

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня _____ бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо- професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЗЕМЛЕННЯ КВАДРОКОПТЕРУ
З РАМОЮ 7-10 ДЮЙМІВ»

Здобувача групи СУдн-01п

Ушета Владислав Сергійович

Ця кваліфікаційна робота має результати власних досліджень. Якщо використовувались тексти, ідеї, результати інших авторів, вони мають посилання на відповідне джерело.

_____ Владислав УШЕТА

(підпис)

Керівник:

доцент кафедри КСУ, к.ф.-м.н., доцент В'ячеслав ЖУРБА

_____ (підпис)

Суми – 2024

Ном.рядка	Формат № папка	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документа	Примітки
1			<u>Документація</u> <u>загальна</u>			
2	A4		Завдання кафедри	2		
3	A4		Анотація	1		
4	A4		Технічне завдання	2		
5	A4	СУдн-01п.6.151.02.ПЗ	Пояснювальна записка	45	ПЗ	
6			<u>Графічна частина</u>			
7	A2	СУдн-01п.6.151.02.A2	Функціональна схема автоматизації	1	E2	
8						
9	A2	СУдн-01п.6.151.02.E3	Схема електрична принципова	1	E3	
10						
11	A2	СУдн-01п.6.151.02.ПЕ	Перелік елементів	1	ПЕ	
12						
13						
14						
15						

СУдн-01п.6.151.02.ДП

Змн	Арк	№ доокум	Підпис	дата				
Розробив		Владислав УШЕТА			Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів		В'ячеслав ЖУРБА					2	73
Рецензент						СумДУ, СУдн-01п		
Н.контр		В'ячеслав ЖУРБА						
Затвердив		Петро Леонтьєв						

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Затверджую
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 року.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Ушеті Владиславу Сергійовичу
(Прізвище, Ім'я, По-батькові повністю)

ТЕМА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

«АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЗЕМЛЕННЯ КВАДРОКОПТЕРУ З РАМОЮ 7-10 ДЮЙМІВ»

ТЕРМІН ЗДАЧІ РОБОТИ

12 червня 2024 року

ЗАТВЕРДЖЕНО

НАКАЗ РЕКТОРА СУМДУ № 0451-VI від 29 квітня 2024 року

ВИХІДНІ ДАНІ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання кафедри, звіт з переддипломної практики, технічна документація, наукові статті,
література, інтернетджерела, та інше

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Апаратне постачання системи управління, розроблення структурних схем, розрахунок
витрат на розробку моделі управління,

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБІТ

номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Вступ. Розгляд основних питань процесу управління пристроєм.	14.05.2024
1.	Структура об'єкта керування та його принципу дії. Визначення поставленої задачі, та її зміст.	15.05.2024
2.	Розроблення та обґрунтування структурної схеми системи керування. Розроблення та обґрунтування функціональної схеми автоматизації.	20.05.2024
3.	Опис складу та роботи процесу управління. Розробка апарату постачання системи управління	27.05.2024
4.	Математичні розрахунки моделі керування. Оцінення вартості розроблення та дослідження системи управління.	30.05.2024
5.		06.06.2024

6. Завдання видано " 29 " квітня 2024 р.

Керівник проекту :

доцент кафедри КСУ,

к.ф.-м.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

В'ячеслав ЖУРБА

(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУдн-01п

(шифр групи)

(підпис)

Владислав УШЕТА

(ім'я та прізвище)

Міністерство освіти науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи керування для автоматизації процесу приземлення
квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів

Розробив:
Студент групи СУдн -01п

Владислав УШЕТА

Погодив:
к.ф.-м.н., доцент

В'ячеслав ЖУРБА

Суми – 2024

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Затверджую
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 року.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої
освіти Ушеті Владиславу Сергійовичу

1. НАЗВА ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів. Квадрокоптери одна з основних галузей промисловості, яка все частіше застосовується у сучасному світі.

2. ПІДСТАВА ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ

Затверджена наказом ректора СумДУ № 0451-VI від "29" квітня 2024р.

3. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Об'єктом являється автоматизація процесу керування під час приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів.

4. ТЕРМІН ЗДАЧІ РОБОТИ

" 12 " червня 2024 р.

5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ:

звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація

та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.

6. ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (питання, що підлягають розробленню):
аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис системи, розробка структурної схеми системи, постановка задач, які потребують вирішення, опис контурів керування, розробка функціональної схеми автоматизації, підбір технічних засобів автоматизації, створення електричної принципової схеми, створення системи керування.

7. ПЕРЕЛІК МАТЕРІАЛІВ:

11 рисунків, 9 таблиць, 2 додатки

Номер етапу	Зміст етапу проектування (виконання роботи)	Строк виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Огляд аналогів .	23.04-01.05.24
2	Розгляд основних питань та головної задачі.	02.05-07.05.24
3	Основні технічні рішення	08.05-12.05.24
4	Технічне забезпечення .	13.05-20.05.24
5	Інформаційне, програмне, метеорологічне забезпечення.	21.05-23.05.24
6	Розроблення схем автоматизації	24.05-28.05.24
7	Оформлення проектної документації. Задача проекту керівнику	01.06-12.06.24

8. Завдання видане 29 квітня 2024 року

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ,
к.ф.-м.н., доцент

(підпис)

В'ячеслав Журба

Здобувач:
студент гр.
СУдн-01п

(підпис)

Владислав УШЕТА

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Затверджую

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 року.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

зі спеціальності 151-Пвтоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів»

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент

В'ячеслав ЖУРБА

Здобувач :

Студент групи СУ – 01п

Владислав УШЕТА

Зміст

ЗМІСТ	9
АНОТАЦІЯ.....	11
ВСТУП	12
1 РОЗГЛЯД ОСНОВНИХ ПИТАНЬ. ГОЛОВНА ЗАДАЧА.....	13
1.1 Сфери застосування.....	13
1.2 Процес управління.....	13
1.3 Опис процесу управління	14
1.4 Склад процесу управління.....	15
1.5 Опис процесу роботи.....	16
2 РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	18
2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	18
2.2 Розробка структурної схеми автоматизації.....	19
2.3 Розробка електричної принципової схеми.....	19
3 АПАРАТНЕ ПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	20
3.1 Апаратне забезпечення.....	20
3.2 Комплекти запчастин.....	22
3.3 Виконавчі пристрої.....	24
3.4 Пристрої керування	27
3.5 Пульт оператора	32
3.6 Джерело живлення.....	33
3.7 Джерела зв'язку.....	34
3.8 Вимір електропоказників	36
3.9 Вимір кліматконтролю.....	37

<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Владислав Ушета</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>В'ячеслав Журба</i>		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затвердив</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>		
<i>Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів Відомість проекту</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
				<i>9</i>
			<i>Листів</i>	
			<i>74</i>	
<i>СумДУ, СУдн-01п</i>				

[Введіть текст]

4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ.....	39
4.1 Визначення напрямку роботи.....	39
4.2 Перерахунок кутів нахилу та крену при довільній орієнтації квадрокоптера.....	39
4.3 Особливості кутів.....	40
4.4 Динамічна поведінка дрону.....	41
4.5 Вартість обладнання.....	42
ВИСНОВКИ.....	44
ПОСИЛАННЯ НА ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	45
ДОДАТОК 1.....	46
ДОДАТОК 2.....	47

					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Владислав Ушета</i>			<i>Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів Відомість проекту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>В'ячеслав Журба</i>					<i>10</i>	<i>74</i>
<i>Реценз.</i>						10		
<i>Н. Контр.</i>						<i>СумДУ, СУдн-01п</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>						

АНОТАЦІЯ

Ушета Владислав Сергійович. Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів.

