивний інтерфейс і потужні функціональні можливості для інженерів-електроніків.

Схемотехнічний редактор:

- Інтуїтивний інтерфейс: Простий у використанні інтерфейс дозволяє швидко створювати електричні схеми, використовуючи широкий спектр компонентів.

- Легкість використання: Можливість швидкого створення і редагування схем, автоматична нумерація компонентів і зв'язків.

- Бібліотеки компонентів: Вбудовані бібліотеки компонентів, що включають стандартні і спеціалізовані компоненти з можливістю їх редагування і створення власних.

Редактор друкованих плат:

- Багатошарові плати: Підтримка проектування багатошарових плат з можливістю налаштування кожного шару.

- Автоматичне і ручне трасування: Інструменти для автоматичного трасування з можливістю ручного коригування.

- Перевірка правил проектування (DRC): Інструменти для автоматичної перевірки відповідності проекту правилам проектування, що знижує ймовірність помилок.

Симуляція:

- Пре-симуляція: Можливість перевірки електричних характеристик схеми перед створенням плати.

- Пост-симуляція: Аналіз роботи схеми після її виготовлення і тестування в реальних умовах.

3D-моделювання:

- 3D-візуалізація: Інструменти для візуалізації плати в тривимірному просторі, що дозволяє перевірити розташування компонентів і виявити можливі конфлікти.

- Експорт в формат STEP: Можливість експорту 3D-моделей для використання в інших CAD-системах.

3. **MissionPlanner** — це програмне забезпечення для наземної станції управління безпілотними літальними апаратами (БПЛА), яке розроблене для роботи з автопілотом ArduPilot. Воно забезпечує повний контроль над плануванням місій, моніторингом і аналізом польотів.

Планування місій:

- Графічний інтерфейс: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для створення польотних планів з використанням точок маршруту (waypoints), обмежень і зон цікавості (ROI).

- Завдання для автопілота: Налаштування завдань для автопілота, включаючи автоматичний зліт, посадку, обліт перешкод і інші маневри.

- Режими польоту: Підтримка різних режимів польоту, таких як стабілізація, утримання висоти, слідування за маршрутом і інші.

Моніторинг в реальному часі:

- Телеметрія: Відстеження всіх параметрів польоту в реальному часі, включаючи положення, швидкість, висоту, рівень заряду батареї і стан сенсорів.

- Відображення на карті: Інтеграція з картографічними сервісами для відображення маршруту польоту на мапі, що дозволяє бачити поточне місце розташування БПЛА і його маршрут.

- Аналіз даних: Збір і аналіз телеметричних даних для подальшого вивчення і оптимізації польотів.

Калібрування і налаштування:

- Калібрування сенсорів: Інструменти для калібрування компаса, гіроскопа, акселерометра і інших сенсорів, що забезпечує точність польоту.

Налаштування параметрів: Можливість налаштування PID-регуляторів, параметрів навігації і інших параметрів автопілота для оптимальної роботи.

Аналіз польотних журналів:

- Завантаження і аналіз: Інструменти для завантаження польотних журналів і їх детального аналізу з метою виявлення помилок і оптимізації системи.

Візуалізація даних: Графічна візуалізація польотних даних, що дозволяє легко розуміти і інтерпретувати результати.

4. **INAV Configurator** — це спеціалізоване програмне забезпечення для налаштування і керування автопілотом INAV, який використовується у безпілотних літальних апаратах (БПЛА) і безпілотних наземних транспортних засобах.

- Інтерфейс користувача: INAV Configurator має простий і інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс, що дозволяє легко налаштовувати параметри автопілота, такі як PID-регулятори, режими польоту і калібрування сенсорів.

- Моніторинг системи: Програмне забезпечення відображає в реальному часі стан сенсорів, параметри польоту і положення БПЛА. Це дозволяє користувачам контролювати і оптимізувати роботу автопілота.

- Тестування і симуляція: INAV Configurator включає інструменти для симуляції роботи автопілота, що дозволяє тестувати налаштування без потреби в реальному польоті.

- Оновлення прошивки: Програмне забезпечення дозволяє завантажувати і оновлювати прошивку автопілота, забезпечуючи підтримку нових функцій і виправлень помилок.

5. **STM32 CUBE IDE** — це інтегроване середовище розробки (IDE) від STMicroelectronics, призначене для створення, налагодження і тестування програм для мікроконтролерів STM32.

- Інтеграція з STM32CubeMX: STM32 CUBE IDE підтримує інтеграцію з інструментом STM32CubeMX, що дозволяє автоматично генерувати стартовий код для проектів на основі графічних налаштувань периферійних пристроїв.

- Редактор коду: Програмне забезпечення включає розширені функції для редагування коду, такі як автозавершення, підсвічування синтаксису, пошук і заміна, рефакторинг та підтримка декількох мов програмування (C, C++, ASM).

- Налаштування: STM32 CUBE IDE надає інструменти для налаштування програмного забезпечення в реальному часі, включаючи встановлення точок зупинки, відстеження змінних, аналіз стеку викликів і журналування.

- Симуляція і емуляція: IDE підтримує симуляцію роботи мікроконтролера, що дозволяє тестувати код без необхідності завантаження його на фізичний пристрій. Це знижує ризик помилок і скорочує час розробки.

6. **STM32 CUBE MX** — це інструмент для графічної конфігурації мікроконтролерів STM32, який допомагає спростити розробку програмного забезпечення.

- Налаштування апаратних компонентів: Графічний інтерфейс для налаштування всіх периферійних пристроїв і функцій мікроконтролера.

- Генерація коду: Автоматичне генерування ініціалізаційного коду на основі зроблених налаштувань, що значно прискорює розробку.

- Проектна документація: Можливість створення детальної документації проекту для подальшого використання і налаштування.

- Інтеграція з STM32CubeIDE: Забезпечує безшовну інтеграцію з середовищем розробки STM32CubeIDE для подальшого написання і налаштування коду.

7. **STM32 LinkUtility** — це програмне забезпечення для роботи з програматором ST-Link, яке дозволяє програмувати та налагоджувати мікроконтролери STM32.

- Програмування мікроконтролера: Дозволяє завантажувати прошивку на мікроконтролер через програматор ST-Link.

- Читання і запис пам'яті: Інструменти для читання, запису і видалення даних з пам'яті мікроконтролера.

- Налагодження: Можливості для налагодження програмного забезпечення, що працює на мікроконтролері, включаючи відстеження змінних і реєстрів.

- Оновлення прошивки ST-Link: Інструменти для оновлення прошивки програматора ST-Link для забезпечення сумісності з новими моделями мікроконтролерів.

8. **STM32 Cube Programmer** – це універсальне програмне забезпечення для програмування, налаштування і налагодження мікроконтролерів STM32.

Програмування Flash-пам'яті: Дозволяє завантажувати і оновлювати прошивки мікроконтролерів STM32 через різні інтерфейси (JTAG, SWD, UART, USB).

Читання і запис пам'яті: Можливість читання, запису і перевірки вмісту пам'яті мікроконтролера.

Конфігурація опційних байтів: Інструменти для налаштування захисту пам'яті, рівнів захисту та інших опційних параметрів мікроконтролера.

Налагодження: Засоби для базової налагодження, включаючи встановлення точок зупинки і відстеження виконання коду.

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

Значення та актуальність використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в сучасних умовах

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали невід'ємною частиною сучасних технологічних рішень у різних сферах, включаючи військову справу, розвідку, цивільне застосування та рятувальні операції.

РОЗДІЛ ДРУГИЙ

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ КОНСТРУКЦІЇ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

2.1. Пускова установка для безпілота

Катапульта для запуску безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є важливим технічним засобом, який значно покращує ефективність та безпеку запуску цих апаратів. Її використання має кілька ключових переваг і причин, зокрема:

1. Забезпечення швидкого і надійного старту

- Швидкість розгону: Катапульта дозволяє швидко набирати необхідну швидкість для зльоту, що є критичним для апаратів з фіксованим крилом. Завдяки потужному прискоренню, БПЛА може досягти потрібної швидкості навіть на обмеженій площі, що особливо важливо у бойових умовах або в умовах обмеженого простору.

- Стабільність запуску: Катапульта забезпечує стабільність траєкторії під час запуску, мінімізуючи ризик відхилення від заданого маршруту. Це дозволяє уникнути аварійних ситуацій під час зльоту.

2. Використання в обмежених просторах

- Мінімальні вимоги до злітної смуги: Для традиційного зльоту з злітно-посадкової смуги потрібно багато місця. Катапульта ж дозволяє запускати БПЛА з невеликої площі, що робить можливим використання в умовах міських зон, густих лісів, гірських районів або на борту кораблів.

- Мобільність: Катапульти можуть бути мобільними і легко транспортуватися на нові позиції, що є великим плюсом у військових операціях або під час проведення рятувальних місій.

3. Підвищення безпеки

- **Запуск у складних умовах:** Катапульта дозволяє здійснювати запуск навіть у несприятливих погодних умовах, таких як сильний вітер чи обмежена видимість, що може бути проблематичним для звичайного зльоту.

- **Захист апарата:** Використання катапульти мінімізує механічні навантаження на апарат під час старту, що знижує ризик пошкоджень і підвищує загальну надійність БПЛА.

4. Ефективність та економія ресурсів

- **Зниження витрат:** Використання катапульти може знизити потребу в дорогих та складних злітно-посадкових смугах, що економить ресурси на їх будівництво та утримання.

