

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

Кафедра радіотехніки та радіоелектронних систем

«На правах рукопису»

Робота допущена до захисту в ЕК  
рішенням кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем  
від \_\_\_\_\_ 2024 року, протокол № \_\_\_\_ .  
Завідувач кафедри доктор фіз.-мат. наук, професор  
\_\_\_\_\_ Ігор АНІСІМОВ

**ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему:

**«Багатофункціональний наземний дрон зі зворотнім зв'язком»**

**Виконав:**

студент 2-го курсу магістратури  
денної форми навчання  
спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка  
ОНП «Інформаційна безпека телекомунікаційних систем і мереж»  
Ількович Євген Михайлович \_\_\_\_\_

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
Власенко Геннадій Миколайович \_\_\_\_\_

**Рецензент:**

канд. військ. наук., старш. наук. співробітник  
Косошов Олександр Миколайович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_ Євген Ількович

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 36с., 11 рис., 7 джерел.

### Багатофункціональний наземний дрон зі зворотнім зв'язком.

Об'єкт розроблення – система керування багатофункціональним наземним дроном.

Мета роботи – розробити електричну схему багатофункціонального наземного дрону який має зворотній зв'язок.

У ході виконання дипломної роботи було успішно розроблено та реалізовано багатофункціональний наземний дрон зі зворотним зв'язком. Проект включав декілька основних етапів, кожен з яких був ретельно спланований та виконаний для досягнення високої якості кінцевого продукту.

Перш за все, було здійснено проектування та розробку конструкції дрона, що включало вибір оптимальних матеріалів і компонування основних елементів. Особлива увага приділялася міцності та легкості конструкції, що забезпечило надійність і маневреність дрона.

Наступним етапом стала інтеграція сучасних сенсорів та системи зворотного зв'язку. Ця система дозволяє отримувати дані в режимі реального часу, що забезпечує високу точність і оперативність у виконанні поставлених завдань. Зворотний зв'язок грає ключову роль у безпечній та ефективній роботі дрона.

Було розроблено програмне забезпечення для управління дроном, яке включає алгоритми автономного пересування та інтерфейс для оператора. Програмне забезпечення забезпечує зручне управління дроном та аналіз даних, отриманих з сенсорів, що підвищує ефективність роботи оператора.

Дрон пройшов серію випробувань у різних умовах, що підтвердило його здатність виконувати широкий спектр завдань, таких як моніторинг територій, пошуково-рятувальні операції та транспортна логістика. Випробування показали, що дрон відзначається стабільною роботою та високою точністю.

У результаті виконання даної роботи було створено багатофункціональний наземний дрон, який має великий потенціал для подальшого розвитку та впровадження у різних галузях. Проект продемонстрував доцільність і перспективність використання сучасних технологій у розробці автономних систем.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Оглядова частина</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Принципова схема побудови наземного дрона</b> .....	<b>9</b>
2.1 Батарея.....	10
2.2. BEC (Battery Eliminator Circuit).....	12
2.3. TBS Crossfire Nano RX.....	15
2.4. Matek H743-WING V3.....	19
2.5. FPV (First Person View).....	22
2.6. SONGLE PWM 5-9V 20A.....	25
2.7. BESS Flipsky 75100 SC 75V 100A.....	27
2.8. BLDC (Brushless DC).....	30
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>33</b>

## ВСТУП

Дистанційно керовані бойові одиниці (ДКБО) грають значну роль в сучасних війнах і конфліктах. Їхнє використання може мати великий вплив на тактику, стратегію та результати бойових дій. Завдяки використанню ДКБО можна здійснювати бойові операції без прямого фізичного контакту з противником, що може значно зменшити ризики для власних військовослужбовців. В свою чергу зменшить бойові втрати та зменшує морально психологічний вплив на бійців.

Одним з найпоширеніших аспектів використання ДКБО є ведення розвідки та знищення ворожих цілей: безпілотні літальні апарати (БПЛА), можуть використовуватися для розвідки та збору інформації на ворожій території без високого ризику для військовослужбовців. За допомогою систем скидів можна дистанційно бомбардувати ворожі позиції та техніку різними типами боєприпасів. А за допомогою наземних дронів дистанційно мінувати ключові вузли постачання ворога.

Електронне боротьба: Дистанційно керовані бойові одиниці можуть брати участь у електронній боротьбі, заважаючи роботі ворожих комунікаційних та навігаційних систем.

Підтримка великих відстаней: Дистанційно керовані системи можуть оперувати на великій відстані від бази або корабля, забезпечуючи можливість оперативного втручання в різних частинах світу.

Координація з іншими системами: ДКБО може бути інтегрованою в комплексні системи керування та комунікацій, що дозволяє їм ефективно співпрацювати з іншими видами військ та бойовими одиницями.

Психологічний ефект: Сама можливість використання високоточної зброї та бойових систем без втрат серед власних військ може мати психологічний ефект на противника, змушуючи його переосмислити свою стратегію та тактику.

Для підвищення ефективності бойових підрозділів і зменшення втрат необхідно збільшувати кількість дистанційно керованих бойових одиниць на фронті.

## 1. Оглядова частина

В наш час в Україні дуже слабо розвинена галузь наземних дистанційно керованих бойових одиниць. Існує лише декілька стартапів та розробок від учасників бойових дій. Всі розробки виготовлені в одиничних екземплярах і наразі проходять випробування в зоні бойових дій.

Розробники пропонують ефективну платформу для перевезення вибухової речовини в середині корпусу дрону. Недоліком такої конструкції є одноразовість. Після застосування дрон не зворотно пошкоджується що в свою чергу тягне за собою велику вартість однієї умовної одиниці. Для однієї місії потрібен один дрон. Також суттєвим недоліком є відсутність зворотнього зв'язку з оператором а саме: відсутні показники стану акумуляторної батареї, відсутній відео зв'язок.