Кваліфікаційна робота бакалавра. Сумський державний університет, Суми, 2024.

В дипломному проекті розглядається питання на тему: «Автоматизація процесу приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів»

Також розглядається питання по економіці та охороні праці.

Пояснювальна записка містить: 47 сторінки, 11 рисунків, 9 таблиць, 10 джерел.

Предмет дослідження: процес приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів.

Об'єкт дослідження: процес приземлення квадрокоптеру з рамою 7-10 дюймів.

Мета дослідження: Основна мета дослідження полягає у вивченні можливостей та переваг автоматизації процесу керування під час посадки безпілотних літальних апаратів (БПЛА), зокрема квадрокоптерів з рамою 7-10 дюймів. Дослідження зосереджено на аналізі різних аспектів автоматизованих систем управління, таких як сенсорні системи, використання штучного інтелекту та інших технологій, що сприяють забезпеченню безпечного та ефективного процесу приземлення дронів.

Для досягнення поставленої мети були використані такі основні методи дослідження: імітаційне моделювання, аналіз літературних джерел, планування експерименту, декомпозиція, аналіз даних статистичний.

Ключові слова: - РАМНИЙ ДРОН, ПОСАДКА, ОБЕРТИ, СТАБІЛІЗАЦІЯ, ЗНИЖЕННЯ, СЕНСОРИ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВХІДНІ ТА ВИХІДНІ ДАНІ

					СУДН-01п.6.151.02.ДП	Арк
						11
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Пригадаймо лише, як досить недавно дивилися ми на ці неймовірні пристрої, майже як на якісь інопланетні створіння. Тепер же вони виконують різноманітні завдання, які раніше були поза здатністю людини, і це робить їх невід'ємною частиною багатьох галузей промисловості, включаючи сільське господарство, виробництво, медицину, транспорт і багато інших. Автоматизація процесу управління при посадці квадрокоптерів або безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є однією з ключових галузей у сучасній промисловості, яка набуває все більшого значення..

Технічний процес приземлення квадрокоптера складається з багатьох складних етапів, які потребують чіткого контролю. Одним з ключових елементів управління є об'єкт управління, який дозволяє відстежувати рух квадрокоптера та положення об'єктів навколо нього. Це дозволяє забезпечити безпечну посадку дрона та запобігти непередбачуваним ситуаціям.

Процес роботи є складним і вимагає багато уваги до деталей, і саме в цьому полягає проблема приземлення квадрокоптера. Навіть найменші помилки в управлінні можуть призвести до аварій та збільшити ризик втрати цінного обладнання. Удосконалення систем керування допоможе уникнути цих проблем і зробить посадку безпілотників ефективнішою та безпечнішою.

Основою для вирішення проблеми існуючої системи управління є аналіз поточного стану. Зрозуміння причин низької ефективності та складності управління посадкою квадрокоптера допоможе розробити ефективні та надійні системи керування, які відповідатимуть вимогам сучасної технологічної ери.

					Судн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						12
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗГЛЯД ОСНОВНИХ ПИТАНЬ.ГОЛОВНА ЗАДАЧА

1.1 Сфери застосунку

Однією з найбільших галузей промисловості являється авіаційна , яка БПЛ (дрон.квадрокоптер). Вона охоплює розробку, експлуатацію та виробництво дронів, що є ключовою складовою для розвитку цієї індустрії. Основні показники для авіаційної галузі включають наступні етапи розвитку та функціонування:

1. Кількість компаній: Спостерігається збільшення кількості компаній, які займаються виробництвом та розробкою дронів. Це свідчить про зростаючий інтерес та потенціал розвитку галузі.
 2. Виробництво: Виробництво дронів зростає завдяки технологічному прогресу та автоматизації. Попит на безпілотні системи сприяє розвитку та конкурентоспроможності галузі.
 3. Область застосунку продукції: Безпілотні літальні апарати використовуються в різних галузях, включаючи військову, цивільну та дослідницьку діяльність. Вони застосовуються для спостереження, пошуково-рятувальних операцій, картографування, екологічного моніторингу та інших цілей.
 4. Перспективи розвитку промисловості: На думку експертів, індустрія дронів має великий потенціал для зростання та розвитку. Це сприятиме підвищенню продуктивності та забезпеченню високих стандартів безпеки завдяки впровадженню новітніх технологій і автоматизованих методів.
- Ці показники відображають важливі аспекти розвитку та потенціалу безпілотної авіації, що стає все більш важливим компонентом сучасної промисловості.

1.2 Процес управління

Технологічний процес автоматичної посадки квадрокоптера включає декілька етапів, кожен з яких має свої важливі завдання:

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						13
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

1. Визначення точки приземлення: перший крок - визначення точки приземлення, може бути виконаний різними методами, такими як візуальна ідентифікація або системи GPS.

2. Корекція положення квадрокоптера та руху до точки приземлення: другий етап полягає в корекції положення квадрокоптера та його руху до точки приземлення. Цей крок може бути виконаний за допомогою різних методів, таких як алгоритми навігації, PID-управління тощо.

3. Контроль безпеки під час приземлення: На третьому етапі проводиться контроль безпеки під час приземлення, зокрема виявлення перешкод та запобігання зіткнень з іншими дронами. Цей етап може бути забезпечений різними датчиками, такими як камери високої роздільної здатності, датчики приближення та зіткнення тощо.

4. Завершення процесу приземлення: коли дрон досягає місця приземлення і знижується, визначається його позиція, і процес приземлення завершується.

Аналізуючи відповідні методи і технології, що використовуються в цій галузі, можна підготувати опис і технічну схему технології автоматичної посадки безпілотних літальних апаратів.

1.3 Опис процесу управління

У автоматизованому процесі управління посадкою квадрокоптера, об'єктом управління є сам дрон, який повинен реагувати на зміни умов зовнішнього середовища та виконувати завдання, поставлені перед ним. Технічний процес посадки передбачає взаємодію дрона з різними факторами зовнішнього середовища, такими як погодні умови, обмеження простору, перешкоди тощо.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						14
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

Хоча оператор може керувати дроном за допомогою дистанційного пульта керування, використання автоматизованої системи управління забезпечує більш точне та ефективне керування. Особливо доцільне використання автоматизації у ситуаціях, коли ручне керування стає непрактичним або небезпечним.