- **Автономність:** Катапульти можуть працювати автономно, не вимагаючи додаткової інфраструктури чи значного людського ресурсу, що є важливим для швидкого розгортання і операцій у віддалених або небезпечних зонах.

5. Підвищення бойової готовності

- **Швидка підготовка до польоту:** Катапульта дозволяє швидко підготувати БПЛА до польоту без необхідності довготривалих перевірок та підготовчих процедур, що є критичним у бойових умовах.

- **Надійність в екстремальних умовах:** Катапульти системи, як правило, мають високу надійність і простоту у використанні, що знижує ймовірність збоїв під час запуску в екстремальних бойових ситуаціях.

6. Відповідність різним типам БПЛА

- **Універсальність:** Катапульти можуть бути налаштовані для запуску різних типів БПЛА, від легких розвідувальних до важких ударних моделей. Це забезпечує гнучкість у використанні однієї системи для різних завдань та апаратів.

- **Адаптивність:** Сучасні катапульти можуть бути адаптовані для запуску БПЛА різних розмірів і ваги, що робить їх універсальними для різних місій і умов експлуатації.

2.1.1. Технічні аспекти катапультних систем

Катапультні системи для БПЛА можуть бути різних типів, включаючи пневматичні, гідравлічні, електромагнітні та пружинні катапульти. Кожна з них має свої переваги і може бути обрана в залежності від конкретних вимог і умов експлуатації.

- Пневматичні катапульти: Використовують стиснене повітря для запуску БПЛА. Вони зазвичай прості в обслуговуванні і надійні.
- Гідравлічні катапульти: Забезпечують більш плавний і контрольований запуск завдяки використанню рідини під тиском.
- Електромагнітні катапульти: Використовують електромагнітні сили для розгону БПЛА, що дозволяє досягати високої швидкості на коротких дистанціях.
- Пружинні катапульти: Найпростіший тип, який використовує енергію стиснутої пружини для запуску. Вони компактні і легкі, але мають обмежену потужність у порівнянні з іншими типами.

В нашому випадку ми використовуємо резинну катапульти яка вказана на рис 2.1.



Рисунок 2.1 – Резинова катапульта для запуску БПЛА

Резинова катапульта для запуску безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є простим, ефективним і надійним рішенням для забезпечення швидкого старту літальних апаратів в різних умовах. Нижче детально розписано конструкцію, принципи роботи та переваги даної катапультної системи.

Загальні характеристики

- Максимальна вага БПЛА: 15 кг
- Сила натягу гуми: 500 кг
- Швидкість вильоту: 70 км/год
- Навантаження під час запуску: 7G
- Довжина катапульти: 3 м
- Кут нахилу: 15 градусів
- Матеріал конструкції: алюміній

Конструктивні особливості

Катапульта складається з кількох ключових компонентів, які забезпечують її функціональність і надійність:

- Каретка: Спеціально розроблена під конкретний безпілотник, забезпечуючи надійне кріплення та запуск БПЛА.
- Резина: Високоміцна гума, яка натягується для створення необхідної сили для запуску апарата. Сила натягу становить 500 кг, що забезпечує достатнє прискорення для досягнення швидкості 70 км/год.
- Електролебідка: Використовується для натягу резини до потрібного рівня натягу. Забезпечує автоматизований і точний контроль сили натягу.
- Пусковий механізм: Організований за допомогою сервопривода, який дозволяє точний і надійний запуск каретки організований за допомогою сервопривода hitec db777wp.
- Плата керування: Центральний компонент, який контролює всі аспекти роботи катапульти, включаючи натяг резини, запуск каретки і взаємодію з пультом керування.
- Пульт керування: Дозволяє оператору дистанційно керувати процесом запуску, забезпечуючи безпеку та зручність використання.

- Акумулятор: Забезпечує живлення для всієї системи, включаючи електролебідку, сервопривод та плату керування.
- Соленоїд для керування лебідкою: Використовується для контролю натягу резини через електролебідку, забезпечуючи точність і стабільність процесу натягу.

Принцип роботи.

1. Підготовка:

- БПЛА кріпиться до каретки, яка встановлена на направляючі катапульти.
- Електролебідка натягує гуму до необхідної сили натягу (500 кг), що контролюється платою керування.

2. Запуск:

- Після досягнення потрібного натягу, оператор за допомогою пульта керування активує пусковий механізм.
- Сервопривод звільняє каретку, яка під дією сили натягу гуми починає рух по направляючій.
- БПЛА досягає швидкості 70 км/год на виході з катапульти, що забезпечує йому необхідну підйомну силу для подальшого польоту.

3. Безпека і контроль:

- Плата керування відстежує всі етапи процесу запуску, забезпечуючи автоматичне відключення системи у випадку виникнення будь-яких проблем.
- Акумулятор забезпечує автономність роботи катапульти, що дозволяє її використання в польових умовах без необхідності підключення до зовнішніх джерел живлення.

2.1.2. Переваги резинової катапульти

- Мобільність: Завдяки компактним розмірам і легкій алюмінієвій конструкції, катапульти легко транспортувати і розгортати в польових умовах.

- Простота у використанні: Інтуїтивно зрозумілий пульт керування і автоматизована система забезпечують легкість у підготовці та запуску БПЛА.
- Ефективність: Висока швидкість запуску (70 км/год) і потужність системи дозволяють забезпечити стабільний і надійний старт навіть для важких БПЛА (до 15 кг).
- Безпека: Контроль за всіма етапами процесу, від натягу гуми до запуску, мінімізує ризики аварійних ситуацій.
- Автономність: Вбудований акумулятор забезпечує незалежність від зовнішніх джерел живлення, що особливо важливо у віддалених або небезпечних зонах.

2.1.3. Керування катапультою для запуску безпілотних літальних апаратів

Схема керування катапультою для запуску безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є ключовим елементом в процесі забезпечення ефективності та безпеки операцій (рис.2.2). При проектуванні такої системи, враховується ряд параметрів, що забезпечують оптимальну роботу пристрою.

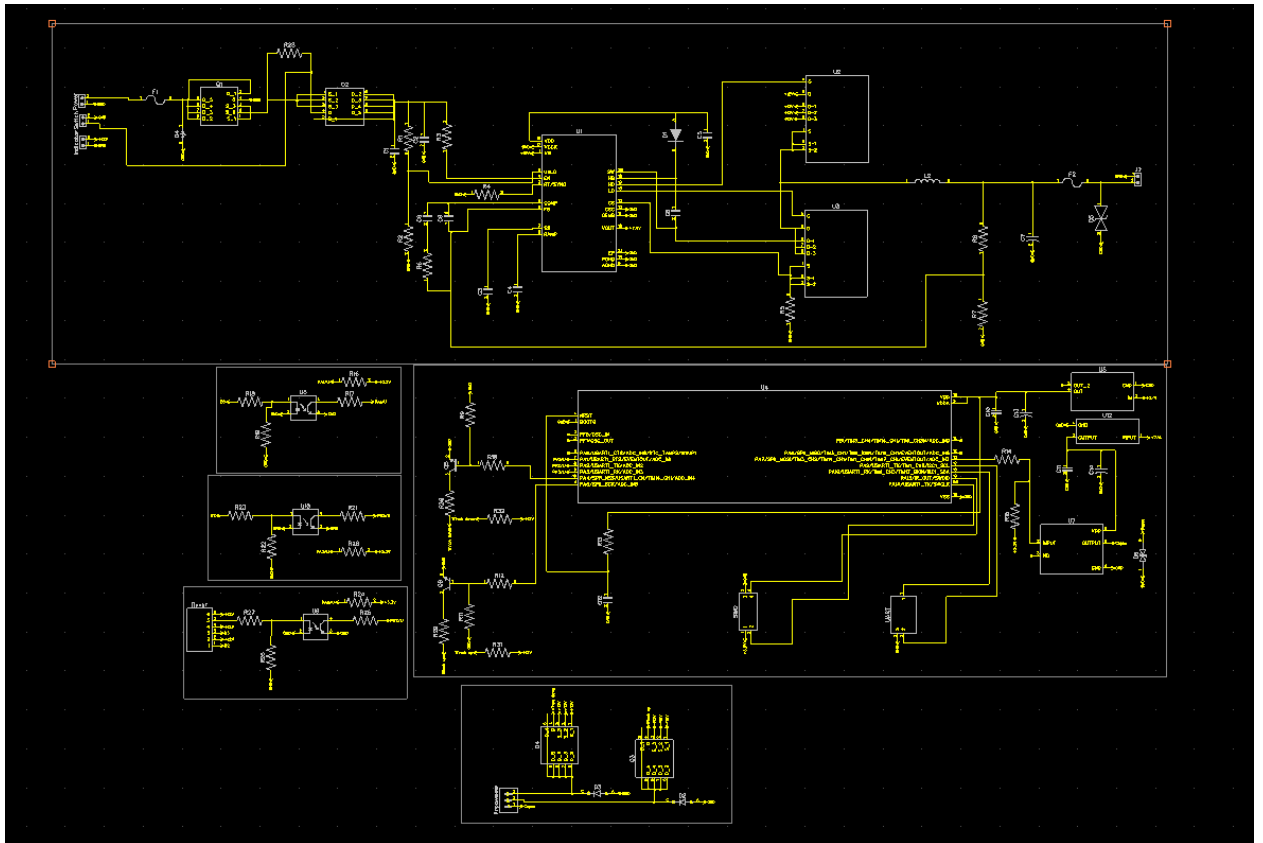


Рисунок 2.2 – Електрична схема керування катапультою

Понижующий DC-DC перетворювач LM25116

Для забезпечення необхідної напруги для живлення сервопривода Hitec DB777WP, що вимагає 6.8V при обмеженні струму до 6A, використовується понижующий DC-DC перетворювач LM25116 (рис. 2.3).