Відсутність відео з'язку вимагає візуальне спостереження за роботою за допомогою оптичних приладів, що може виказати противнику тактичне місці дислокації бійців.



Рис.1. Дрон розробка м.Вінниця

Також існують розробки дистанційного дрону який замінює ключові транспортні вузли скидаючи протитанкову міну. Це зменшує собівартість одного застосування. Але в даному випадку не можливо дистанційно підірвати заряд у випадку виявлення ворожої бронетехніки і заїзду під неї.

Дана розробка також не обладнана FPV системою відео зв'язку що наражає на небезпеку оператора або корегувальника. Дрон ефективний для дистанційного мінування, та не може бути використаний як камікадзе, розвідник чи дрон підтримки для забезпечення безпечного та малопомітного переміщення боєкомплекту або провіанту для піхотинців які відрізані вогневим рубежом від основних сил.



Рис.2. Дрон Володимира Муссур

Існує також розробка бойового робота з встановленим на нього кулеметом для виконання дозвідувально-деверсійних місій. Він є багаторазовим і оснащеним системою FPV відео зв'язку що дає змогу бійцям перебувати на безпечній відстані, виконувати вогневе враження ворожої піхоти а також надавати вогневу підтримку.

Проте в нього також є певні недоліки а саме:

високий центр тяжіння що зменшує ефективність прицільної стрільби в автоматичному режимі.

відсутність модульності що потребує для кожного типу завдання використання іншого дрону.

Наявність лише однієї камери що не дозволяє одночасно рухатись та виконувати постріли.



Рис.3. Дрон розробка м.Тернопіль

Головним недоліком цих розробок є їхня однозадачність, що вимагає мати на передовій декількох типів бойових одиниць.

## 2. Принципова схема побудови наземного дрона

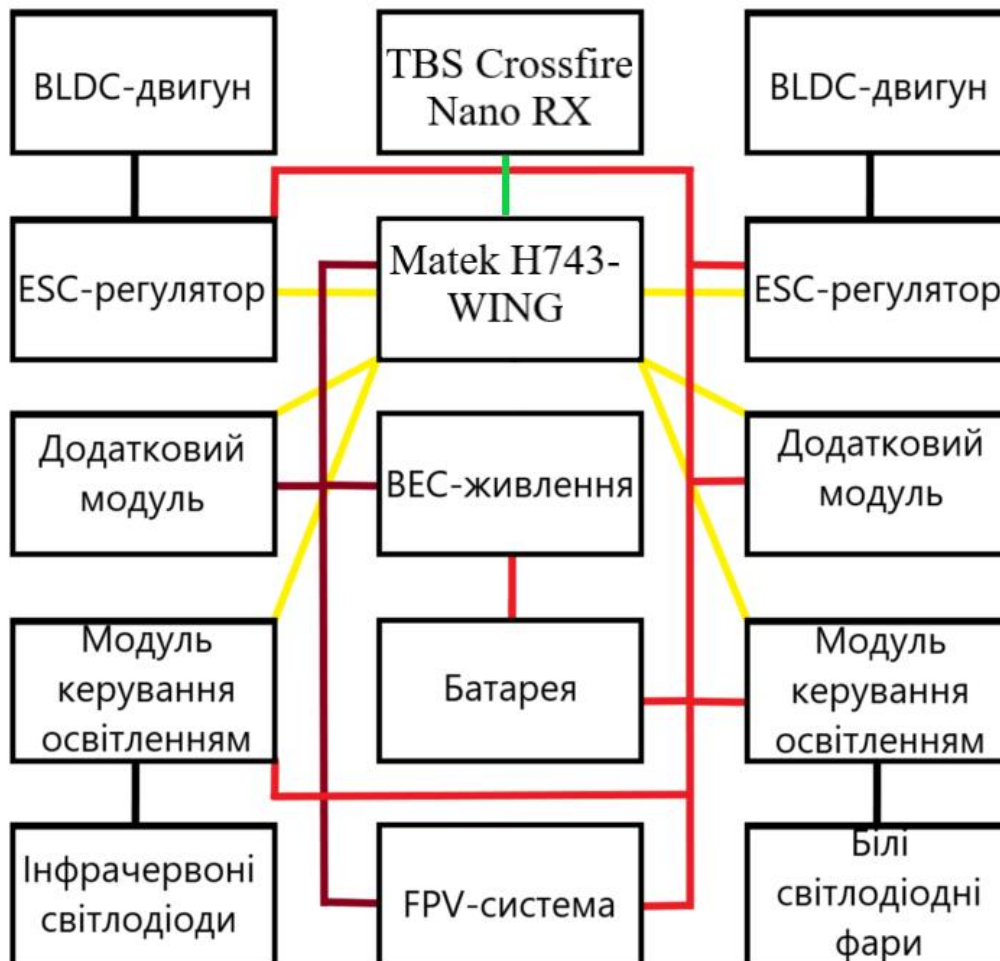


Рис.4. Схема структурна

На схемі ми бачимо, принцип за яким побудований наземний дрон. Основними компонентами системи є – польотний контролер який обробляє сигнали отримані з приймача .

## 2.1 Батарея



Рис.5. Батарея

Призначення бортової батареї.

Бортова або ж силова батарея призначення для живлення всіх компонентів наземного дрону таких як двигуни, фари тощо.

Батарея складається з елементів типу-розміру 18650 які є легкодоступними та універсальними. Завдяки цьому розміри та ємність батареї можна робити різними.