Для забезпечення точного виконання завдань посадки, засоби управління повинні бути оснащені необхідними датчиками, такими як датчики відстані та висоти, системи GPS-навігації, камери тощо. Ці датчики дозволяють дрону отримувати потрібну інформацію про своє оточення та коригувати свої дії в реальному часі для досягнення точної та безпечної посадки.

1.4 Склад процесу управління

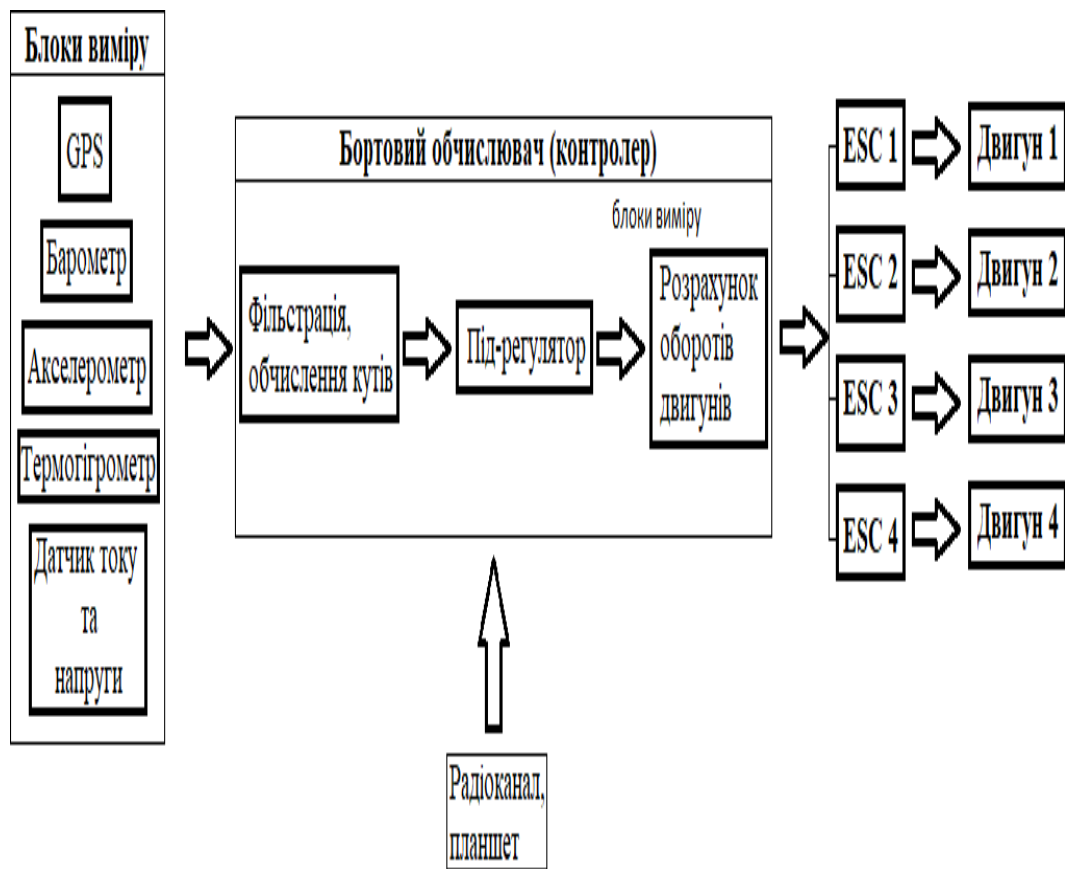


Рисунок 1.1 – Структурна схема

Об'єкт керування квадрокоптера має наступні вхідні та вихідні сигнали:

Вхідні:

- Чотири двигуни BLDC (безщіткові двигуни постійного струму).

Вихідні:

- Розгін квадрокоптера: інформація про швидкість зміни швидкості квадрокоптера.
- Тиск повітря навколо квадрокоптера: дані про атмосферний тиск, які використовуються для коригування висоти польоту.
- Температура навколо квадрокоптера: інформація про температуру оточуючого середовища, яка може впливати на роботу дрона.
- Дані GPS про місцезнаходження: координати місця розташування квадрокоптера, використовуються для навігації та стабілізації польоту.
- Відеосигнал: відеозапис або відеопотік, що передає зображення з камер, встановлених на квадрокоптері, для нагляду та контролю над польотом.
- Контроль операторського впливу: інформація про втручання або команди оператора, що впливають на роботу квадрокоптера.

1.5 Опис процесу роботи

Функціонування дрона це інтеграція автономних систем управління та обробки інформації, спрямована на керування квадрокоптером під час приземлення. Підключення дрона до такої автоматизованої системи дозволяє отримувати дані з різних датчиків та камер, а потім аналізувати ці дані для коригування його траєкторії та керування польотом. Це дозволяє квадрокоптеру ефективно реагувати на зміни умов навколишнього середовища, такі як перешкоди чи погодні умови, щоб забезпечити безпечну і точну посадку. Такий підхід допомагає забезпечити надійність та ефективність управління дроном, що є важливим в аспекті безпеки та успішного виконання місій.

Отже, ми визначили три основні канали керування квадрокоптером:

1. Канал прискорення квадрокоптера → мікроконтролер: Цей канал передає

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						16
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

команди про прискорення квадрокоптера до мікроконтролера, який відповідає за керування рухом дрона. Це може включати рухи вперед, назад, вгору, вниз та вбік.

2. Канал операторського впливу → мікроконтролер: Цей канал дозволяє оператору впливати на рух квадрокоптера за допомогою дистанційного пульта або іншого пристрою управління. Команди, отримані від оператора, передаються до мікроконтролера для виконання відповідних дій.

3. Канал мікроконтролера → двигуни BLDC: Цей канал передає сигнали від мікроконтролера до двигунів безщіткового електродвигуна (BLDC), щоб керувати обертанням пропелерів квадрокоптера та забезпечити необхідний рух та стабільність.

Ці канали дозволяють ефективно керувати рухом квадрокоптера в реальному часі, забезпечуючи точність та безпеку польоту.

					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>	Арк
<i>Зм..</i>		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

2 РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

За допомогою описаних вище технологічних процесів можна створити функціональну схему автоматизації.

Функціональна схема наведена в додатку 1.

Управління підсистемою виконується за допомогою мікроконтролера PIC32MX795F512L. Цей мікроконтролер прямо підключається до виконавчої системи та отримує дані від датчиків через інтерфейси UART та SPI. Оператори також можуть впливати на систему за допомогою панелі керування, яка використовує бездротовий зв'язок UART.

У середині мікроконтролера дані фільтруються та порівнюються з попередніми значеннями. На основі цих даних ПІД-регулятор обробляє та розраховує ШІМ-сигнали, необхідні для досягнення бажаної частоти обертання двигуна.

