

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 р.

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: «Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски
мобільної роботизованої платформи»

Здобувача групи СУ-01

Поздняка Богдана Олеговича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Поздняка Богдана Олеговича

Керівник: к. ф.-м. н., доцент Андрій ПАВЛОВ

(підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
1			Завдання кафедри	1		
2		СУ-01 6.151.01 ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-01 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	46		
			<u>Документація конструкторська</u>			
5	A4	СУ-01 6.151.01 А1	Схема інформаційних потоків	1		
6	A4	СУ-01 6.151.01 А2	Функціональна схема автоматизації	1		

					<i>СУ-01.6.151.01.ДП</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		Богдан Поздняк			Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		Андрій Павлов						
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Петро Леонтьєв						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Поздняку Богдану Олеговичу

(Прізвище, Ім'я, По-батькові повністю)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи затверджена наказом ректора СумДУ № 0312-VI від " 29 " березня 2024 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 03 " червня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Звіт з переддипломної практики, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису відповідної установки

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

Актуальність створення роботизованої платформи, функції робота, створення схеми до проекту, опис апаратної частини, опис контурів керування, оформлення висновку.

5. Перелік графічних матеріалів: рисунки, таблиці, схеми

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
-------------	------------------------------	------------------

1	Аналіз джерел присвяченій темі	10.05.2024 11.05.2024	—
2	Дослідження об'єкту за обраною темою	12.05.2024 14.05.2024	—
3	Підбір засобів автоматизації	15.05.2024 19.05.2024	—
4	Аналіз контролера об'єкта керування та підбір його для проекту	20.05.2024 21.05.2024	—
5	Розробка структурної схеми проекту	22.05.2024 23.05.2024	—
6	Виділення контурів керування та опис їх	24.05.2024 26.05.2024	—
7	Оформлення проекту	29.05.2024 31.12.2024	—

7. Дата видачі завдання " _____ " лютого 2024 р.

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Андрій ПАВЛОВ
(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-01
(шифр групи)

(підпис)

Богдан Поздняк
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованого керування режимами роботи
адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи

Розробник:
студент групи СУ-01

Богдан ПОЗДНЯК

Погоджено:
к. ф.-м. н., доцент

Андрій ПАВЛОВ

1. **Назва і галузь застосування:** Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від 29.03.2024, інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**
 - a) чудова мобільність платформи через встановлення чотирьох моторів;
 - b) гарна проходимість по пересіченій місцевості через встановлення ЛА;
 - c) можливість стабілізації платформи під час руху;
 - d) керування автоматизованої платформи за допомогою пульту керування по радіозв'язку.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
 - a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
 - b) повинна містити не лише блоки пов'язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
 - c) показує читачеві загальний план вашої системи з віддаленого ракурсу, як наприклад карта земної кулі на якій ми бачимо розміщення частин світу;
5. **Опис блоків системи керування :**
 - a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
 - b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
 - c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
 - d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**
 - a) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;
 - b) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
 - c) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
 - d) даний розділ дає розуміння про алгоритм роботи системи в цілому.
7. **Стадії та етапи проектування:**

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
-------------	--------------------------	------------------

1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	10.05.24 - 13.05.24
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	14.05.24 - 15.05.24
3	Підбір засобів автоматизації	16.05.24 - 19.05.24
4	Розробка основних схем автоматизації.	20.05.24 - 25.05.24
5	Виділення контурів	26.05.24 - 27.05.24
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	28.05.24 - 31.05.24

8. Додатки:

Додаток А. Конструкторська документація:

- СУ-01 6.151.02 А1 Схема інформаційних потоків
- СУ-01 6.151.02 А2 Функціональна схема автоматизації

Поздняк Богдан Олегович. «Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи». Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2024.

Дипломний проект містить у собі 57 сторінок, 20 рисунків, 4 схеми та 12 таблиць. При виконанні було використано 16 джерел інформації.

Цей проект присвячений дослідженню та аналізу автоматизованих систем керування роботизованої платформи. У проекті розглянуто керування швидкістю робота, керування кермом, та стабілізацію платформи. Окрім того, в звіті детально описані процеси, які були вивчені в ході проходження практики, що дозволяють створення структурних та функціональних схем гоночного автомобіля.