Характеристики:

Ці акумулятори використовують технологію літій-іонів, що робить їх легкими та високоефективними. Стандартна напруга становить 3.7 вольт, але існують також

варіанти з іншою напругою в залежності від застосування. Важливо відзначити їх велику енергетичну щільність, яка дозволяє їм забезпечувати тривалий час роботи без необхідності у частому заряджанні.

Застосування:

Акумулятори 18650 мають безліч застосувань у сучасному світі. Вони використовуються в портативних електронних пристроях, таких як літа, фотоапарати, фонарі, а також у вимірювальних та медичних пристроях. Завдяки своїй високій енергетичній щільності, їх широко використовують у виробництві батарей для електромобілів та сховищ енергії з використанням сонячних панелей.

Переваги та недоліки:

Однією з важливих переваг є їхня велика енергетична щільність, що дозволяє створювати потужні та ефективні джерела живлення. Також, акумулятори 18650 можуть бути заряджені досить швидко, що робить їх зручними у використанні.

З іншого боку, важливо дотримуватися правильних умов зберігання та заряджання для запобігання перегріванню або вибухам. Щоб забезпечити безпеку та тривалий термін служби, користувачам слід дотримуватися вказівок виробника.

## 2.2. BEC (Battery Eliminator Circuit)



Рис.5. Battery Eliminator Circuit

BEC (Battery Eliminator Circuit) у світі радіокерованих (RC) дронів є важливим компонентом, який вирішує питання живлення для різних електронних компонентів моделі, таких як приймач, сервоприводи та інші додаткові пристрої. Основна мета BEC - це уникнути використання окремого акумулятора для живлення електроніки, дозволяючи використовувати один акумулятор для всієї системи дрону.

Характеристики BEC:

Вихідна напруга:

Зазвичай ВЕС призначені для роботи на стандартних напругах акумуляторів, таких як 7.4 вольта для двохосібних LiPo акумуляторів. Існують також моделі, які можуть регулювати вихідну напругу відповідно до потреб.

Струмова видача (ампераж):

ВЕС має обмеження по амперажу, яке визначає його здатність подавати струм. Достатньо великий ампераж є важливим для живлення потужних сервоприводів та інших електронних компонентів.

Тип підключення:

ВЕС може бути безпосередньо підключений до приймача або інших електронних пристроїв. Залежно від моделі, він може мати різні конфігурації підключення.

Захист від перевантаження та перегріву:

Деякі ВЕС оснащені захистом від перевантаження та перегріву, щоб уникнути пошкодження електроніки та самого ВЕС в разі інтенсивного використання або надмірного навантаження.

Регульована напруга:

Деякі ВЕС мають функцію регулювання вихідної напруги, щоб забезпечити сумісність з різними моделями автомобілів із різними вимогами.

Застосування :

ВЕС забезпечує стабільне та надійне живлення електроніки RC автомобілів, уникаючи необхідності у використанні окремого акумулятора для системи електроніки.

Переваги та Недоліки:

Переваги:

Спрощення конструкції та обслуговування.

Забезпечення стабільного живлення для всієї електроніки.

Зменшення ваги та об'єму займаного простору.

Недоліки:

Потреба у великому амперажі для справляння з потужними сервоприводами та іншою високоенергетичною електронікою.

### 2.3. TBS Crossfire Nano RX



Рис.6. TBS Crossfire Nano RX

Призначення приймача:

Приймач у радіокерованих (RC) моделях є ключовим компонентом, відповідальним за отримання радіосигналів від віддаленого керування (передавача або пульта дистанційного управління). Основне завдання приймача - перетворювати радіосигнали в команди для інших компонентів моделі, таких як сервоприводи, регулятори швидкості, світлодіоди тощо.

Основні характеристики приймача:

Канали:

Кількість каналів приймача визначає, скільки функцій або компонентів можна керувати з передавача. Наприклад, для базового автомобіля з керуванням та газом вистачить 2-3 канали, в той час як для багатофункціональних моделей (таких як літаки або вертольоти) може знадобитися більше каналів.

Частота:

Приймачі можуть працювати на різних частотах, таких як 2.4 ГГц або 27 МГц. Сучасні моделі найчастіше використовують 2.4 ГГц через його переваги в інтерференційній стабільності та менше споживанні енергії.

Режим сумісності:

Приймачі можуть бути розроблені для роботи з певними типами передавачів або пультами дистанційного керування. Важливо впевнитися, що приймач сумісний з вашим передавачем.

Робочий діапазон:

Робочий діапазон визначає максимальну відстань між передавачем і приймачем, на якій можна ефективно керувати моделлю. Зазвичай цей параметр вказується в метрах або футах.

Робоча напруга:

Більшість приймачів працюють в діапазоні напруги від 4.8V до 7.4V. Важливо визначити, яка напруга буде використовуватися в вашій моделі, і вибрати приймач, який може працювати в цьому діапазоні.

Одже приймач у радіокерованих моделях виконує важливу функцію, роблячи можливим дистанційне керування та управління іншими електронними компонентами моделі. Вибір правильного приймача залежить від конкретних потреб і характеристик моделі RC автомобіля, літака чи іншої транспортної засоби.

TBS Crossfire Nano RX - це мініатюрний приймач, призначений для використання в радіоуправлених моделях. Він розроблений компанією Team BlackSheep і використовує технологію довгого діапазону передачі даних Crossfire. Основна функція TBS Crossfire Nano RX - забезпечення стабільного та надійного зв'язку між пультом керування та моделлю. Використовуючи передові антенні технології та сучасні методи модуляції сигналу, цей приймач забезпечує високу якість зв'язку на великих відстанях.

Основні характеристики TBS Crossfire Nano RX:

**Мініатюрний розмір:** його компактний дизайн дозволяє легко встановлювати приймач у невеликих моделях без значного збільшення ваги або розмірів.