2.2 Розробка структурної схеми системи керування

Це дуже детальний опис параметрів та протоколів керування для системи стабілізації просторової орієнтації квадрокоптера. Давайте коротко розглянемо кожен пункт:

1. Вхідні параметри:

- Прискорення квадрокоптера: Цей параметр вказує на швидкість зміни швидкості квадрокоптера.
- Тиск повітря: Він використовується для розрахунку висоти квадрокоптера та впливає на аеродинаміку.
- Температура: Це важливий параметр для контролю теплових умов роботи квадрокоптера.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						18
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

- Дані GPS: Вони використовуються для навігації та позиціонування квадрокоптера.
- Відеосигнал: Це може бути використано для віддаленого контролю або навігації.
- Керування оператором: Ці параметри визначаються дистанційним оператором через пульт керування.

2. Протоколи керування двигуном:

- Запуск двигуна: Команда для запуску двигуна.
- Налаштування швидкості: Налаштування швидкості обертання двигуна через ШІМ або аналоговий сигнал.
- Реверс: Зміна напрямку руху двигуна.
- Зупинка двигуна: Команда для зупинки роботи двигуна.

Ці параметри і протоколи керування дозволяють ефективно керувати квадрокоптером під час його стабілізації та руху в просторі, забезпечуючи надійність і безпеку польоту.

2.3 Розробка електричної принципової схеми

Базуючись на розробленій функціональній схемі автоматизації, була створена принципова електрична схема об'єкта керування.

Принципова електрична схема зображена в Додатку 2.

					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>	Арк
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		19

3 АПАРАТНЕ ПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

3.1 Апаратне забезпечення

Цікаво, що використовуються такі різноманітні датчики для забезпечення більш точного визначення положення квадрокоптера. Давайте розглянемо ключові особливості GPS-модуля NEO-6N-0-001:

1. Висока точність: Цей модуль має високу точність визначення просторового положення, що робить його важливим елементом для навігації квадрокоптера.
2. Швидкість оновлення: Швидкість оновлення даних GPS-модуля NEO-6N-0-001 дозволяє швидко реагувати на зміни просторового положення квадрокоптера та швидко коригувати його траєкторію.
3. Низьке споживання енергії: Це важливо для забезпечення тривалої роботи квадрокоптера без потреби частішої заміни або зарядки акумуляторів.
4. Вбудована антена: Модуль вже має вбудовану антену, що спрощує його використання та інтеграцію з системою управління квадрокоптером.
5. Розширені функції: NEO-6N-0-001, ймовірно, має додаткові функції, такі як можливість отримання інформації про швидкість, напрямок руху та час.

Ці ключові особливості роблять модуль GPS важливим компонентом для точного та ефективного управління квадрокоптером, особливо в умовах невизначеності і змін у середовищі.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						20
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

1. MPU-6050

- Тип: Двовісний гіроскоп і триосевий акселерометр
- Інтерфейс: I2C (підтримка SPI також можлива)
- Роздільна здатність гіроскопа: до ± 250 , ± 500 , ± 1000 , або ± 2000 град/с
- Роздільна здатність акселерометра: до $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, або $\pm 16g$
- Напруга живлення: 3.3V або 5V (залежно від версії)
- Інші функції: Вбудований температурний датчик

2. HP206F

- Тип: Барометр і термометр
- Інтерфейс: I2C
- Точність: ± 0.01 hPa для барометра, $\pm 1^\circ\text{C}$ для термометра
- Діапазон вимірювань барометра: від 300 до 1200 hPa
- Діапазон вимірювань температури: від -40°C до $+85^\circ\text{C}$
- Живлення: 1.8V до 3.6V

3. NEO-6N-0-001

- Тип: GPS приймач
- Інтерфейс: UART (зазвичай)
- Сприйняття супутників: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
- Чутливість прийому: -161 dBm
- Точність: 2.5 м (СЕР 50%), 4.0 м (СЕР 95%)
- Частота оновлення: до 10 Гц
- Живлення: 3.0V до 5.5V

					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>	Арк
						21
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен з цих датчиків має свої унікальні характеристики і призначення. MPU-6050 використовується для вимірювання орієнтації та руху, HP206F - для вимірювання атмосферного тиску і температури, а NEO-6N-0-001 - для отримання географічних координат за допомогою супутникової навігації.

3.2 Комплектні запчастин

Каркас є ключовим компонентом безпілотної літака, до якого приєднуються всі інші частини пристрою. Він має отвори для прокладання кабелів..

На малюнку представлена рама дрону



Рисунок 3.1- рама дрону

Загальні характеристики рами дрону

Зв'язок – GPS , ГЛОНАСС

Габаритні розміри, мм -347,5 x 283 x 107,7

Висота (Max),м – 600

Максимальна допустима швидкість вітру, км/год -43,2

Максимальна швидкість набору висоти , км/год – 68

Камера – 20 МП, CMOS 4/3

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						22
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

Роздільна здатність запису , к/с -4К: 3840 x 2160

Роздільна здатність фото – 8000 x 6000

Підтримка microSD / вмонтована пам'ять, 8Гб-Нет

Вага,гр – 90

Температурний режим, °С --10... + 40

Завдяки роботі пропелерів та їх синхронізованим обертам квадрокоптер здійснює підйом у повітрі.



Рисунок 3.2 -
пропелери

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 3.1 – Характеристика проперелів

№	Характеристика	Опис
1	Діаметр	8 дюймів
2	Кількість лопаток	3
3	Матеріал	вуглеволокно
4	Кути нахилу ,градуси	30-35
5	Кріплення	отвірне
6	Нахил гвинтів	рівномірне
7	Тип роз'єму	Обертовий , прямиий
8	Вага	1 - 15 грам

3.3 Виконавчі пристрої

Безколекторні (безщіткові) мотори дійсно мають декілька переваг порівняно з колекторними моторами, особливо для застосування в дронах:

1. Більш ефективність: Безколекторні мотори є більш ефективними у використанні енергії через відсутність механічних щіток і колектора. Це дозволяє їм витратити менше енергії на термічні втрати і забезпечує вищий коефіцієнт корисної дії, що в свою чергу збільшує час польоту дрона.

2. Більш потужність: Безколекторні мотори зазвичай надають більше потужності на одиницю ваги порівняно з колекторними моторами того ж самого розміру. Це дозволяє дронам розвивати вищі швидкості, носити більші вантажі та виконувати складніші маневри.

3. Більш надійність: Оскільки безколекторні мотори не мають механічних щіток і колектора, які зношуються, вони мають більш тривалий термін служби і менше схильні до виходу з ладу через механічні проблеми.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						24
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

4. Кращий контроль: Безколекторні мотори забезпечують більш точний і швидкий відгук на команди контролера. Це дозволяє забезпечити точніше маневрування і керування дроном, що особливо важливо для виконання складних місій та роботи в умовах, де потрібен високий ступінь точності.