Метою і призначенням проекту є розробка системи автоматизованого керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи. Це передбачає створення інтелектуальної системи, яка забезпечуватиме оптимальну стабільність, комфорт та ефективність руху платформи в різних умовах експлуатації.

ABSTRACTS.

Pozdnyak Bohdan Olehovych. 'Automated control of adaptive suspension modes of a mobile robotic platform'. Diploma project. Sumy State University. Sumy, 2024.

The diploma project contains 57 pages, 20 figures, 4 diagrams and 12 tables. In the course of the project, 16 sources of information were used.

This project is dedicated to the research and analysis of automated control systems for a robotic platform. The project covers robot speed control, steering control, and platform stabilisation. In addition, the report describes in detail the processes that were studied during the internship, which allow the creation of structural and functional diagrams of a racing car.

The aim and purpose of the project is to develop a system for automated control of the adaptive suspension modes of a mobile robotic platform. This involves the creation of an intelligent system that will ensure optimal stability, comfort and efficiency of the platform's movement in various operating conditions.

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 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної
роботизованої платформи»

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент

Андрій ПАВЛОВ

Здобувач:

Студент групи СУ-01

Богдан ПОЗДНЯК

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
1.1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОЕКТУ	5
1.2 Опис структури пристрою	6
1.3 Ключові аспекти керування роботизованою платформою з адаптивною підвіскою.....	9
РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ	11
2.1 Задача керування	11
2.2 Контур керування швидкістю	12
2.3 Контур керування кермом.....	17
2.4 Контур стабілізації платформи.....	19
РОЗДІЛ 3 ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ	24
3.1 Мотор колесо безщіткове з встановленими датчиками холла	24
3.2 Акумулятор	26
3.3 Акселерометр гіроскоп MPU-6050	27
3.4 DC-DC перетворювач 36-12V	28
3.5 Магнітний енкодер для керма	29
3.6 H-міст для лінійного актуатора	31
3.7 H-міст для керма	32
3.8 Двигун постійного струму для керма	33
3.9 Контроллер двигуна	34
3.10 Лінійний актуатор.....	35
3.11 Радіоприймач та радіопередавач відео	36
3.12 Радіо передавач та радіоприймач керування	37
3.13 Пульт керування	40
РОЗДІЛ 4. Алгоритм керування	41
4.1 Опис алгоритму керування	41
4.2 Плата керування	42
ВИСНОВОК	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТОК А	48
Додаток В	49

<i>СУ-01.6.151.01.ДП</i>										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис							
Розроб.		Поздняк Б. О.		Автоматизація процесу руху гоночної міні машини						
Перевір.		Павлов А.В.								
Реценз.										
Н. Контр.										
Затвердив		Петро ЛЕОНТЬЄВ								
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лім.</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Арк.</td> <td style="width: 80%; text-align: center;">Листів</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> </table>	Лім.	Арк.	Листів	2	2	38
Лім.	Арк.	Листів								
2	2	38								
				<i>СумДУ, СУ-01</i>						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РП – роботизована платформа

ЛА – лінійні актуатори

АП – адаптивна підвіска

I2C – послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
						3
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розвиток робототехніки та автоматизованих систем керування є одним із ключових напрямів сучасної науки і техніки. Зокрема, мобільні РП знаходять широке застосування у різних галузях, таких як промисловість, сільське господарство, військова справа, медицина та інші. Однією з важливих проблем, що постає при розробці таких платформ, є забезпечення їхньої стабільності та ефективності пересування в умовах нерівної поверхні.

Метою даного дипломного проекту є розробка системи автоматизованого керування режимами роботи АП мобільної РП. Дана система повинна забезпечувати підвищення стійкості та плавності руху робота на різних типах поверхонь, а також покращувати його маневреність та швидкість реакції на зміни рельєфу.