Typical Application

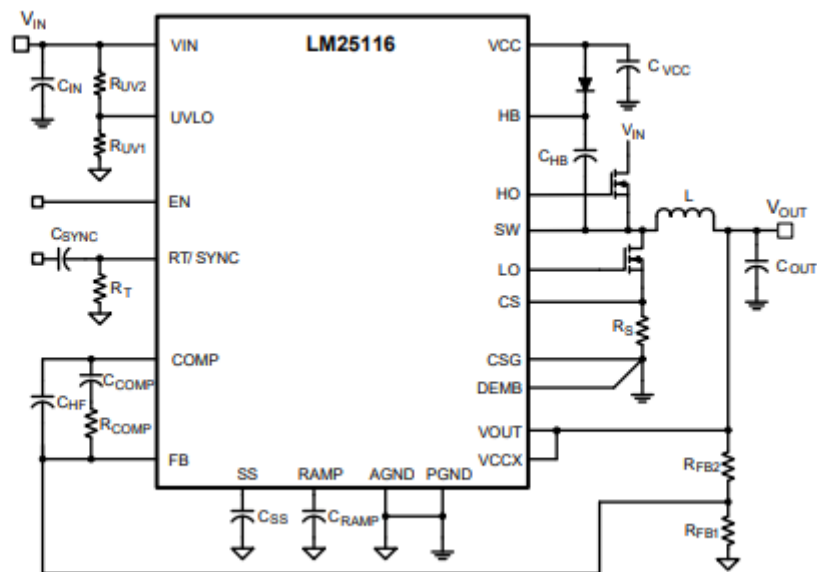


Рисунок 2.3 – DC-DC перетворювач LM25116

Цей перетворювач перетворює вхідну напругу 12V у вихідну 6.8V за допомогою формули дільника напруги:

$$Rfb/Rfb2 = Vout1.1215 - 1 \quad (2.1)$$

Ця формула використовується для підбору необхідних резисторів $Rfb1$ та $Rfb2$ для забезпечення бажаної вихідної напруги $Vout$. Правильний підбір резисторів дозволяє досягти точності та стабільності у вихідній напрузі.

Захист від переполюсовки.

У схемі керування також передбачений захист від переполюсовки, що забезпечує безпеку електронних компонентів у разі неправильного підключення джерела живлення. Для цього використовується Р-канальний мосфет з захисним діодом.

Управління сервоприводом та лебідкою.

Управління катапультною здійснюється за допомогою програмованого мікроконтролера, який приймає сигнали від входів кнопок через оптопару. На схемі відображені три логічні виходи, які відповідають за натяг та послаблення лебідки та керування сервоприводом.

Логіка керування сервоприводом.

Сервопривод керується ШИМ сигналом із частотою 50Гц, а кут оберту сервопривода задається програмно. Логіка керування сервоприводом відбувається через драйвер, оскільки вихідна логіка мікроконтролера STM32F030P6 (рис 2.4)

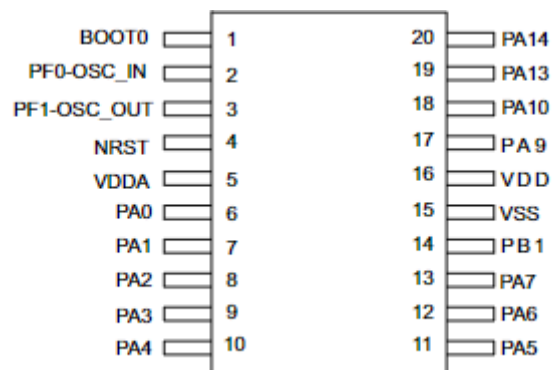


Рисунок 2.4 – Мікроконтролер STM32F030P6 має напругу 3.3V, тоді як сервопривід спрацьовує від 5V

Ця комплексна схема керування забезпечує ефективне та надійне функціонування катапульти для запуску безпілотних літальних апаратів, забезпечуючи оптимальну продуктивність та безпеку операцій.

Лінійні стабілізатори.

Для живлення логіки використовуються лінійні стабілізатори, що забезпечують стабільне живлення для мікроконтролера та інших електронних компонентів.

Ця схема керування катапультию забезпечує ефективність та безпеку процесу запуску БПЛА, а її компоненти, включаючи LM25116, Р-канальний мосфет, мікроконтролер та сервопривод, взаємодіють у впорядкованому та оптимальному способі для досягнення цілі.

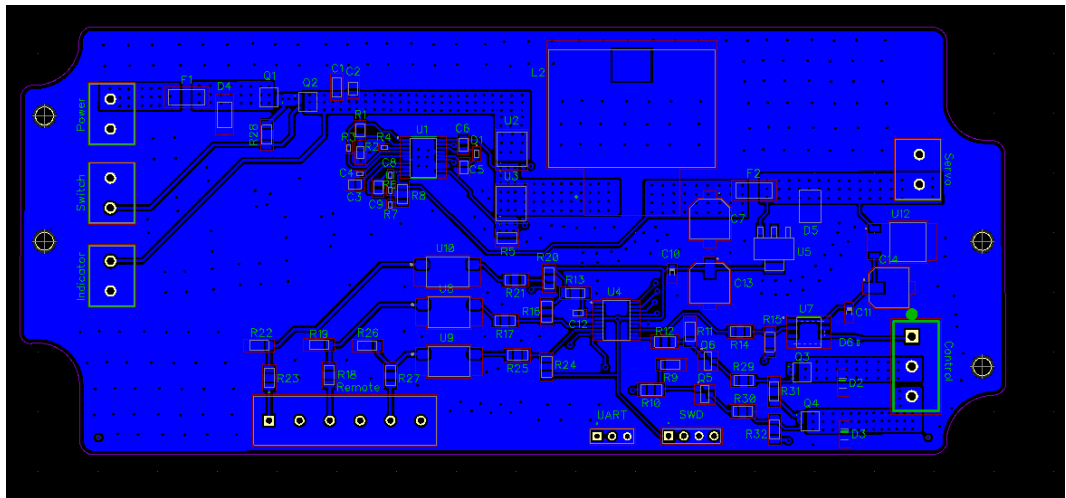


Рисунок 2.5 – Плата керування верхня частина

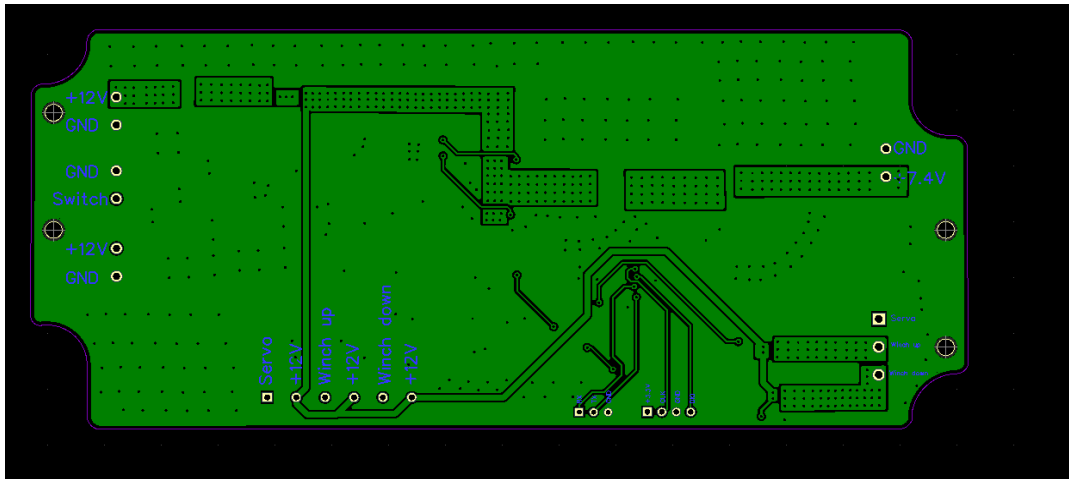


Рисунок 2.6 – Плата керування нижня частина

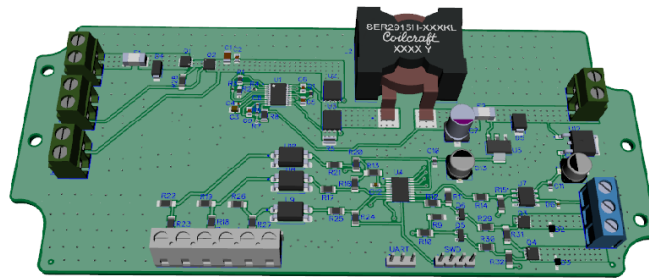


Рисунок 2.7 – 3D модель плати

2.4. Конструкція плати

Плата керування була розроблена за унікальною схемою, спеціально зробленою під корпус. Як видно на рисунках 2.5, 2.6 і 2.7, де великі струми, замість звичайних доріг, використані полігони. Це не просто естетичний вибір, але й практичний. Полігони допомагають забезпечити рівномірне розподілення струму по платі, що підвищує її надійність та тривалість служби.