5. Менше шуму: Порівняно з колекторними моторами, безколекторні мотори генерують менше шуму, що робить їх більш придатними для використання в міських або шумних умовах, де важлива акустична емісія.

Усі ці переваги роблять безколекторні мотори популярним вибором для дронів та інших додатків, де важливі ефективність, потужність, надійність, точний контроль і мінімальний шум.



Рисунок 3.3 -двигун без колектора.

Таблиця 3.2 –

Опис основних характеристик безколекторного двигуна.

№	Характеристика	Опис
1	Марка	XXDA2212/10T, 1400KV
2	KV (оборотів на вольт)	2200
3	Потужність	7.4 - 14.8 В
4	Струм (Мах)	25 А
5	Потужність (Мах)	370 Вт
6	Кількість оборотів	4500 об/хв
7	Габарити	32 x 29 мм
8	Маса	85 г
9	Температура (допустима)	-10°C до +80°C
10	Чисельність полюсів	12
11	Чисельність фаз	3
12	Регулятор швидкості (ESC)	35-50

3.4 Пристрої керування

Мікроконтролер PIC32MX795F512L-80I/PT визначається низкою ключових переваг, що підтверджують його переваги над іншими моделями:

1. Висока продуктивність: В цьому приладі середина має таке ядро, в якому 32-розрядна частота MIPS з частотою такту до 80 МГц, що виконує складні операції та високошвидкісні завдання.
2. Об'ємна пам'ять: Він оснащений флеш-пам'яттю на 512 КБ та ОЗУ – 128 КБ, що забезпечує достатній ресурс, щоб зберігати програмне забезпечення, інформації і буферів.
3. Універсальність: PIC32MX795F512L-80I/PT підтримує різні комунікації інтерфейсів: SPI, USB, I2C, Ethernet UART і CAN, що забезпечує йому обмін інформацією з периферійними та зовнішніми пристроями.
4. Функції безпеки: Мікроконтролер підтримує шифрування/дешифрування AES і має хеш-прискорювач SHA-256, що забезпечує безпеку даних і захист від несанкціонованого доступу.
5. Підтримка розробки: Він має розширену підтримку середовища розробки, включаючи IDE та багато різних бібліотек і технічної документації, що спрощує процес програмування і розробки.
6. Стабільність і надійність: Виробником PIC32MX795F512L-80I/PT є Microchip, відомий своєю високою якістю і надійністю продукції, що робить цей мікроконтролер ідеальним для критичних застосувань, де надійність є ключовим аспектом.

Ці характеристики роблять PIC32MX795F512L-80I/PT привабливим вибором для проектів, де важливість продуктивності, надійності і розширених можливостей важлива.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		27



Рисунок 3.4 – мікроконтролер PIC32MX795F512L-80I/PT

Таблиця 3.3 – Характеристика мікроконтролеру

Характеристика	Опис
Мікроконтролер	PIC32MX795F512L-80I/PT
Архітектура	MIPS32
Частота трактування	До 80 МГц
Ядро	1
Пам'ять	635 Кбайт флеш-пам'ять, 132 Кбайт оперативної пам'ять (RAM)
Ввід-вивід(I/O)	53 GPIO (General Purpose Input /Output) піни
Входи аналогів	16 (10-бітних ADC каналів)
Шини	SPI, I2C, UART, CAN, USB
Таймери	5 28-бітних таймерів, 1,64-бітний таймер
Інтерфейси комунікаційні	Ethernet, USB, UART, SPI, I2C, CAN
Інтерфейси пам'яті	Parallel Master Port (PMP), SQI Flash/EEPROM, External Bus Interface (EBI)
Пакетний розмір	100-піновий TQFP
Живлення	3.3 В
Особливості	DMA контролер, шифрування / розшифрування AES, вбудований хеш- прискорювач (SHA-256), контролер переривань

HOBBYWING SKYWALKER - саме таку модель регулятора ми обрали.

Обираючи регулятор ходу HOBBYWING SKYWALKER V2 120A 8S для авіамоделей, можуть бути кілька ключових причин:

1. Висока потужність і продуктивність: Регулятор ходу SKYWALKER V2 120A 8S здатний працювати з високими потужностями до 120 ампер і підтримує використання літій-полімерних акумуляторів до 8S (29.6V). Це робить його ідеальним для авіамоделей, що вимагають великої потужності для ефективної роботи моторів і інших систем.

2. Надійність і стабільність: HOBBYWING відомий своєю високою якістю і надійністю продукції. Регулятори ходу цього бренду відмінно справляються з навантаженнями і забезпечують стабільну роботу в різних умовах, що є критичним для авіамоделей, особливо під час польоту.

3. Підтримка високих напруг і потоків: SKYWALKER V2 120A 8S підтримує використання великих літійних акумуляторів і забезпечує ефективну роботу при високих струмах і напругах, що часто необхідно для більших авіамоделей або тих, що вимагають значної потужності.

4. Розширені можливості програмування і налаштування: Регулятори ходу HOBBYWING зазвичай мають розширені можливості програмування через спеціальне програмне забезпечення, що дозволяє налаштовувати параметри контролера, такі як граничні струми, режими роботи і так далі, щоб вони відповідали конкретним вимогам авіамоделі.

5. Відмінне співвідношення ціна-якість: HOBBYWING пропонує добре збалансовані регулятори ходу, які мають конкурентоспроможні ціни відносно їх функціональності та якості, що робить їх популярними серед моделістів.

Отже, регулятор ходу HOBBYWING SKYWALKER V2 120A 8S є вибором для авіамоделей через свою високу потужність, надійність, підтримку великих напруг і струмів, розширені можливості програмування і адекватну цінову політику.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						29
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 - Регулятор ходу HOBBYWING SKYWALKER V2 120A 8S
для авіамоделей

Для технічних вимог пристроїв керування, на підставі вказаних вище відомостей розроблена таблиця 2.7.

Таблиця 3.4– Пристрої керування

№	Назва модулю	Назва параметра	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	HOBBYWING SKYWALKER V2 120A 8S	Отримання, обробка даних, формування керуючого сигналу	Мікроконтролер	5 В	10 Вт
2	V-Good A32 2-6s LIPO	Формування шим сигналу	ESC	5 - 8 В	1 Вт

Таблиця 3.5 -

Особливості характеристик HOBBYWING SKYWALKER V2 120A 8S

№	Характеристика	Опис
1	Модель	Vgood Airplane-32
2	Підтримуючі LIPO батареї	2-8s
3	Максимальний струм	100 А
4	ВЕС (Battery Eliminator Circuit)	5.5-8V/10A
5	Підтримуючі протоколи керування	PWM
6	Частота роботи	8-32KHz
7	Фази (шт)	4
8	Захищення	Перевантаження, низька напруга, висока температура, коротке замикання
9	Габарити	52 x 32 мм
10	Маса	88

Зм.		№ докум.	Підпис	Дата

СУдн-01п.6.151.02.ДП

Арк

31

3.5 Пульти оператора



Рисунок 3.6 – пульти оператора

Будь-який ноутбук або планшет з системою Windows і необхідним програмним забезпеченням, розробленим на мові C#, може використовуватися як пульти дистанційного керування для оператора.