Об'єктом дослідження є мобільна РП з АП, оснащена чотирма мотор-колесами з датчиками Холла для вимірювання швидкості, чотирма контролерами для кожного колеса, чотирма ЛА для зміни висоти підвіски, акселерометром-гіроскопом для визначення положення робота та кута нахилу, а також двигуном постійного струму для повороту керма з магнітним енкодером для визначення кута повороту.

Актуальність даної теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності та надійності мобільних роботизованих систем, що можуть використовуватися в умовах складного рельєфу та змінного середовища. Запропонована система автоматизованого керування АП дозволить значно покращити характеристики мобільних роботів, розширивши спектр їхнього застосування та підвищивши їхню продуктивність.

Таким чином, результати даного дослідження можуть знайти практичне застосування у розробці та впровадженні нових моделей мобільних РП, сприяючи подальшому розвитку робототехніки та автоматизованих систем керування.

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
						4
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОЕКТУ

Актуальність проекту

Проект "Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи" є надзвичайно актуальним у сучасних умовах через декілька ключових причин, які безпосередньо стосуються його реалізації та впровадження.

Підвищення стабільності та плавності руху мобільної платформи:

Моя РП оснащена мотор-колесами з датчиками Холла, які дозволяють точно вимірювати швидкість руху. Завдяки автоматизованій системі керування АП, платформа зможе ефективно адаптуватися до змін рельєфу та нерівних поверхонь, забезпечуючи стабільний та плавний рух. Це особливо важливо для виконання завдань з високою точністю, таких як дослідження або маніпуляції в складних умовах.

Використання у різних галузях:

РП може бути використана в логістиці, де необхідно швидко та ефективно переміщати вантажі різними поверхнями; у сільському господарстві для обробки полів і збору врожаю на нерівних ділянках; у рятувальних операціях, де важливо швидко та безпечно долати перешкоди. АП значно розширює можливості застосування платформи у цих сферах.

Розвиток автономних транспортних засобів:

В проекті передбачено використання акселерометра-гіроскопа для визначення положення робота та кута нахилу, а також двигуна постійного струму з магнітним енкодером для визначення кута повороту керма. Ці технології дозволяють створити високоточну систему керування, яка забезпечить безпечний та комфортний рух автономного транспортного засобу, що є важливим кроком до впровадження автономних роботів у різні галузі.

Використання сучасних технологій датчиків та керування:

Проект включає використання передових датчиків, таких як датчики Холла, акселерометри, гіроскопи та магнітні енкодери. Це дозволяє створити точну та надійну систему керування АП. Поєднання цих технологій забезпечує оптимальну взаємодію всіх компонентів системи, що підвищує ефективність роботи мобільної платформи.

Зменшення витрат на обслуговування та ремонт:

											Арк
											5
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151.01.ДП						

АП, яка автоматично регулює висоту та нахил платформи, дозволяє зменшити знос компонентів при русі по нерівних поверхнях. Це призводить до зниження витрат на обслуговування та ремонт, підвищуючи економічну ефективність використання РП.

Таким чином, проект "Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи" є актуальним та важливим, оскільки він сприяє вирішенню ключових технічних проблем, покращує ефективність та надійність мобільних РП, а також розширює їх застосування у різних сферах діяльності. Результати даного дослідження можуть значно вплинути на розвиток робототехніки, забезпечуючи нові можливості для використання мобільних роботів у складних умовах.

1.2 Опис структури пристрою

Проект "Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи" передбачає розробку та впровадження системи, яка забезпечує стабільність і маневреність роботи на різних типах поверхонь. Нижче наведено детальний опис структури пристрою, який базується на схемі розташування компонентів.

Основні компоненти системи

Мотор-колеса (BLDC Motors):

Мобільна платформа оснащена чотирма безколекторними двигунами (BLDC), по одному на кожне колесо. Ці двигуни забезпечують рух платформи вперед, назад та маневрування.

Датчики Холла:

Кожне колесо обладнане датчиками Холла, які використовуються для вимірювання швидкості обертання коліс. Це дозволяє контролерам отримувати точні дані про швидкість руху робота.

Контролери двигунів:

Кожне колесо має свій власний контролер, який керує роботою мотор-колеса на основі даних, отриманих від датчиків Холла та інших сенсорів.