Автоматизована пайка

Один з ключових аспектів виробництва цієї плати - автоматизований процес пайки. Кожен компонент ретельно розташований та закріплений на платі, а процес

пайки відбувається з високою точністю та ефективністю. Виняток складають лише клемники, які можуть бути встановлені вручну.

```
19 /* Includes -----*/
20 #include "main.h"
21 #include "tim.h"
22 #include "usart.h"
23 #include "gpio.h"
24 #include <stdbool.h>
25 #include <stdio.h>
26 #include <string.h>
27 #include "eeprom.h"
28
29
30 bool check_button_up(void);
31 void lebedka_up(bool status);
32 void lebedka_down(bool status);
33 bool check_button_down(void);
34 bool check_button_press(void);
35 void serva(bool status);
36
37 uint32_t buttonpress;
38 void ProcessCommand(char* command);
39
40
41
42
43
44 #define UART_RX_BUFFER_SIZE 64
45 char message[64];
46
47
48 volatile char uartRxBuffer[UART_RX_BUFFER_SIZE];
49 volatile int uartRxCount;
50
51 volatile uint8_t uartRxFlag = 0;
52
53
54
55 //-----
56 int main(void)
57 {
58     HAL_Init();
59     MX_GPIO_Init();
60     MX_TIM17_Init();
61     MX_USART1_UART_Init();
62
63     buttonpress = EEPROM_Read(ADDR_FLASH_PAGE_31);
64     HAL_TIM_PWM_Start(&htim17, TIM_CHANNEL_1);
65
66
67     uartRxCount = 0;
68     HAL_UART_Receive_IT(&huart1, (uint8_t *) (uartRxBuffer + uartRxCount), 1);
69
70
```

Рисунок 2.8 – Програмний код для плати керування катапульти, оголошення змінних та підключення бібліотек

```

while (1)
{
    lebedka_up(check_button_up());
    lebedka_down(check_button_down());
    serva(check_button_press());

    if (uartRxFlag)
    {
        HAL_UART_Transmit (&huart1, (uint8_t*)" \n", 1, 0xFFFF); // debug

        ProcessCommand ((char*)uartRxBuffer);

        uartRxFlag = false;
        uartRxCount = 0;
        HAL_UART_Receive_IT (&huart1, (uint8_t *) (uartRxBuffer + uartRxCount), 1);
    }
}

```

Рисунок 2.9 – Обробка команд для лебілки, серви та також обробка UART вихода

```

//-----
void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart)
{
    if (huart == &huart1)
    {
        static bool overflow = 0;

        char ch = uartRxBuffer [uartRxCount];

        USART1->TDR = ch;

        if (ch == '\n' || ch == '\r') // end of RX, cmd. ready
        {
            uartRxBuffer [uartRxCount++] = '\0';

            if (! overflow)
                uartRxFlag = 1;

            overflow = false;
            return;
        }

        // go on receiving
        if (! overflow)
            uartRxCount++;

        if (uartRxCount >= UART_RX_BUFFER_SIZE )
        {
            // buffer overflow - reset RX
            overflow = true;
            uartRxFlag = false;
            uartRxCount = 0;
        }

        HAL_UART_Receive_IT (&huart1, &uartRxBuffer [uartRxCount], 1);
    }
}

```

Рисунок 2.10 – Обробка прийому буферу через UART

```

void ProcessCommand (char* command)
{
    char* newline = strchr(command, '\n');
    if (newline != NULL)
        *newline = '\0';

    char* carriageReturn = strchr(command, '\r');
    if (carriageReturn != NULL)
        *carriageReturn = '\0';

    if (strcmp(command, "start") == 0)
    {
        sprintf(message, sizeof(message), "Number of starts: %d\n", buttonpress);
        HAL_UART_Transmit(&huart1, (uint8_t*)message, strlen(message), 0xFFFF);
    }
    else if (strcmp(command, "clear") == 0)
    {
        buttonpress = 0;

        EEPROM_Erase();
        EEPROM_Write(ADDR_FLASH_PAGE_31, buttonpress);

        strcpy(message, "Cleared !\n");
        HAL_UART_Transmit(&huart1, (uint8_t*)message, strlen(message), 0xFFFF);
    }
}

```

Рисунок 2.11 – Вивод команди в термінал та також запис логів.

На рисунках 2.8-2.11, ви можна побачити програмний код, який використовується для плати керування катапультюю. Цей код відображає складний та докладно продуманий алгоритм управління, який забезпечує ефективну роботу катапульти та надійне виконання її функцій.

Основні функції програмного коду включають обробку різноманітних команд, що надходять до плати керування. Наприклад, спрацювання сервопривода та керування лебідкою здійснюються у відповідь на відповідні команди. Крім того, програма підраховує кількість запусків катапульти, а отримані дані записуються у флеш-пам'ять та виводяться в термінал через UART.

При введенні команди "start" на термінал виводяться дані про кількість запусків катапульти, що дозволяє оператору отримати необхідну інформацію щодо роботи системи. А при команді "clear" дані про кількість запусків стираються, що дозволяє зберегти порядок у флеш-пам'яті та почати облік спочатку.

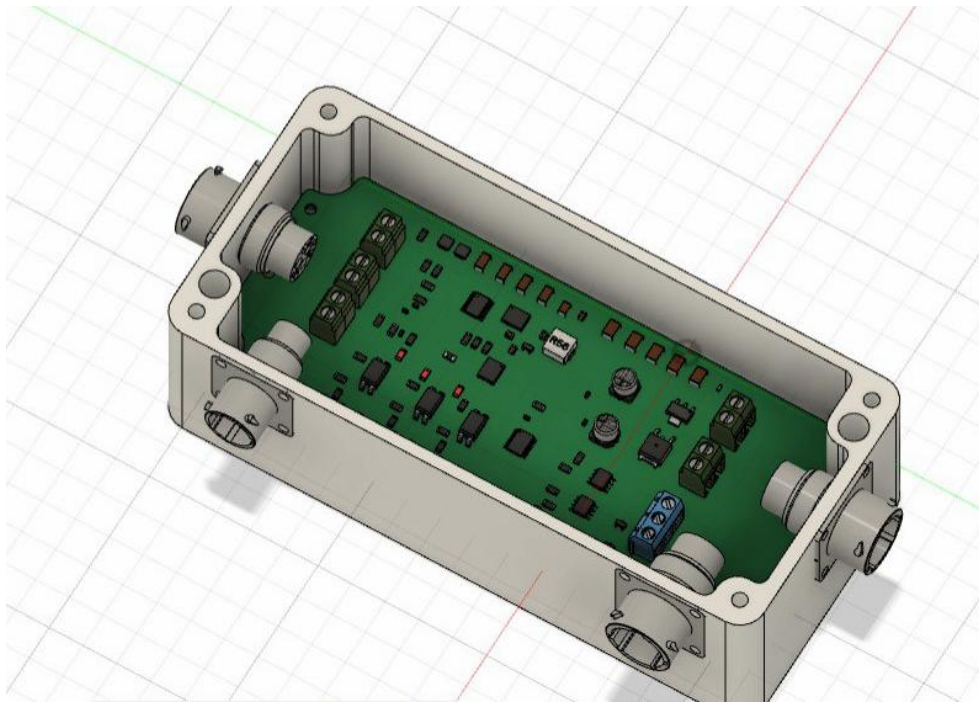


Рисунок 2.12 – 3-D модель коробки з роз'ємами, платою керування

Коробка керування зі ступенем вологозахисту IP68 (рис 2.12) є важливим елементом системи, особливо в умовах, де присутня висока вологість, пил, або можливість занурення в воду. Ось деякі важливі аспекти, що роблять коробку зі ступенем захисту IP68 такою важливою:

1. Вологозахист: Ступінь захисту IP68 гарантує, що коробка керування захищена від випадкового потрапляння вологи. Це особливо важливо в зовнішніх умовах, де можливі дощі, бризки води або навіть занурення в воду.

2. Стійкість до пилу: Крім захисту від води, коробка також захищає внутрішні компоненти від пилу та інших забруднень. Це особливо важливо в умовах, де присутні порошок, пил або інші частки, які можуть пошкодити електроніку.

3. Надійність в екстремальних умовах: Коробка зі ступенем захисту IP68 забезпечує надійну роботу системи навіть в екстремальних умовах, таких як сильні дощі, підводні умови або робота в умовах високої вологості.

4. Довговічність: Завдяки ступеню захисту IP68, коробка керування має підвищену довговічність і тривалість служби. Вона захищена від корозії,

ультрафіолетового випромінювання та інших факторів, які можуть вплинути на її стан та ефективність.

5. Застосування в різних галузях: Коробки керування зі ступенем вологозахисту IP68 широко використовуються в різних галузях, таких як промисловість, транспорт, сільське господарство, медицина та інші. Вони забезпечують безперебійну роботу електронних систем у будь-яких умовах.

Отже, коробка керування зі ступенем вологозахисту IP68 є незамінним елементом для забезпечення безпеки, надійності та ефективності систем у вологих та екстремальних умовах.

2.2 Опис конструкції літака

1. Модульна конструкція:

БПЛА має модульну конструкцію, що дозволяє легко замінювати та оновлювати окремі компоненти, такі як камери, сенсори або навігаційні системи. Це забезпечує більшу гнучкість та можливість адаптації до різних завдань та умов.

2. Розумна система охолодження:

У конструкції БПЛА передбачена ефективна система охолодження, яка допомагає уникнути перегріву електроніки та забезпечує стабільну роботу апарату навіть при тривалому використанні.

3. Аеродинамічна оптимізація:

Дизайн БПЛА базується на передових принципах аеродинаміки, що забезпечує високу ефективність та стабільність польоту. Оптимізована форма корпусу та крил дозволяє знижувати опір повітря та покращувати маневреність.