Таблиця 3.6 – Пульти операторів, та їх характеристики

№	Найменування	Потужність	Міра спожи-вання
1	Портативний ПК на базі системи Windows	220 В	Залежить від типу моделі
2	Планшетний комп'ютер	100-220 В	5-15 Вт

3.6 Джерело живлення

Для того, аби БПЛ вистачало потужності та часу роботи, потрібно взяти 15 літієво -полімерних батарей, спаяти їх в одну об'єднану батарею. Таке робити слід тому, що прості акумулятори, як правило, для цього проекту не підходять, адже квадрокоптери в основному, не дуже великого, середнього розміру, а акумулятори є й для маленьких дронів, також треба враховувати і вагу дрону, щоб він міг самостійно підніматися на задану висоту.



Рисунок 3.7 – акумулятор для дрону

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		33

Основні характеристики :

Країна виробник: Україна

Тип акумулятора: Li-Ion

Ємність акумулятора: 8.4 А·ч

Напруга: 22.2 В

Струм заряду: 90 А

Колір корпусу: Червоний

Мінімальна робоча температура: -20 град.

Максимальна робоча температура: 60 град.

Гарантія: 12 мес

Габарити: Вага 0.9 кг.

3.7 Джерела зв'язку

Оператору дозволяє керувати квадрокоптером радіоканал. Перший отримує зображення з камер на кількакілометровій відстані, а ще дозволяє отримувати інформацію про стан дрону та навколишнього середовища завдяки передачі даних із датчиків.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						34
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.7 - Радіоканал Радіоканал DJI Bluetooth Datalink 2.4GHz для польотних контролерів

Таблиця 2.11 – характеристика радіоканалу

№	Характеристика	Опис
1	Модель	DJI Bluetooth Datalink 2.4GHz
2	Відстань передачі	До 15 км (залежно від умов середовища)
3	Діапазон частот	862 - 1020 МГц
4	Пропускна здатність	Від 0,3 кбіт / с до 50 кбіт / с
5	Інтерфейсова передача	SPI, UART, I2C
6	Напруга (при роботі)	Від 3.3 V до 5.5 V
7	Потужність передач	Від 5 мВт до 1 Вт
8	Споживання енергії	В режимі очікування до 30 мА, в роботі від 25 мА
9	Робоча t, °C	Від -40°C до +85°C
10	Прилади для захисту від перешкод	FEC, CRC, спектральне розширення
11	Прилад для захисту перепадів напруги	Вбудований регулятор напруги

3.8 Вимір електропоказників

Датчик току та напруги обирається для таких цілей:

- Для струму, що споживає безпілотник. Таким чином здійснюється контроль за енергоспоживанням та проводиться оцінка роботи акумулятора;
- вимір напруги в системі електроживлення дрону - дає можливість стежити за тим, щоб підтримувалась правильна напруга, та не перевищувала допустимі межі, а ще контролювати блок живлення;
- захист від перевантажень. Система може навіть взяти заходів для запобігання пошкодженню акумулятора або інших компонентів, якщо струм перевищує задане значення;
- проведення діагностики системи живлення дрону та контроль її роботи. Завдяки цьому налагоджують різні проблеми з живленням та покращують продуктивність квадрокоптера.



Рисунок 3.9 - Датчик напруги та струму Датчик струму Matek Hall Current Sensor 150A

Таблиця 3.8 – Характеристики напруги та датчика струму

№	Характеристика	Опис
1	Модель	Matek Hall Current Sensor 150A
2	Інтерфейс зв'язку	I4 C
3	Напруга живлення	3.3 В або 5 В постійного току
4	Струм (Max)	Від 1 А до 5 А
5	Діапазони вимірювання напруги	0-26 В (програмовано)
6	Точність вимірів	12-бітний ADC для току та напруги
7	Точність калібрування	±0.5%
8	Захист	Захист від перенавантажень та від короткого замикання

3.9 Вимір кліматконтролю.

Допомогти дронам виявляти та реагувати на зміну кліматичних умов, таких як зниження температури або підвищення вологості може датчик АНТ10. Це дуже надважливо для запобігання пошкоджень обладнання.

Завдяки датчику АНТ10 передаються попередження про небезпечні погодні умови, передусім про сильний дощ, або густий туман.

Рисунок 2.10 - Датчик вологості Eberle ESF 524 001 для відкритих просторів



Таблиця 3.9 – Особливості надточного датчика вологості та температур

№	Характеристика	Опис
1	Модель	Датчик вологості Eberle ESF 524 001 для відкритих просторів
2	Діапазон робочих температур	-50°C до +90°C
3	Діапазон вимірів вологості	0% - 100% RH
4	Точність вимірів температури, °C	±0.3°C (від -20°C до +60°C)
5	Точність вимірів вологості	±2% RH
6	Інтерфейс зв'язку	I2C
7	Напруга живлення	2.3V - 5.5V
8	Споживана потужність	< 3 μW
9	Розміри	3mm x 3mm x 0.9mm

4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ

4.1 Визначення напрямку роботи

Створюємо математичну модель, яка відобразить одночасну силову дію на процесі управління. Вона потрібна для розробки системи керування. Її потрібно зобразити на основі технічних параметрів потрібних елементів системи.

4.2 Перерахунок кутів нахилу та крену при довільній орієнтації квадрокоптера.

Формула описує перерахунок кутів тангажу ($\vartheta_{\text{зад}}$) і крену ($\gamma_{\text{зад}}$) квадрокоптера з урахуванням кута ристання (Ψ), коли система координат квадрокоптера не співпадає з земною системою координат.

Для заданого квадрокоптера, де ось OX_g земної системи координат може бути зсунена на кут Ψ відносно поздовжньої вісі OX квадрокоптера, кути тангажу (ϑ) і крену (γ) квадрокоптера повинні бути перераховані таким чином:

1. Кут тангажу $\vartheta_{\text{зад}}$ (pitch): $\vartheta_{\text{зад}} = \vartheta \cdot \cos \Psi + \gamma \cdot \sin \Psi$
 $\vartheta_{\text{зад}} = \vartheta \cdot \cos \Psi + \gamma \cdot \sin \Psi$
2. Кут крену $\gamma_{\text{зад}}$ (roll): $\gamma_{\text{зад}} = \gamma \cdot \cos \Psi - \vartheta \cdot \sin \Psi$
 $\gamma_{\text{зад}} = \gamma \cdot \cos \Psi - \vartheta \cdot \sin \Psi$

Де: ϑ - кут тангажу (pitch) квадрокоптера у його власній системі координат (перпендикулярно до поздовжньої вісі OX).