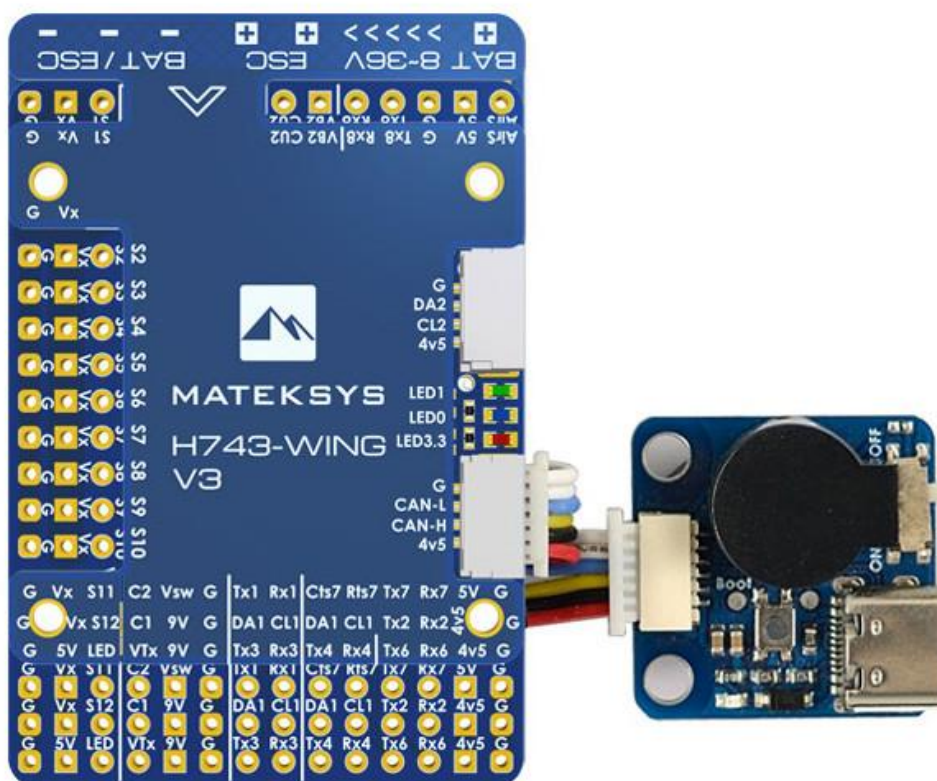
**Надійний зв'язок:** завдяки технології Crossfire, цей приймач забезпечує стабільний зв'язок на значній відстані, що дозволяє пілотам виконувати складні маневри та далекі польоти без втрати контролю. **Підтримка інтеграції:** TBS Crossfire Nano RX може легко інтегруватися з різними типами пультів керування та додатковими пристроями, що розширює його функціональність і сумісність з різними системами керування. **Працює на діапазоні частот:** приймач підтримує роботу на різних діапазонах частот, що дозволяє використовувати його в різних країнах та умовах електромагнітного середовища.

Переваги TBS Crossfire Nano RX:

**Надійний зв'язок:** Однією з основних переваг цього приймача є його надійність. Використовуючи технологію Crossfire, він забезпечує стабільний зв'язок на великих відстанях, навіть в умовах перешкод або інтерференції. **Довгий діапазон:** TBS Crossfire Nano RX дозволяє виконувати польоти на значні відстані без втрати контролю. Це особливо корисно для пілотів, які виконують дальні польоти або роблять польоти в умовах, де інші системи можуть втратити зв'язок. **Компактний розмір:** Іншою перевагою є компактний розмір приймача. Він легко поміщається у різних моделях без значного збільшення ваги або розмірів, що робить його

ідеальним вибором для невеликих або мініатюрних моделей. Широкий діапазон частот: Приймач працює на різних діапазонах частот, що дозволяє йому бути сумісним з різними системами керування та використовуватися в різних країнах. Інтеграція з різними пультами керування: TBS Crossfire Nano RX може легко інтегруватися з різними пультами керування та додатковими пристроями, що дозволяє розширити його функціональність та зручність використання. має деякі недоліки: Вартість: Приймач TBS Crossfire Nano RX може бути дорожчим порівняно з іншими аналогічними пристроями на ринку. Витрати на придбання цього приймача можуть бути вищими, ніж у більш доступних альтернатив. Складність налаштування: Для деяких користувачів налаштування TBS Crossfire Nano RX може бути складним. Це може вимагати додаткового часу та зусиль для вивчення та розуміння налаштувань та параметрів. Залежність від інфраструктури Crossfire: Використання TBS Crossfire Nano RX передбачає наявність підтримуваної інфраструктури Crossfire, такої як передавачі та базові станції. Це може стати обмеженням для деяких користувачів, які шукають простіші або менш залежні від інфраструктури рішення. Обмежена сумісність: Хоча TBS Crossfire Nano RX має широку сумісність з різними пультами керування, деякі старіші або менш популярні моделі можуть мати обмежену сумісність або вимагати додаткових адаптерів або переходників. Потреба в додатковому обладнанні: Використання TBS Crossfire Nano RX може вимагати додаткового обладнання, такого як антени або адаптери, щоб забезпечити оптимальну продуктивність. Це може збільшити вартість та складність встановлення.

## 2.4. Matek H743-WING V3



FLYMOD  
FLIGHT SYSTEMS

Рис.7. Matek H743-WING V3

Matek H743-WING V3 - це мікроконтролер, призначений для використання в багатьох пристроях, зокрема в радіокерованих моделях літаків (звідси і "WING" у назві). Цей пристрій має велику кількість різноманітних функцій і можливостей:

**Процесор:** В основі цього мікроконтролера лежить потужний 32-бітний процесор STM32H743VI, що забезпечує високу продуктивність та швидкодію.