4. Особливості елеронів та ретракта:

БПЛА оснащений високоефективними елеронами, що забезпечують точне та швидке керування рухами апарату під час польоту. Крім того, ретрактні шасі дозволяють забезпечити оптимальну аеродинаміку та знизити опір повітря під час польоту, що позитивно впливає на ефективність та дальність польоту.

5. Плюс парашутної посадки:

Додатковою особливістю цього БПЛА є можливість парашутної посадки, що забезпечує додатковий рівень безпеки та захисту у випадку екстрених ситуацій або аварій. Парашутна система дозволяє зменшити швидкість посадки та знизити ризик пошкодження апарату та його обладнання.

6. Легкий та компактний дизайн:

Незважаючи на свої передові можливості, БПЛА має легкий та компактний дизайн, що робить його зручним у транспортуванні та розгортанні. Це дозволяє операторам швидко та ефективно використовувати апарат у різних умовах.

7. Висока якість матеріалів:

У конструкції БПЛА використовуються тільки високоякісні матеріали, що забезпечує довговічність та надійність апарату. Це дозволяє забезпечити безперебійну роботу та тривалий термін служби навіть у вимогливих умовах експлуатації.

Отже, БПЛА об'єднує в собі передові технології, ергономічний дизайн та високу надійність, що робить його ідеальним вибором для різноманітних завдань та застосувань.

2.3 Опис електроніки та програмування БПЛА

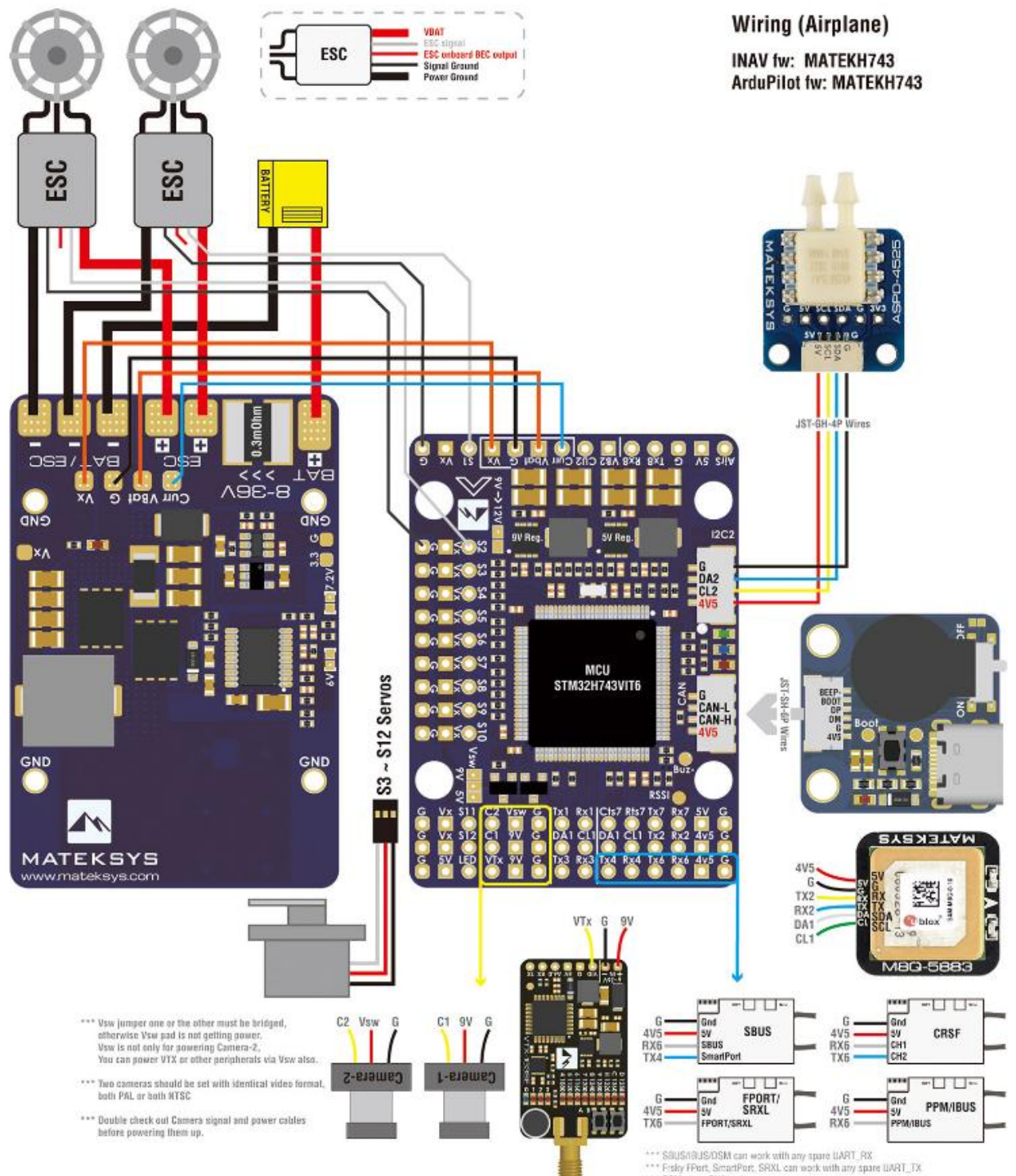


Рисунок 2.13 – Політний контролер котрий використовуються в борту



Рисунок 2.14 – Відеопередавач



Рисунок 2.15 – Радіоприймач



Рисунок 2.16 – GPS

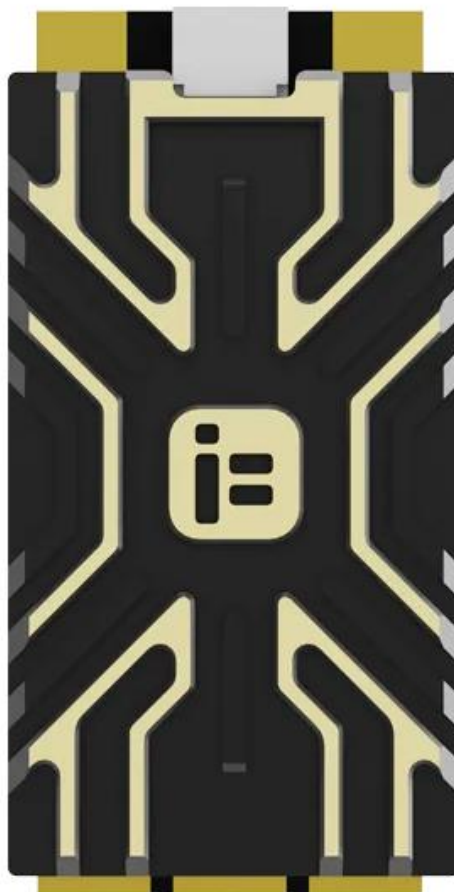


Рисунок 2.17 – Регулятор швидкості ходу



Рисунок 2.18 – Двигун для літака



Рисунок 2.19 – Пропелер до двигуна



Рисунок 2.20 – Камера

2.3.1. Політний контролер Matek H-743-Wing

Політний контролер Matek H-743-Wing (рис. 2.13) є однією з найпотужніших і найнадійніших платформ для управління безпілотними літальними апаратами (БПЛА). Цей контролер має широкий спектр функцій і можливостей, що робить його ідеальним вибором для багатьох застосувань. Ось докладний опис його характеристик та можливостей:

Основні характеристики Matek H-743-Wing:

1. Процесор:

- STM32H743, 32-бітний ARM Cortex-M7 з тактовою частотою 480 МГц, що забезпечує високу швидкість обробки даних та ефективну роботу з великими обсягами інформації.

2. Пам'ять:

- 1MB вбудованої флеш-пам'яті для збереження даних та програм.
- 32MB пам'яті для журналювання польотних даних.

3. Сенсори:

- Інерційний вимірювальний блок (IMU): MPU6000 та ICM20602 для точного вимірювання кутів нахилу, прискорення та інших параметрів руху.

4. Барометр:

- BMP280 для вимірювання висоти.

5. Порти:

- 12 PWM виходів для підключення сервомоторів та ESC.
- 3 UART порти для підключення периферійних пристроїв (GPS, телеметрія, радіоприймачі).

- 2 I2C порти для підключення додаткових сенсорів та периферійних пристроїв.

- CAN шина для підключення сучасних сенсорів та інших пристроїв.

- Micro SD слот для розширеного журналювання даних.

6. Живлення:

- Вхідна напруга: 7-30V (2-6S LiPo).
- Вбудований BEC для живлення периферійних пристроїв: 5V/2A, 9V/2A.

7. Функціональність:

- Підтримка прошивок Ardupilot та INAV.
- Підтримка режимів польоту Fixed Wing, VTOL, та інших.
- Розширені можливості автопілоту та стабілізації.

Потреба відеопередавачів (VTX), GPS, радіоприймачів, ESC регуляторів, двигунів та пропелерів

2.3.2. Відеопередавачі (VTX)

Відеопередавачі (рис. 2.14) є важливими компонентами для FPV (First Person View) польотів, дозволяючи оператору бачити зображення з камери БПЛА в режимі реального часу. Вони повинні бути надійними та підтримувати високу якість відеосигналу.