Лінійні актуатори:

Для зміни висоти та нахилу підвіски робота використовуються чотири лінійні актуатори. Вони регулюють положення кожного колеса окремо, що дозволяє адаптувати підвіску до різних типів поверхонь.

									Арк
									6
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Драйвери актуаторів:

Драйвери керують роботою лінійних актуаторів, отримуючи команди від центральної плати керування.

Акселерометр-гіроскоп:

Цей модуль використовується для визначення положення робота в просторі та кута його нахилу. Інформація з акселерометра та гіроскопа дозволяє системі керування коригувати положення підвіски та рух робота.

Двигун постійного струму для повороту керма (DC Motor):

Двигун постійного струму забезпечує поворот керма робота. Магнітний енкодер, встановлений на цьому двигуні, визначає кут повороту керма, що дозволяє точно керувати напрямком руху.

Магнітний енкодер:

Енкодер використовується для точного визначення кута повороту керма. Це забезпечує високоточне керування напрямком руху мобільної платформи.

Плата керування:

Центральний блок керування, який отримує дані від усіх сенсорів та датчиків, обробляє їх і відправляє команди на контролери двигунів та драйвери актуаторів. Плата керування є головним мозком системи, що координує роботу всіх компонентів.

Акумулятор:

Джерело живлення для всіх компонентів робота. Забезпечує енергією двигуни, сенсори, актуатори та плату керування.

Радіозв'язок:

Забезпечує зв'язок робота з оператором або іншими системами, дозволяючи віддалено керувати платформою або отримувати дані в реальному часі.

Опис роботи системи

Мобільна РП використовує систему автоматизованого керування для адаптації до умов середовища. Контролери двигунів отримують дані від датчиків

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
						7
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холла і регулюють швидкість кожного колеса. Лінійні актуатори змінюють висоту та нахил підвіски на основі інформації від акселерометра-гіроскопа, забезпечуючи стабільність руху на нерівних поверхнях. Двигун для повороту керма разом з магнітним енкودером забезпечують точне маневрування робота.

Центральна плата керування інтегрує всі дані та координує роботу системи, забезпечуючи плавний і стабільний рух робота в будь-яких умовах. Антена для радіозв'язку дозволяє віддалено керувати платформою та отримувати необхідну інформацію, що підвищує функціональність та ефективність системи.

Таким чином, даний проект забезпечує високу стійкість, маневреність та ефективність мобільної РП, що дозволяє її використовувати в різноманітних умовах та для виконання складних завдань.