**Роз'єми та з'єднання:** Має різноманітні роз'єми та з'єднання для підключення до різних сенсорів, периферійних пристроїв та актуаторів.

**Інерціальні сенсори:** Вбудовані інерціальні сенсори дозволяють вимірювати параметри руху пристрою, що дуже важливо для радіокерованих моделей.

**Підтримка програмного забезпечення:** Має підтримку різних програмних платформ, таких як Betaflight, ArduPilot тощо, що дозволяє легко програмувати та керувати пристроєм з різних платформ.

Matek H743-WING V3 має кілька значних переваг:

**Потужний процесор:** Завдяки використанню високопродуктивного 32-бітного процесора STM32H743VI, цей мікроконтролер забезпечує швидке та ефективне виконання різних завдань.

**Розширені можливості з'єднання:** Залежно від моделі, цей пристрій може мати різноманітні роз'єми та з'єднання, що дозволяє підключати до нього різні сенсори, пристрої та аксесуари, розширюючи можливості системи.

**Інтегровані сенсори:** Мікроконтролер включає в себе інерціальні сенсори, такі як гіроскопи та акселерометри, що дозволяє точно вимірювати рух та орієнтацію пристрою.

**Підтримка різних програмних платформ:** Matek H743-WING V3 підтримує різні програмні платформи, такі як Betaflight, ArduPilot та інші, що забезпечує велику гнучкість у виборі програмного забезпечення та реалізації функціоналу.

**Висока надійність:** Матеріали виготовлення та конструкція забезпечують надійність та стабільну роботу пристрою в різних умовах експлуатації.

**Спільнота користувачів:** Існує активна спільнота користувачів, яка забезпечує підтримку, обмін досвідом та розробку нового функціоналу для цього пристрою.

Хоча Matek H743-WING V3 має численні переваги, він також має деякі недоліки:

**Складність налаштування:** Для користувачів з обмеженим досвідом у програмуванні та роботі з мікроконтролерами може бути складно налаштувати цей пристрій через велику кількість опцій та параметрів.

**Вартість:** Ціна Matek H743-WING V3 може бути високою порівняно з іншими мікроконтролерами на ринку, що може бути недоцільним для деяких користувачів з обмеженим бюджетом.

**Сумісність з програмним забезпеченням:** Хоча пристрій підтримує різні програмні платформи, деякі користувачі можуть зіткнутися з проблемами сумісності або несумісності з деякими версіями програмного забезпечення.

**Обмежена документація та підтримка:** Деякі користувачі можуть виявити обмежену кількість документації або підтримки з боку виробника чи спільноти, що може ускладнити розвиток та вирішення проблем.

**Ризик несправності:** Як і з будь-яким електронним пристроєм, існує ризик виявлення несправностей або дефектів у пристрої, що може вимагати заміни або ремонту.

## 2.5. FPV (First Person View)



Рис.8. FPV система

FPV система в радіокерованих моделях:

FPV (First Person View) - це технологія, яка дозволяє пілотові отримувати візуальний зворотний зв'язок з керованої моделі в режимі реального часу за допомогою відеокамери, яка передає зображення на відеоприймач та виводить його на відеоекран або FPV-окуляри.

Основні характеристики FPV системи:

Відеокамера:

Роздільна здатність: Визначає якість зображення. Більша роздільна здатність дозволяє отримувати більш чітке зображення.

Кут огляду: Важливо для розширення області видимості. Широкий кут огляду важливий для уникнення зіткнень та забезпечення більшої обзорності.

Відеопередавач:

Вихідна потужність: Визначає дальність передачі сигналу. Більша потужність дозволяє подолати більше перешкод та відстань.

Частота передачі: Важлива для уникнення перешкод від інших радіочастотних джерел. Зазвичай використовується 5.8 ГГц.

Відеоприймач:

Чутливість: Впливає на здатність приймача отримувати сигнал ускладненими умовами.

Канали: Визначає кількість доступних радіочастотних каналів для уникнення перешкод від інших джерел.

Відеомонітор або FPV-окуляри:

Розмір та якість екрану: Важливо для комфортного та чіткого перегляду. FPV-окуляри можуть забезпечувати іммерсивний ефект.

Регульована яскравість: Дозволяє адаптувати зображення до умов освітлення.

Антени:

Тип: Омнідирекційні антени для широкого покриття або направлені для збільшення дальності в конкретному напрямку.

Поляризація: Важлива для уникнення перешкод від відбитих сигналів.

Запис відео:

Додатковий FPV DVR: Дозволяє записувати відео для подальшого перегляду або аналізу політів.

Опціональні функції:

Підвіси Системи стабілізації та гіроскопи для покращення стабільності зображення.

Оптична стабілізація: Зменшує вплив турбуленцій та вібрацій.

Вага та розмір:

Важливі для радіокерованих моделей: Оптимальне співвідношення між характеристиками та вагою для підтримки балансу та маневреності моделі.

FPV система в радіокерованих моделях дозволяє пілотам отримувати вражаючий візуальний досвід під час керування своєю моделлю в режимі реального часу. Вибір конкретної FPV системи залежить від типу моделі, умов експлуатації та індивідуальних вимог пілота.