1. Основні параметри:
 - Вихідна потужність: 25mW, 200mW, 600mW та вище (в залежності від потреб та регуляцій).
 - Робоча частота: 5.8GHz (найпоширеніша для FPV).
 - Вхідна напруга: 7-24V.
2. Підключення до Matek H-743-Wing:
 - Відеосигнал з камери підключається до відеопередавача (VTX).
 - Відеопередавач підключається до живлення (вхідний роз'єм) та до одного з UART портів для управління каналами та потужністю через SmartAudio або Tramp.

2.2.3. GPS модулі

GPS (рис. 2.16) модулі забезпечують точне позиціонування та навігацію, що є критично важливим для автономних місій та стабілізації польоту.

1. Основні параметри:
 - Підтримка GPS, GLONASS, Galileo.
 - Висока швидкість оновлення (5Hz, 10Hz).
 - Підтримка UBlox M8N або аналогічних модулів.
2. Підключення до Matek H-743-Wing:
 - Підключення здійснюється через один з UART портів.
 - Живлення GPS модуля здійснюється від вбудованого BEC контролера.

2.2.4. Радіоприймачі (RC Receiver)

Радіоприймачі (рис. 2.15) дозволяють оператору керувати БПЛА за допомогою радіопередавача (пульта дистанційного керування).

1. Основні параметри:
 - Підтримка протоколів SBUS, PPM, DSMX, CRSF (Crossfire).
 - Надійність та дальність зв'язку.
2. Підключення до Matek H-743-Wing:
 - Радіоприймач підключається до одного з UART або спеціального порту для RC.
 - Забезпечення живлення від вбудованого BEC.

2.2.5. ESC регулятори (Electronic Speed Controllers)

ESC регулятори (рис. 2.17) керують швидкістю обертання двигунів та забезпечують плавне регулювання потужності.

1. Основні параметри:
 - Підтримка типу батарей (2S-6S LiPo).
 - Сумісність з типом двигунів (безщіткові).
 - Підтримка протоколів PWM, Oneshot, Dshot.
2. Підключення до Matek H-743-Wing:
 - Кожен ESC підключається до відповідного PWM виходу на контролері.
 - Живлення ESC здійснюється від батареї, а сигнальні дроти від контролера.

2.2.6. Двигуни та пропелери (пропи)

Двигуни та пропелери (рис. 2.18-2.19) забезпечують необхідну тягу та ефективність польоту.

1. Основні параметри:
 - Тип: безщіткові двигуни.
 - Розмір пропелерів залежить від типу БПЛА та завдань (звичайно 5-10 дюймів).
2. Підключення до ESC:
 - Двигуни підключаються до ESC.
 - Пропелери встановлюються на вали двигунів.

2.2.7. Камера

Камера (рис 2.20) забезпечує відеозйомку та передачу відеосигналу для FPV або зйомок.

1. Основні параметри:
 - Роздільна здатність: від 700TVL до 1200TVL або більше для FPV.
 - Підтримка HD-відео для запису.
2. Підключення до Matek H-743-Wing:
 - Камера підключається до відеопередавача (VTX) для передачі відеосигналу.
 - Живлення камери здійснюється від VTX або безпосередньо від контролера.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

Визначено, що БПЛА має модульну конструкцію, що дозволяє легко замінювати та оновлювати окремі компоненти, такі як камери, сенсори або навігаційні системи. Це забезпечує більшу гнучкість та можливість адаптації до різних завдань та умов, а коробка керування зі ступенем вологозахисту IP68 є незамінним елементом для забезпечення безпеки, надійності та ефективності систем у вологих та екстремальних умовах.

РОЗДІЛ ТРЕТІЙ

ПІДКЛЮЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

3.1. Підключення всіх компонентів до Matek H-743-Wing

1. Живлення:
 - Основне живлення 7-30V підключається до живильного входу контролера.
 - Вбудовані ВЕС забезпечують живлення для периферійних пристроїв (5V та 9V).
2. Підключення периферійних пристроїв:
 - GPS модуль підключається до одного з UART портів (звичайно UART3).
 - Радіоприймач підключається до спеціального порту для RC або через UART.
 - Відеопередавач (VTX) підключається до одного з UART портів для керування через SmartAudio або Tramp.
 - Камера підключається до VTX.
 - ESC підключаються до PWM виходів.
 - Сервоприводи також підключаються до PWM виходів (для керування поверхнями управління).



Рисунок 3.1 – Сервопривід для ретракту, елеронів та відкриття парашута

Підключення сервоприводів до політного контролера Matek H-743-Wing є важливою частиною налаштування безпілотного літального апарату (БПЛА). Ось детальний опис процесу підключення 5 сервоприводів, де 2 сервоприводи призначені для елеронів, 2 для ретракта та 1 для парашута.

Підключення сервоприводів до Matek H-743-Wing

Основні компоненти:

1. Політний контролер Matek H-743-Wing
2. Сервоприводи (5 шт.)
3. Джерело живлення (батарея 2S-6S LiPo)
4. Програмне забезпечення для налаштування (INAV або Ardupilot)

Підготовка до підключення:

1. Перевірте сервоприводи: Переконайтеся, що всі сервоприводи працюють належним чином.
2. Розміщення контролера: Закріпіть контролер у корпусі БПЛА на амортизуючій платформі для зменшення вібрацій.

Підключення сервоприводів:

1. Живлення сервоприводів:

- Всі сервоприводи живляться від вбудованого BEC (Battery Eliminator Circuit) політного контролера, який забезпечує стабільне 5V живлення. Це дозволяє уникнути використання окремого джерела живлення для сервоприводів.

2. Підключення до PWM виходів:

- Matek H-743-Wing має 12 PWM виходів, які використовуються для підключення сервоприводів та ESC.

3. Розташування виходів:

- PWM1 - PWM12 на платі контролера призначені для підключення сервоприводів та інших компонентів. Виберіть відповідні виходи для кожного сервоприводу.

Призначення сервоприводів:

1. Елерони (Ailerons):

- Підключити перший сервопривід елерона до PWM1.
- Підключити другий сервопривід елерона до PWM2.

2. Ретракт (Retracts):

- Підключити перший сервопривід ретракта до PWM3.
- Підключити другий сервопривід ретракта до PWM4.

3. Парашут:

- Підключити сервопривід парашута до PWM5.

Процес підключення:

1. З'єднання проводів:

- Підключити сигнальний дрід сервоприводу до відповідного PWM виходу на контролері (приклад: сигнальний дрід сервоприводу елерона до PWM1).
- Підключити живлення (5V) та землю (GND) сервоприводу до відповідних контактів на контролері.

2. Перевірка підключення:

- Переконайтеся, що всі з'єднання надійні та правильні.
- Зверніть увагу на полярність при підключенні живлення та землі.

Налаштування в програмному забезпеченні:

1. Підключення до ПК:
 - Підключити контролер до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.
 - Запустіть програмне забезпечення для налаштування (INAV або Ardupilot).
2. Калібрування контролера:
 - Виконайте калібрування акселерометрів та гіроскопів згідно з інструкціями в програмному забезпеченні.
3. Налаштування сервоприводів:
 - Відкрийте вкладку «Outputs» (Виходи) в програмному забезпеченні.
 - Призначте відповідні канали для сервоприводів:
 - PWM1 - Aileron Left
 - PWM2 - Aileron Right
 - PWM3 - Retract Left
 - PWM4 - Retract Right
 - PWM5 - Parachute
 - Задайте параметри (мінути, максимальні та середні значення) для кожного сервоприводу.
 - Збережіть налаштування та перезавантажте контролер.
4. Тестування:
 - Виконайте тестування сервоприводів, перевірте їх рух за допомогою пульта дистанційного керування.
 - Переконайтеся, що елерони, ретракта та парашут працюють належним чином.

Переваги ретрактів, елеронів та парашутної посадки:

1. Елерони:
 - Перевага використання елеронів полягає в покращеній маневреності та точності керування БПЛА. Вони дозволяють виконувати більш складні маневри, забезпечуючи кращу стабільність та керованість.
2. Ретракт:

- Ретрактні шасі (ретракти) дозволяють зменшити аеродинамічний опір під час польоту, що підвищує ефективність та дальність польоту. Вони також захищають шасі від пошкоджень при зльоті та посадці.

3. Парашутна посадка:

- Парашутна система посадки забезпечує додатковий рівень безпеки у випадку аварійної ситуації. Вона дозволяє зменшити швидкість посадки та знизити ризик пошкодження БПЛА та його обладнання.

Таким чином, правильне підключення та налаштування сервоприводів до Matek H-743-Wing дозволяє забезпечити ефективну роботу елеронів, ретрактів та парашутної системи, що значно підвищує функціональність та безпеку БПЛА.