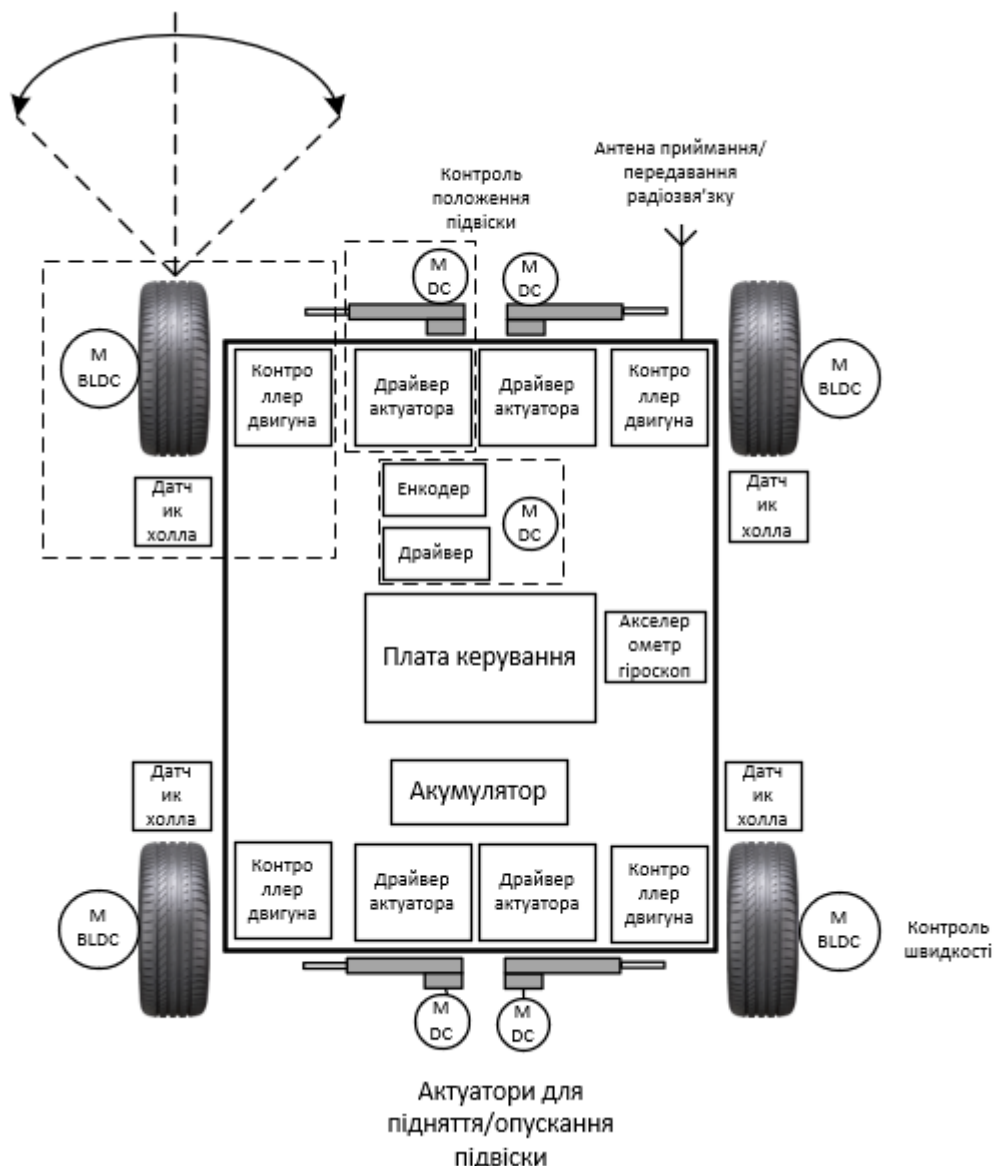


Рисунок 1.1 – Схема розташування компонентів

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3 Ключові аспекти керування роботизованою платформою з адаптивною підвіскою

Процес керування РП з АП є досить складним через кілька ключових аспектів:

1. Синхронізація компонентів

Для досягнення оптимальної роботи системи потрібно синхронізувати роботу всіх компонентів:

- Мотор-колеса з датчиками Холла для вимірювання швидкості.
- Лінійні актуатори для зміни висоти та нахилу підвіски.
- Акселерометр-гіроскоп для визначення положення робота.
- Двигун постійного струму з магнітним енкодером для визначення кута повороту керма.

2. Реальний час

Усі сенсори та приводи мають працювати в реальному часі, що означає:

- Швидке і точне зчитування даних з датчиків.
- Оперативна обробка даних.
- Швидке реагування на зміни в навколишньому середовищі.

3. Зворотній зв'язок і стабілізація

Система має підтримувати стабільність платформи:

- Використання зворотного зв'язку для коригування положення і нахилу платформи.
- Забезпечення стабілізації на різних поверхнях і при різних швидкостях руху.

4. Алгоритми керування

Розробка складних алгоритмів керування для:

- Управління швидкістю і прискоренням кожного колеса.
- Регулювання висоти і нахилу підвіски.
- Координації поворотів керма і нахилу робота.

5. Інтеграція даних

Потрібно інтегрувати дані з різних сенсорів для отримання повної картини про стан робота:

- Об'єднання даних з акселерометра, гіроскопа та енкодера для визначення положення робота.
- Аналіз даних з датчиків Холла для контролю швидкості.

6. Обробка помилок і відхилень

Система має бути стійкою до помилок і непередбачуваних відхилень:

									Арк
									9
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Виявлення та корекція помилок в роботі сенсорів.
- Адаптація до зміни умов на місцевості та механічних несправностей.