## 2.6. SONGLE PWM 5-9V 20A

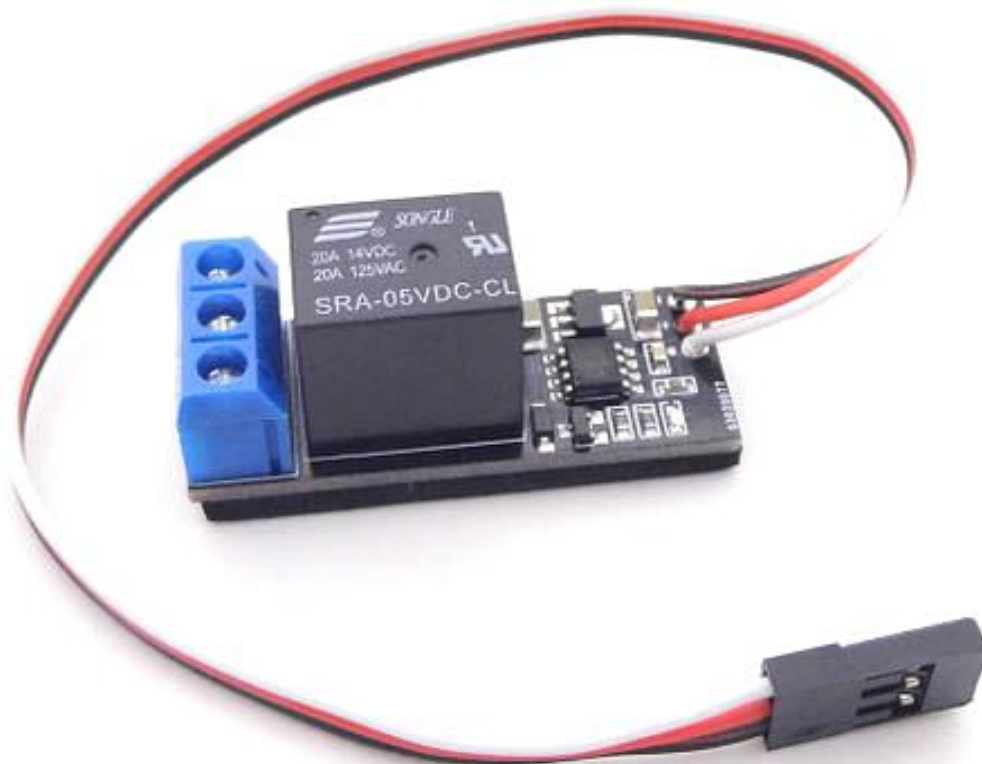


Рис.9. Реле SONGLE PWM 5-9V 20A

Модуль керування освітленням  
Реле SONGLE PWM 5-9V 20A

Особливості

Можна комутувати до 250 В

Управляється просто як сервопривід

Гальванічна розв'язка від керованого ланцюга

Характеристики

Напруга живлення: 5-9В

Тип комутації: НЗ-НР (гальванічно розв'язаний)

Струм споживання 80 мА у замкнутому стані

Максимальна частота комутації: 5 Гц

Ресурс: 500000 перемикань

Управління: PWM 1500мкс +/-500мкс 50Гц

## 2.7. BEESC Flipsky 75100 SC 75V 100A

ESC (Electronic Speed Controller) або регулятор швидкості - це електронний пристрій, який використовується в радіокерованих (RC) моделях, щоб керувати швидкістю обертання електричного мотора. Основна функція ESC - регулювання потужності, яку отримує мотор, тим самим контролюючи швидкість транспортного засобу. Ось деякі ключові характеристики та інформація про їхнє використання:

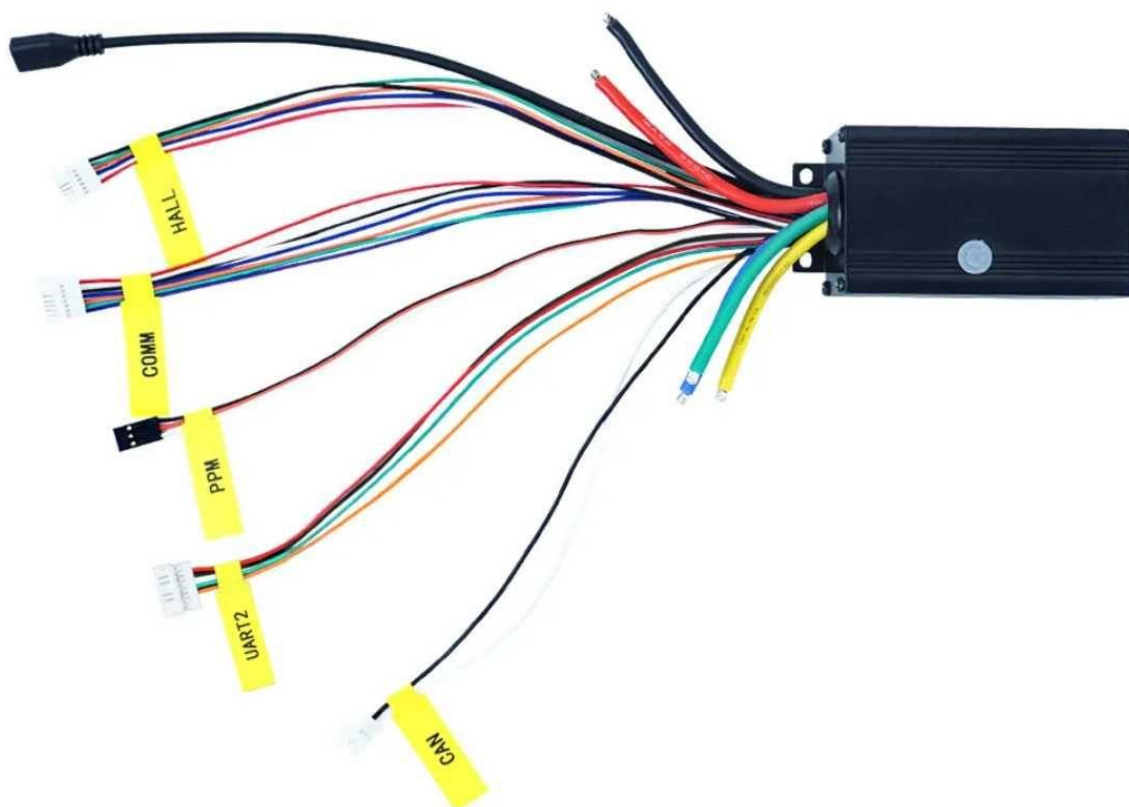


Рис.10. BEESC Flipsky 75100 SC 75V 100A

BEESC Flipsky 75100 SC 75V 100A є ключовим елементом в електричних транспортних системах, який відіграє важливу роль у керуванні швидкістю та напрямком руху транспортного засобу. Цей регулятор швидкості використовується в різних типах електричних транспортних засобів, від