3.2. Підключення Raspberry Pi до Matek H-743-Wing

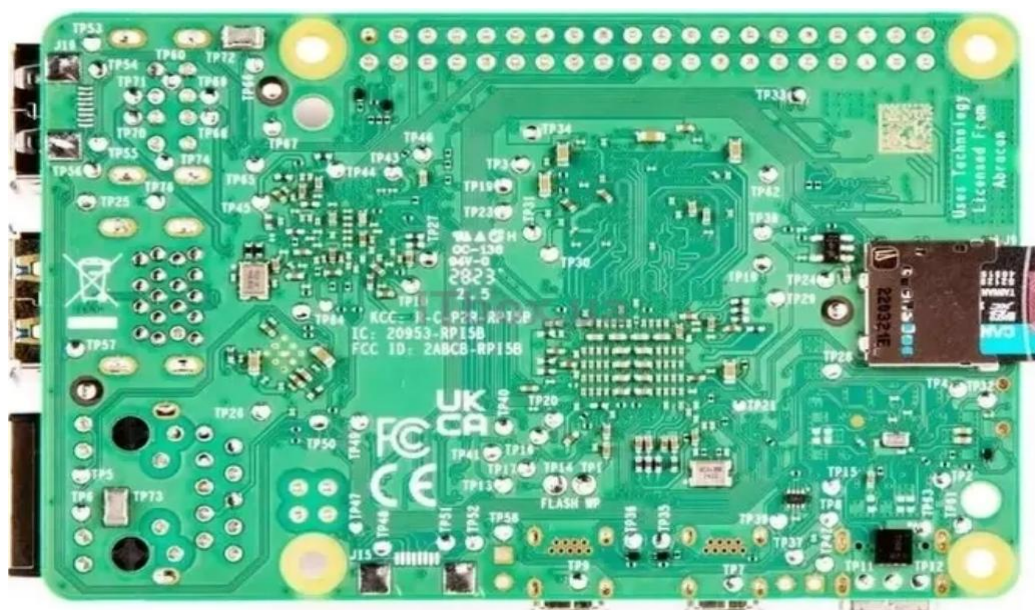


Рисунок 3.2 – Raspberry Pi 5 8 GB, плата для наведення цілей за допомогою штучного інтелекту

1. Встановлення ОС:
 - Завантажити і встановити операційну систему Raspbian на SD-карту, використовуючи інструмент Raspberry Pi Imager.
2. Початкове налаштування:

Вставити SD-карту в Raspberry Pi і підключити живлення.

Пройти початкове налаштування, підключитися до Wi-Fi та встановити необхідні оновлення.

3. Встановлення необхідного програмного забезпечення:

- Встановіть бібліотеки для роботи з камерами та сенсорами (наприклад, `picamera` для камер Raspberry Pi).
- Встановіть `OpenCV` для обробки зображень

Крок 2.

1. Фізичне підключення:

- Використовувати USB-кабель для підключення порту USB на Raspberry Pi до порту USB на Matek H-743-Wing.
- Переконайтеся, що обидва пристрої мають спільне заземлення, щоб уникнути проблем з комунікацією.
- Конфігурація послідовного з'єднання:

2. Встановіть `mavlink-router` на Raspberry Pi для маршрутизації даних MAVLink між Matek H-743-Wing і Raspberry Pi:

```
sudo apt install mavlink-router
```

Крок 3: Налаштування політного контролера

1. Конфігурація Matek H-743-Wing:

- Підключити Matek H-743-Wing до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.
- Запустити програму конфігурації (Mission Planner або INAV Configurator).
- Налаштувати параметри UART для передачі даних до Raspberry Pi:
- У вкладці «Ports» виберіть відповідний порт (наприклад, UART2) і встановіть тип як «MAVLink».
- Задати швидкість передачі даних (baud rate) на 115200.

Крок 4: Налаштування програмного забезпечення для штучного інтелекту

1. Встановлення ROS (Robot Operating System):

Встановити ROS на Raspberry Pi для інтеграції різних сенсорів і камер: `sudo apt update`

`sudo apt install ros-noetic-desktop-full`

2. Налаштування обробки зображень:

- Використовувати OpenCV для обробки відеопотоку з камер. Напишіть скрипт для захоплення зображень з камери та обробки їх за допомогою моделей TensorFlow.

```
import cv2
import tensorflow as tf

# Завантажте модель TensorFlow
model = tf.keras.models.load_model('model_path.h5')

# Захоплення відеопотоку з камери
cap = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break

    # Обробка зображення
    processed_frame = process_frame(frame)
    predictions = model.predict(processed_frame)

    # Відображення результатів
    cv2.imshow('Frame', frame)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Рисунок 3.3 – Приклад скрипта для обробки зображень

3.3. Інтеграція з MAVLink

- Використовувати бібліотеку **pymavlink** для обміну даними між Raspberry Pi і Matek H-743-Wing: `pip3 install pymavlink`
- Написати скрипт для надсилання команд управління на політний контролер:

```
from pymavlink import mavutil

# Підключення до MAVLink
master = mavutil.mavlink_connection('/dev/ttyUSB0', baud=115200)

while True:
    # Отримання даних з політного контролера
    msg = master.recv_match(blocking=True)
    if not msg:
        continue