7. Ресурсні обмеження

Робота системи повинна враховувати обмежені ресурси:

- Обмежена потужність обчислювальних ресурсів.
- Енергоефективність роботи усіх компонентів.

8. Програмне забезпечення

Розробка надійного програмного забезпечення, яке:

- Може виконувати паралельну обробку задач.
- Має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора.

9. Тестування та налаштування

Проведення обширного тестування системи в різних умовах:

- Тестування на різних поверхнях.
- Тестування при різних навантаженнях і швидкостях.

Усі ці аспекти роблять процес керування таким роботом складним та вимогливим до точності, синхронізації та стабільності роботи всіх компонентів.

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
						10
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ

2.1 Задача керування

У додатку продемонстрована функціональна схема автоматизації де зображені виконавчі пристрої проекту.

По ній видно що існують такі задачі керування:

1. Керування швидкістю і напрямком руху:
 - **Опис:** Регулювання швидкості і напрямку руху робота є однією з основних задач. Кожне колесо має свій мотор з датчиком Холла для вимірювання швидкості.
 - **Мета:** Забезпечити рівномірний рух і можливість точної зміни напрямку.
 - **Методи:** Використання замкненого контуру керування швидкістю на основі зворотного зв'язку від датчиків Холла. Кожен контролер колеса отримує дані про поточну швидкість і коригує вхідні сигнали для підтримання бажаної швидкості.
2. Керування положенням підвіски:
 - **Опис:** Лінійні актуатори змінюють висоту підвіски, що дозволяє адаптувати робота до різних поверхонь і умов руху.
 - **Мета:** Забезпечити стабільність і комфорт руху, адаптуючи підвіску до нерівностей і нахилів поверхні.
 - **Методи:** Використання даних акселерометра і гіроскопа для визначення поточного нахилу робота. На основі цих даних здійснюється керування актуаторами через Н-місти для зміни висоти підвіски.
3. Керування поворотом керма:
 - **Опис:** Двигун постійного струму з магнітним енкодером використовується для повороту керма.
 - **Мета:** Забезпечити точне керування напрямком руху робота.
 - **Методи:** Використання зворотного зв'язку від магнітного енкодера для визначення поточного кута повороту. На основі цих даних здійснюється керування двигуном через Н-міст для досягнення бажаного кута повороту.
4. Синхронізація роботи всіх компонентів:
 - **Опис:** Всі компоненти робота повинні працювати синхронно для забезпечення плавного і стабільного руху.
 - **Мета:** Збезпечити координацію між керуванням швидкістю, положенням підвіски і поворотом керма.
 - **Методи:** Центральний контролер, отримує дані від давачів, відправляє команди виконавчим механізмам, забезпечуючи їх синхронізацію.

										Арк
										11
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.2 Контур керування швидкістю