електроскейтів до електровелосипедів, надаючи користувачам контроль над їхнім рухом та забезпечуючи ефективність та безпеку експлуатації.

### Характеристики VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A

VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A є електронним регулятором швидкості, призначеним для використання в електричних транспортних засобах. Він має ряд характеристик, які роблять його привабливим для використання у різних проектах електротранспорту.

Напруга цього регулятора швидкості становить 75V, що забезпечує йому можливість працювати з більшими батареями, що відкриває можливості для використання в електротранспортних системах з великою енергетичною ємністю.

Струмова потужність досягає 100A, що робить цей регулятор швидкості досить потужним для керування різними типами та потужностями моторів, що використовуються в електротранспорті.

Помірні габарити та вага роблять його зручним для встановлення в різних типах транспортних засобів.

VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A зазвичай сумісний з різними типами моторів та пультів керування, що робить його вибором для широкого спектру проектів електротранспорту.

Однією з ключових переваг цього регулятора швидкості є можливість програмування різних параметрів. Це дає користувачам можливість налаштувати його під свої потреби та умови експлуатації.

Вбудовані захисні механізми, такі як захист від перевантаження та короткого замикання, гарантують безпеку та надійність роботи системи.

Інтерфейс VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A може бути різним, включаючи UART, CAN, USB, що забезпечує зручну можливість підключення та програмування.

### Функції

Функціональні можливості VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A роблять його важливим елементом для електричних транспортних засобів. Він забезпечує регулювання швидкості з високою точністю, дозволяючи користувачам контролювати рівень потужності, яку передають мотори колесам. Крім того, він

підтримує функцію реверсу, що дозволяє змінювати напрямок руху транспортного засобу. Однією з ключових функцій є можливість регенерації енергії, що дозволяє використовувати енергію, що віддається під час гальмування або спуску, для заряджання батареї транспортного засобу. Додатково, вбудовані захисні механізми, такі як захист від перевантаження та короткого замикання, гарантують безпеку та надійність в експлуатації.

### Переваги

Цей регулятор швидкості має численні переваги, які роблять його привабливим для використання в електричних транспортних системах. Його висока потужність дозволяє ефективно керувати навантаженням навіть в умовах великих навантажень або нахилів. Гнучкість налаштування параметрів дозволяє користувачам налаштовувати різні параметри ESC для оптимального використання в різних умовах. Регенерація енергії підвищує дальність поїздок та зменшує витрати енергії, що робить систему більш ефективною. Захисні функції ESC забезпечують надійність та безпеку в експлуатації.

### Недоліки

Незважаючи на свої переваги, VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A також має деякі недоліки. Висока вартість цього ESC може бути перешкодою для деяких користувачів, особливо в умовах обмеженого бюджету. Проблеми сумісності з певними типами моторів або складність налаштування можуть виникнути у деяких сценаріях використання. Додатково, може бути складно знайти місцеву підтримку або обслуговування для цього конкретного продукту.

### Висновок

Усупереч своїм недолікам, VESC Flipsky 75100 SC 75V 100A є потужним та гнучким регулятором швидкості для електричних транспортних засобів, проте його використання варто ретельно обмірковувати, враховуючи переваги та недоліки для кожного конкретного застосування. Враховуючи це, важливо планувати інтеграцію цього ESC з іншими компонентами системи транспорту для досягнення оптимальних результатів в роботі та ефективного використання енергії.

## 2.8. BLDC (Brushless DC)



Рис.11. Brushless DC

BLDC (Brushless DC) мотори є однією з форм безщіткових електродвигунів, які використовуються в різних сферах, таких як автомобільна промисловість, аерокосмічна техніка, електроніка та радіокеровані моделі. Вони отримали популярність завдяки своїм високим коефіцієнтам ефективності, низькому рівню обслуговування та високій енергоефективності.

Основні характеристики та принцип дії BLDC моторів:

Безщіткова конструкція:

У BLDC моторів відсутні щітки, які зазвичай знаходяться в щіткових DC моторах. Це робить їх менш вразливими до зносу та підвищує їхню довговічність.

Структура:

BLDC мотор складається з ротора і статора. Статор містить постійні магніти, а ротор - магнітопровідні лопаті, які піддаються впливу сталевого якоря. Взаємодія магнітних полів статора і ротора генерує обертальний рух ротора.

Електронне управління:

Керування BLDC мотором вимагає використання спеціалізованого електронного контролера (ESC - Electronic Speed Controller). Цей контролер регулює потік струму до фаз мотора, забезпечуючи точне управління обертанням.

Висока ефективність:

Однією з основних переваг BLDC моторів є їхня висока ефективність. Вони можуть забезпечити високий коефіцієнт корисної дії та менше втрат енергії в результаті тертя та обертальних втрат.

Висока потужність та обертальний момент:

BLDC мотори можуть надавати високий обертальний момент при відносно невеликому об'ємі та масі, роблячи їх популярними в застосуваннях, де важливий об'єм та вага.