    # Обробка даних та надсилання команд
    if some_condition_met():
        master.mav.command_long_send(
            master.target_system,
            master.target_component,
            mavutil.mavlink.MAV_CMD_COMPONENT_ARM_DISARM,
            0,
            1, 0, 0, 0, 0, 0, 0
        )
```

Рисунок 3.4 – Приклад коду надсилання команд управління на політний контролер

В нашому випадку ми налаштуємо БПЛА за допомогою ПЗ «Inav»

Налаштування БПЛА з використанням INAV і 5 сервоприводами (для елеронів, ретракта і парашута) є досить детальним процесом. Ось покрокова інструкція:

Підготовка

Необхідні компоненти:

1. Політний контролер Matek H-743-Wing
2. БПЛА з сервоприводами
3. INAV Configurator
4. Комп'ютер з USB-портом
5. Програма USB-to-Serial (якщо необхідно)
6. Батарея для живлення БПЛА
7. Кабелі та роз'єми для підключення компонентів

Крок 1: Підключення компонентів

1. Сервоприводи:

- Елерони: Підключити по одному сервоприводу до каналів PWM виходів 1 і 2 на Matek H-743-Wing.

- Ретракт: Підключити два сервоприводи до каналів PWM виходів 3 і 4.

- Парашут: Підключити сервопривод до каналу PWM виходу 5.

2. Інші компоненти:

- ESC (Electronic Speed Controller): Підключити ESC до каналу PWM виходу 6.

- GPS: Підключити модуль GPS до UART-порту на контролері (наприклад, UART2).

- Відеопередавач: Підключити його до відповідного каналу живлення та відеовходу.

- Радіоприймач: Підключити приймач до UART-порту або до виходів PWM/SBUS, залежно від вашого приймача.

Крок 2: Встановлення INAV Configurator

1. Завантажити та встановити INAV Configurator з офіційного сайту [INAV](http://inav.org).

Крок 3: Підключення політного контролера до комп'ютера

1. Підключити Matek H-743-Wing до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.
2. Відкрити INAV Configurator і виберіть правильний COM-порт.
3. Натиснути кнопку «Connect» у верхньому лівому куті інтерфейсу.

Крок 4: Налаштування основних параметрів

1. Mixer:
 - Перейти у вкладку «Mixer».
 - Вибрати конфігурацію літака (наприклад, «Flying Wing» або «Dual Aileron»).
 - Налаштувати канали для елеронів, ретракта і парашута.
 - Призначити канали PWM виходів 1-5 відповідно до підключених сервоприводів.
2. Configuration:
 - Перейти у вкладку «Configuration».
 - Вибрати тип повітряного судна.
 - Налаштувати частоти PWM для каналів, на яких підключені серви (наприклад, 50 Гц для сервоприводів).
3. Ports:
 - Перейти у вкладку «Ports».
 - Налаштувати порти для GPS, радіоприймача та інших модулів.
4. Failsafe:
 - Перейдіть у вкладку «Failsafe».
 - Налаштувати поведінку БПЛА при втраті сигналу, наприклад, активацію парашута.

Крок 5: Налаштування PID

1. PID Tuning:
 - Перейдіть у вкладку «PID Tuning».

- Використовувати базові налаштування PID для вашої конфігурації БПЛА. Для початку можна залишити значення за замовчуванням і налаштувати їх під час тестових польотів.

- Налаштувати значення PID для різних осей (Roll, Pitch, Yaw) відповідно до рекомендацій виробника або використовуючи базові значення для вашої конфігурації.

Крок 6: Налаштування сервоприводів

1. Outputs:

- Перейдіть у вкладку «Outputs».
- Переконайтеся, що всі серви працюють коректно. Виберіть кожен канал і перевірте рух серви.

- Налаштувати кінцеві точки (End Points) і середні положення (Mid Points) для кожного сервоприводу.

- Встановіть правильні напрямки руху для елеронів, ретракта і парашута.

Крок 7: Налаштування і перевірка вхідних сигналів

1. Receiver:

- Перейдіть у вкладку «Receiver».
- Налаштувати тип радіоприймача (PWM, SBUS, DSMX тощо).
- Переконайтеся, що всі канали правильно відображаються в INAV Configurator.

- Зв'яжіть передавач з приймачем і перевірте реакцію всіх каналів.

Крок 8: Налаштування режимів польоту

1. Modes:

- Перейдіть у вкладку «Modes».
- Налаштувати режими польоту, такі як «Angle Mode», «Horizon Mode», «Manual Mode».

- Додати додаткові режими для управління парашутом та ретрактом.

Крок 9: Налаштування датчиків і калібрування

1. Sensor Calibration:

- Перейти у вкладку «Calibration».
 - Виконати калібрування акселерометрів і гіроскопів.
 - Калібрувати магнітометр і компас, якщо вони встановлені.
2. GPS:
- Перейти у вкладку «GPS».
 - Переконайтеся, що GPS модуль підключений і працює коректно.
 - Налаштувати параметри для GPS повернення додому (RTH).
 - .

Підключення і налаштування сервоприводів

1. Сервоприводи для елеронів:
- Підключити серви елеронів до каналів 1 і 2.
 - Перейдіть у вкладку «Outputs» і переконайтеся, що рух серви відповідає керуванню з передавача.
2. Сервоприводи для ретракту:
- Підключити серви ретракту до каналів 3 і 4.
 - Налаштувати кінцеві точки і середнє положення серви для правильної роботи.
3. Сервопривід для парашута:
- Підключити сервопривід парашута до каналу 5.
 - Налаштувати параметри сервоприводу для активації парашута у випадку необхідності.

Додаткові налаштування:

1. Моніторинг параметрів:
- Використовувати телеметрію для моніторингу параметрів польоту в реальному часі.
 - Переконайтеся, що відеопередавач працює коректно і передає відео в реальному часі.
2. Безпека:
- Завжди перевіряйте систему безпеки перед польотом.

- Налаштувати аварійні режими для безпечної посадки у випадку виникнення проблем.

3.4. Штучний інтелект в безпілотнику

Переваги використання штучного інтелекту (ШІ) в безпілотниках:

1. Покращена автономія:
 - ШІ дозволяє безпілотникам працювати автономно, виконуючи складні місії без втручання людини.
 - Автоматичне виявлення і відстеження цілей, адаптивний маршрут і ухилення від перешкод.
2. Точність і ефективність:
 - ШІ аналізує великі обсяги даних у реальному часі, що дозволяє приймати оптимальні рішення швидше, ніж це може зробити людина.
 - Підвищення точності виявлення об'єктів і оптимізації маршрутів польоту.
3. Безпека:
 - ШІ може автоматично розпізнавати небезпеки і вживати заходів для їх уникнення, що підвищує безпеку польотів.
 - Система ШІ може розпізнавати непередбачені ситуації і швидко реагувати на них.
4. Розширені можливості обробки даних:
 - ШІ може аналізувати дані з сенсорів, камер, радарів та інших пристроїв, покращуючи загальну ситуаційну обізнаність.
 - Можливість навчання на основі даних, зібраних під час польотів, для постійного вдосконалення алгоритмів.

Недоліки використання ШІ в безпілотниках:

1. Високі вимоги до обчислювальних ресурсів:
 - ШІ потребує потужних обчислювальних ресурсів для обробки даних у реальному часі.

- Необхідність високоефективних процесорів і великих обсягів пам'яті, що може збільшити вартість і вагу безпілота.

2. Складність налаштування і інтеграції:

- Інтеграція ШІ з існуючими системами безпілота може бути складною і вимагати значних зусиль і експертних знань.

- Необхідність розробки та налаштування спеціалізованих алгоритмів і моделей ШІ.

3. Надійність і безпека:

- Складність забезпечення надійної роботи ШІ в різних умовах експлуатації.

- Питання безпеки даних і можливість кібератак на системи ШІ.

4. Вартість:

- Висока вартість розробки, впровадження і обслуговування систем ШІ.

- Додаткові витрати на обчислювальні ресурси і енергоспоживання.

Складнощі при підключенні ШІ до безпілота:

1. Інтеграція апаратного забезпечення:

- Підключення потужних обчислювальних модулів (наприклад, Raspberry Pi або NVIDIA Jetson) до політного контролера.

- Забезпечення надійного і швидкого зв'язку між сенсорами, камерами, обчислювальним модулем і політним контролером.

2. Розробка і тренування моделей ШІ:

- Збір і підготовка великих обсягів даних для тренування моделей ШІ.

- Налаштування і оптимізація моделей для досягнення високої точності і продуктивності.

3. Енергоспоживання:

- Високі вимоги до енергоспоживання обчислювальних модулів і сенсорів.

- Потреба в додаткових джерелах живлення або оптимізація енергоспоживання.

4. Затримки і продуктивність:

- Забезпечення мінімальних затримок при обробці даних і прийнятті рішень у реальному часі.

- Оптимізація програмного забезпечення для досягнення високої продуктивності.

Як спростити інтеграцію ШІ в безпілотник:

1. Використання готових рішень:

- Використання готових обчислювальних модулів, таких як NVIDIA Jetson Nano або Google Coral, які оптимізовані для роботи з ШІ.

- Використання існуючих бібліотек і фреймворків для розробки ШІ (TensorFlow, PyTorch, OpenCV).

2. Модульний підхід:

- Розробка модульної архітектури, де кожен компонент системи легко замінити або оновити без значних змін у всій системі.

- Використання стандартних протоколів зв'язку (UART, I2C, SPI) для з'єднання компонентів.

3. Оптимізація програмного забезпечення:

- Використання оптимізованих моделей ШІ, які споживають менше ресурсів і працюють швидше.

- Використання апаратного прискорення для обробки даних (GPU, TPU).

4. Навчання на місцевих даних:

- Збір даних безпосередньо з безпілотника для тренування моделей ШІ, що підвищує точність і адаптивність системи.

- Використання методів навчання з підкріпленням для покращення автономного прийняття рішень.

5. Регулярне тестування і вдосконалення:

- Проведення регулярних тестів і випробувань у реальних умовах для перевірки і вдосконалення системи.

- Зворотній зв'язок з користувачами для виявлення проблем і можливостей для покращення.

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

Інтеграція штучного інтелекту в системи БПЛА є наступним кроком у розвитку. ШІ забезпечує автономність, яка виходить за межі традиційного дистанційного керування, дозволяючи безпілотникам виконувати складні завдання без втручання людини. Зокрема, системи ШІ можуть автоматично розпізнавати та відстежувати цілі, ухилятися від перешкод, адаптувати маршрути польоту та аналізувати дані в режимі реального часу. Це суттєво підвищує ефективність і точність виконання завдань, особливо в умовах, де швидке прийняття рішень є критично важливим.

ВИСНОВКИ

В умовах зростаючих загроз та швидких технологічних змін, використання БПЛА надає значні переваги завдяки їх здатності виконувати складні завдання автономно, знижуючи ризик для людських життів та підвищуючи ефективність виконання місій. Зокрема, в Україні, де тривають військові конфлікти, застосування БПЛА для розвідки, спостереження та передачі даних є вкрай актуальним. Ці апарати можуть забезпечити точну та своєчасну інформацію про місцезнаходження противника, зменшити втрати серед військових та цивільних, а також підвищити загальну оперативну ефективність.

Інтеграція ШІ в БПЛА потребує вирішення кількох технічних завдань. По-перше, це забезпечення потужних обчислювальних ресурсів, необхідних для обробки даних і прийняття рішень у реальному часі. Використання сучасних обчислювальних модулів, таких як NVIDIA Jetson або Google Coral, може суттєво підвищити продуктивність системи. По-друге, необхідно забезпечити надійний і швидкий зв'язок між різними компонентами системи, включаючи сенсори, камери, обчислювальний модуль і політний контролер. По-третє, важливим є питання енергоспоживання, оскільки висока потужність обчислень потребує значної кількості енергії. Оптимізація енергоспоживання та використання ефективних джерел живлення є важливими аспектами при розробці систем ШІ для БПЛА.

Інтеграція ШІ в БПЛА супроводжується низкою викликів. Це, зокрема, складність налаштування та інтеграції різних компонентів системи, необхідність розробки спеціалізованих алгоритмів і моделей ШІ, забезпечення надійності та безпеки роботи системи в різних умовах експлуатації, а також висока вартість розробки і впровадження таких систем. Використання модульного підходу, де кожен компонент системи легко замінити або оновити без значних змін у всій системі, може значно спростити процес інтеграції. Крім того, використання готових рішень і стандартних протоколів зв'язку (UART, I2C, SPI) може зменшити складність підключення і забезпечити сумісність різних компонентів.

Переваги використання ШІ в БПЛА включають покращену автономію, точність і ефективність виконання завдань, підвищену безпеку польотів і розширені можливості обробки даних. Однак, є і певні недоліки, такі як високі вимоги до обчислювальних ресурсів, складність налаштування і інтеграції, надійність і безпека роботи системи, а також висока вартість розробки і обслуговування.

Для спрощення інтеграції ШІ в БПЛА можна використовувати готові обчислювальні модулі і бібліотеки для розробки ШІ, розробляти модульну архітектуру системи, оптимізувати програмне забезпечення і використовувати апаратне прискорення для обробки даних. Навчання моделей ШІ на місцевих даних, зібраних безпосередньо з безпілота, також може підвищити точність і адаптивність системи. Регулярне тестування і вдосконалення системи, а також зворотній зв'язок з користувачами допоможуть виявляти проблеми і знаходити шляхи для їх вирішення.

Інтеграція штучного інтелекту в безпілоти відкриває нові горизонти в розвитку автономних систем, забезпечуючи підвищену ефективність, точність і безпеку виконання завдань. Хоча впровадження ШІ супроводжується певними викликами і складнощами, використання сучасних технологій і підходів дозволяє значно спростити цей процес і досягти високих результатів. У майбутньому, подальший розвиток ШІ і його інтеграція в безпілотні системи сприятимуть підвищенню ефективності і безпеки у різних сферах, включаючи військову справу, розвідку, рятувальні операції і цивільне застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://ukrspecsystems.com/uk>
2. <https://artline.ua/blogs/raspberry-pi-5-ili-orange-pi-5-v-chem-raznitsa/amp>
3. <https://www.mateksys.com/?portfolio=h743-wing-v2>
4. https://koloua.com/news/vse-shcho-vi-khotili-znati-pro-fpv-droni-kamikadze-10?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=drones_research-general_ukraine&utm_term=%D0%B1%D0%BF%D0%BB%D0%B0&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw9vqyBhCKARIsAIIcLMFNRWMPASjOd0hQ7Eq5OX6TJMp1aokZBn29TaaNhjXs9VNN7IpZwQ8aAhdXEALw_wcB