- γ - кут крену (roll) квадрокоптера у його власній системі координат (перпендикулярно до поперечної вісі OY).

					СУДН-01п.6.151.02.ДП	Арк
						39
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

Ці формули дозволяють перетворити кути тангажу і крену з власної системи координат квадрокоптера до системи координат землі з урахуванням кута ристання Ψ .

4.3 Особливості кутів

Кути Ейлера (також відомі як кути прецесії, нутації і власного обертання) використовуються для опису повороту твердого тіла в тривимірному просторі. Основне геометричне визначення кутів Ейлера базується на відносному положенні двох систем координат: початкової (нерухомої) і повернутої (тіла, яке обертається), а також осі, що їх з'єднує, відомої як "лінія вузлів" (N).

Ось як визначаються кути Ейлера за цим визначенням:

Кут прецесії φ (або α):

Це кут між осью x початкової системи координат і осі N, яка є лінією вузлів. Він вказує на обертання твердого тіла навколо осі z (основної осі координат) у початковій системі.

Кут нутації ϑ (або β):

Це кут між осью z початкової системи координат і осі Z, яка також є лінією вузлів N. Він вказує на обертання твердого тіла навколо осі N.

Кут власного обертання Ψ (або γ):

Це кут між осію N і осію X в повернутій системі координат. Він вказує на обертання твердого тіла навколо осі Z в повернутій системі.

Кути прецесії і власного обертання можуть змінюватися від 0 до 2π (від 0 до 360 градусів), тоді як кут нутації змінюється від 0 до π (від 0 до 180 градусів). Ці обмеження виникають з обмежень геометричної конструкції кутів Ейлера.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						40
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з особливостей кутів Ейлера є те, що вони зазвичай використовуються для послідовного опису обертань тіла, але вони можуть призводити до проблеми називання кутів на засновку на ряді трій ейлера

4.4 Динамічна поведінка дрону

Моделювання динаміки квадрокоптера є складною задачею, яка вимагає математичної точності і фізичного реалізму. Ось деякі ключові аспекти, які слід враховувати при моделюванні динаміки квадрокоптера з урахуванням ваших вказівок:

1. Модель конструкції дрона

- Міцна конструкція: Припущення про міцну конструкцію передбачає, що дрон може витримати різні навантаження і динамічні удари без пошкоджень.
- Симетрія дрона: Симетричність означає, що динамічні характеристики дрона (наприклад, інерція, аеродинамічні сили) можуть бути узагальнені і спрощені у моделі.

2. Динаміка руху дрона

- Осьове навантаження двигуна: Це припущення означає, що двигуни здатні створювати тягу, направлену вертикально вниз або вгору, що визначає підйому або спуск дрона.
- Постійна маса: Припущення про постійну масу означає, що маса дрона залишається сталою протягом польоту. Це спрощує математичні моделі, оскільки не враховуються ефекти витрати палива або інші зміни маси.

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						41
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

3. Моделювання польоту та посадки

Для моделювання динаміки квадрокоптера під час посадки важливо враховувати наступні аспекти:

- Динаміка керування: Врахування регуляторів (наприклад, PID контролерів) для стабілізації і керування положенням і орієнтацією дрона.
- Динаміка руху: Врахування аеродинамічних сил, що виникають під час політної діяльності, таких як опір повітря і взаємодія повітря з пропелерами.
- Механіка посадки: Аналіз взаємодії дрона з поверхнею під час посадки, включаючи врахування сил тяжіння, реактивних сил і контактних сил.

Моделювання динаміки квадрокоптера з врахуванням вищезгаданих припущень дозволяє аналізувати і вдосконалювати контрольні алгоритми, що керують польотом, зокрема під час посадки. Цей підхід дозволяє інженерам і дослідникам ефективно вдосконалювати дизайн та управління квадрокоптерами для досягнення високої надійності та безпеки в різних умовах польоту.

4.5 Оцінка вартості.

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) складаються з двох основних складових: заробітної плати розробника ПЗ та вартості машинного часу для налаштування програми. Зарплата розробника ПЗ визначається як добуток часу, витраченого на розробку, на середню годинну тарифну ставку розробника ПЗ. Для поточного випадку, якщо врахувати теперішні ціни на матеріали, затверджену сталу мінімальної заробітної плати, прорахувавши за допомогою комп'ютерного калькулятора, витрати на розробку програмного

					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						42
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення складають 9 977,00 грн., а вартість машинного часу для налаштування програми - 59,9 грн. Загальна вартість розробки ПЗ складає 10036,90 грн.

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення обчислюється як відношення часу розробки до місячного фонду робочого часу. Зазначені дані становлять 0,45 місяця.

					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>	Арк
<i>Зм.</i>		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

ВИСНОВКИ

Значимість цієї роботи на сьогоднішній час пояснюється потребою автоматизації процесу керування квадрокоптером з рамою 7-10 дюймів при посадці. Сьогодні технологічні вимоги та зростаюча потреба у ефективній, безпечній та точній посадці визначають потребу реалізації автоматизованих систем керування безпілотними літальними апаратами при приземленні.

Безпілотник являється об'єктом управління. Для нього розроблено функціональну схему автоматизації, підбрано апаратні та програмні компоненти, розроблено електричну принципову схему системи управління, складено перелік елементів даної схеми. Також розроблено математичну модель дрона.

Ми, в даній роботі, вивчали можливості та переваги автоматизації процесу керування під час посадки безпілотних літальних апаратів (БПЛА), зокрема квадрокоптерів з рамою 7-10 дюймів, вивчили процеси роботи та управління пристрою, його складові, характеристики, описали динамічну поведінку дрону.

Проаналізувавши сьогоднішні вартісні показники дійшли до висновку, що витрати на реалізацію спроектованої системи складуть — 451660,50 грн, якщо розробкою програмного забезпечення займатимуться 0,45 місяця.