Менше обслуговування:

Відсутність щіток зменшує ризик зносу та підвищує довговічність мотора. Це також робить їх менш чутливими до забруднення.

Регульована швидкість та напрямок:

Завдяки використанню електронного контролера, швидкість і напрямок руху BLDC мотора можуть легко регулюватися.

Використання у різних галузях:

BLDC мотори використовуються в автомобільній промисловості (наприклад, електрокари), аерокосмічній техніці, електроніці (вентилятори, побутова техніка) та радіокерованих моделях.

Застосування BLDC моторів:

Електрокари та гібридні автомобілі:

BLDC мотори використовуються в електричних та гібридних автомобілях для приводу коліс.

Аеронавтика:

У літаках, вертольотах та деяких безпілотноках для керування пропелерами та вентиляторами.

Побутова техніка:

Вентилятори, пральні машини, холодильники та інші побутові пристрої.

Радіокеровані моделі:

Використовуються для приводу коліс, пропелерів або гвинтів у радіокерованих автомобілях, літах, вертольотах тощо.

BLDC мотори відіграють ключову роль у різних високотехнологічних застосуваннях, завдяки своїй ефективності та надійності.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи була досягнута основна мета – створення багатофункціонального наземного дрона зі зворотним зв'язком. Цей проект включав кілька ключових етапів, кожен з яких вимагав ретельного підходу та інтеграції різноманітних технологій для досягнення бажаного результату.

На початковому етапі була розроблена конструкція дрона, яка включала вибір матеріалів та компонування основних елементів. З огляду на вимоги до надійності та функціональності, було обрано легкі, але міцні матеріали, що забезпечили не лише стійкість конструкції, але й її маневровість. Ретельно продумане компонування внутрішніх систем дозволило досягти оптимального балансу між вагою та продуктивністю дрона.

Наступним важливим кроком стала розробка електронної схеми, яка включала інтеграцію сучасних сенсорів та системи зворотного зв'язку. Сенсори дозволяють збирати різноманітні дані про навколишнє середовище, а система зворотного зв'язку забезпечує оперативну передачу цих даних до оператора в режимі реального часу. Це значно підвищує рівень контролю над дроном та дозволяє своєчасно реагувати на зміни умов, що є критичним для виконання складних завдань.

Важливою частиною проекту було створення програмного забезпечення для управління дроном. Це програмне забезпечення включає алгоритми автономного пересування, що дозволяє дрону виконувати поставлені задачі без безпосереднього втручання оператора. Додатково було розроблено інтерфейс для оператора, який забезпечує зручне управління та моніторинг роботи дрона. Програмне забезпечення також включає модулі для аналізу даних, отриманих з сенсорів, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення в реальному часі.

Одним із критичних етапів проекту було тестування дрона в реальних умовах. Випробування проводилися у різноманітних середовищах та за різних погодних умов, що дозволило оцінити ефективність та стабільність роботи систем. Результати випробувань показали, що дрон успішно справляється з поставленими задачами, включаючи моніторинг територій, пошуково-рятувальні операції та транспортну логістику. Особливо слід відзначити високу точність та швидкість реагування системи зворотного зв'язку, яка значно підвищила безпеку та ефективність операцій.

Завдяки модульній структурі дрона та використанню стандартних протоколів зв'язку, його конструкція є легкою для модернізації та адаптації під нові завдання. Це відкриває широкі перспективи для подальшого вдосконалення та розширення функціональності дрона. Наприклад, можна інтегрувати додаткові сенсори для збору більш специфічних даних або розробити нові алгоритми для покращення автономного управління.

Таким чином, створений багатофункціональний наземний дрон зі зворотним зв'язком не лише відповідає поставленим вимогам, але й демонструє великий потенціал для подальшого розвитку. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження подібних технологічних рішень у різних галузях, включаючи промисловість, сільське господарство, безпеку та рятувальні операції. Успішна реалізація цього проекту свідчить про перспективність використання багатофункціональних дронів для вирішення широкого спектру задач, що сприятиме підвищенню ефективності та безпеки різних процесів.

Розроблений дрон може стати основою для майбутніх досліджень і розробок у цій сфері, пропонуючи нові можливості для автоматизації та оптимізації робочих процесів. Його універсальність і адаптивність роблять його корисним інструментом для багатьох застосувань, а отриманий досвід і знання можуть бути використані для створення ще більш досконалих систем у майбутньому.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Anderson, C., & Wolff, P. (2012). \*\*\*"Makers: The New Industrial Revolution."\*\* Crown Business.
2. Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). \*\*\*"Introduction to Autonomous Mobile Robots."\*\* MIT Press.
3. Farinelli, A., Iocchi, L., & Nardi, D. (2004). \*\*\*"Multirobot Systems: A Classification Focused on Coordination."\*\* IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 34(5), 2015-2028.
4. Saska, M., Vakula, J., & Preucil, L. (2014). \*\*\*"Swarms of Micro Aerial Vehicles Stabilized Under a Visual Relative Localization."\*\* In 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (pp. 3570-3575). IEEE.
5. Corke, P., & Dunn, E. (2004). \*\*\*"Real-time Vision for Small Robots."\*\* Springer.
6. Kumar, V., & Michael, N. (2012). \*\*\*"Opportunities and Challenges with Autonomous Micro Aerial Vehicles."\*\* The International Journal of Robotics Research, 31(11), 1279-1291.
7. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2008). \*\*\*"Springer Handbook of Robotics."\*\* Springer.

**ДОДАТОК А**  
**ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ ОБРАХУНКУ КОМПОНЕНТНОГО**  
**СКЛАДУ ПЛАЗМИ**