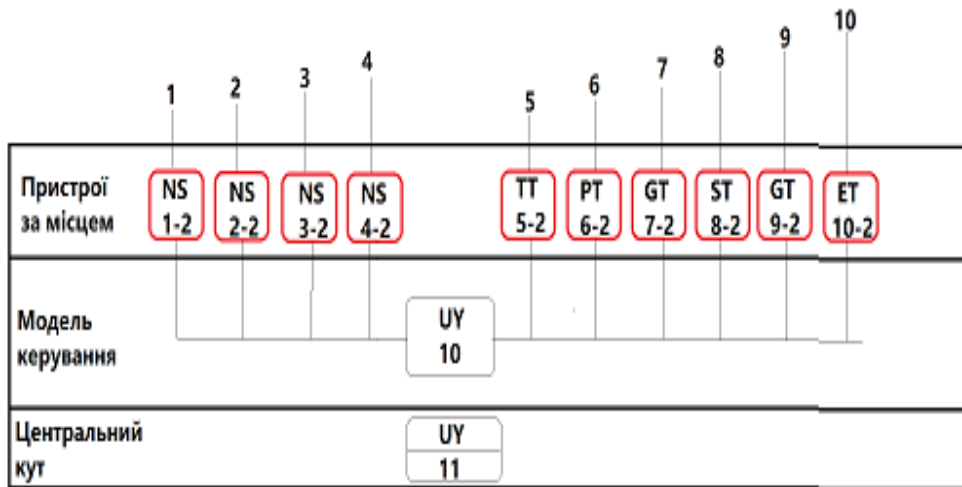
					СУдн-01п.6.151.02.ДП	Арк
						44
Зм..		№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Безпілотні літальні апарати.: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwouk> (дата звернення 01.05.2024).
- 2) Робота дрону: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwovc> (дата звернення 01.05.2024).
- 3) Пиркін А. А., Мальцева Т. А., Лабадін Д. В., Суров М. О., Бобцов А. А. Синтез системи управління квадрокоптером із використанням спрощеної математичної моделі // Изв. вишів. Приладобудування. 2013. Т. 56, № 4. С. 47-51.
- 4) PIC32MX795F512L Datasheet (PDF) - Microchip Technology: веб-сайт URL: <http://surl.li/hwpcg> (дата звернення 10.05.2024).
- 5) Теорія керування: навч. посіб. / І.В. Бабак, Н.А. Ус, м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Київ, 2017. – 263 с.
- 6) Wikiwand Ейлорові кути: веб-сайт. URL: <https://goo.su/IRYWcQT> (дата звернення 04.06.2023).
- 7) Sharovalov I., Soloviev V., Finaev, Beloglazov D., Zargaryan J., Kosenko E. Research of the controlled flight dynamics based on the full and simplified quadrotor models // Advances in Engineering Mechanics and Materials, 2019
- 8) "Mathematical Statistics with Applications" by Dennis Wackerly, William Mendenhall III, and Richard L. Scheaffer – 2020.
- 9) <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/164302/1/151-19-1%20%D0%9A%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%BA%20%D0%92.%D0%9E.%20%D0%9F%D0%97.pdf>
- 10) https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92543/1/Titov_bak_rob.pdf

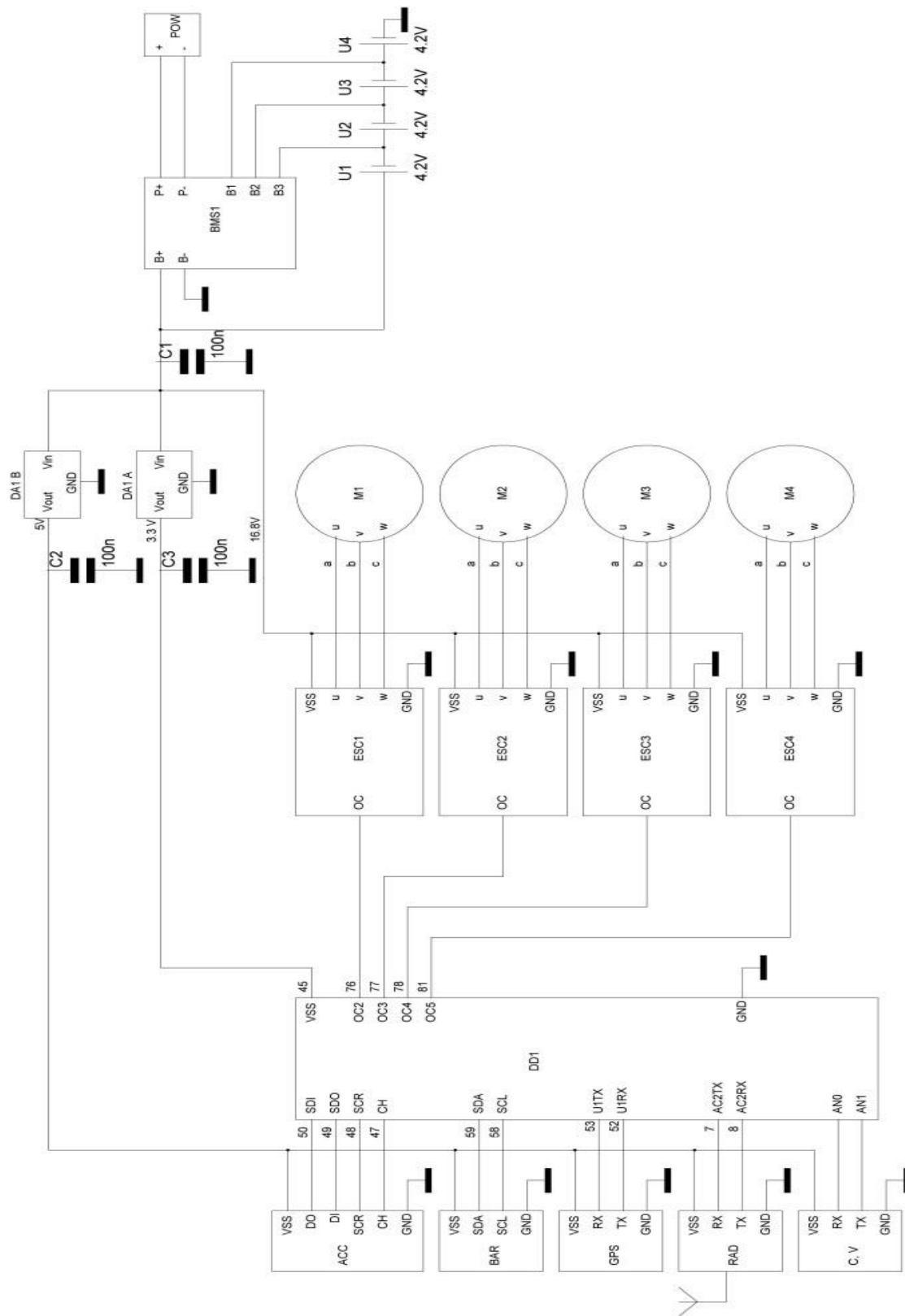
					<i>СУДН-01п.6.151.02.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Функціональна схема</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Владислав Ушета</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>В'ячеслав Журба</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>			<i>СумДУ, СУДН-01п</i>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
						45	74
					45		

ДОДАТОК 1



					<i>СУдн-01п.6.151.02.ДП</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Функціональна схема					
Розроб.	Владислав Ушета							Літ.	Арк.	Листів
Перевір.	В'ячеслав Журба								46	74
Реценз.								СумДУ, СУдн-01п		
Н. Контр.										
Затвердив	Петро ЛЕОНТЬЄВ				46					

ДОДАТОК 2



СУДн-01п.6.151.02.ДП

Функціональна схема

Літ.

Арк.

Листів

47

74

СумДУ, СУДн-01п

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Владислав Ушета			
Перевір.	В'ячеслав Журба			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затвердив	Петро ЛЕОНТЬЄВ			