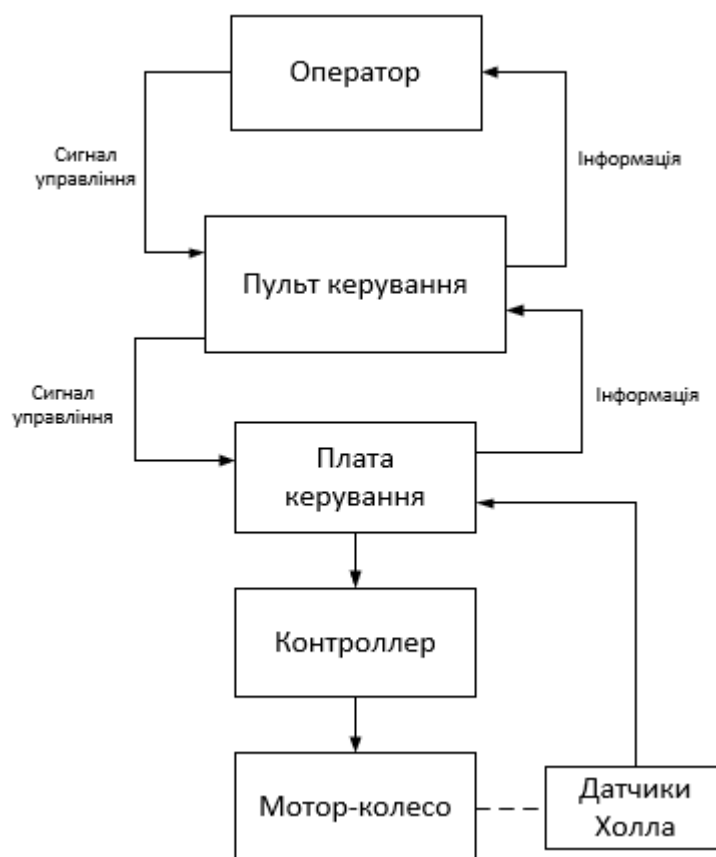


Рисунок 2.1 – контур керування швидкістю

Контур керування швидкістю є ключовим елементом для забезпечення стабільного та точного руху мобільної РП. Він дозволяє контролювати швидкість кожного колеса на основі вхідних команд і зворотного зв'язку від датчиків. Нижче наведено детальний опис роботи контуру керування швидкістю для вашого проекту.

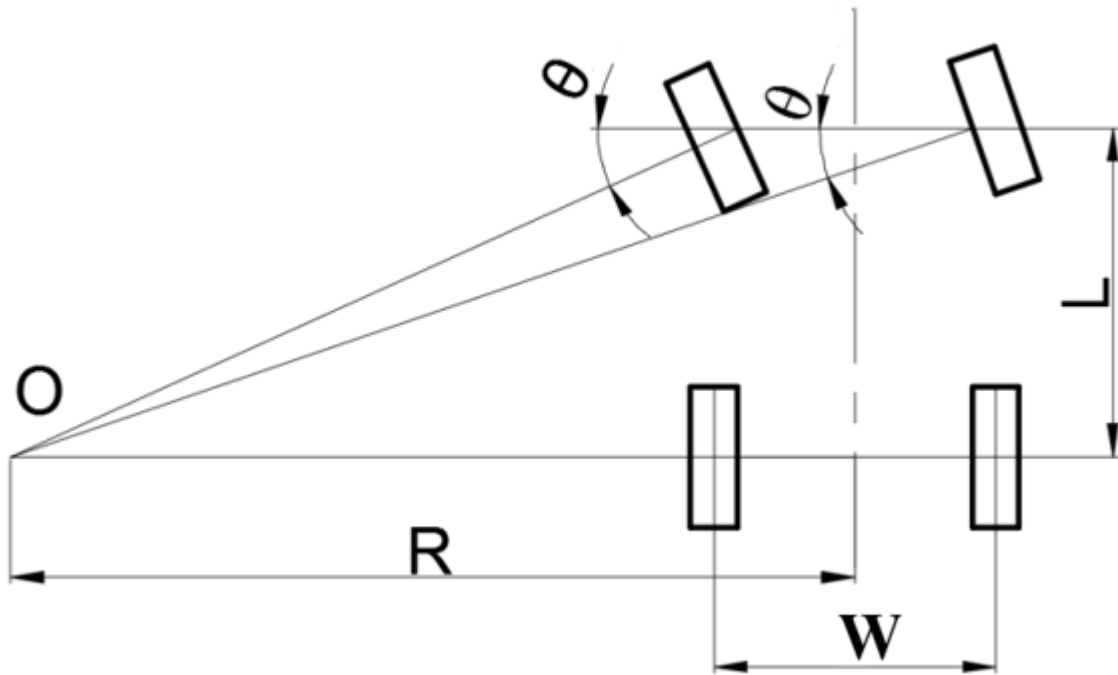


Рисунок 2.2 – Схема повороту керованих коліс

Для розрахунку радіусів повороту та швидкості обертання кожного колеса автомобіля під час повороту наліво, використаємо деякі геометричні та кінематичні відношення. Вважатимемо, що:

- R — радіус траєкторії центра мас автомобіля.
- L — відстань між передніми та задніми колесами (колiсна база).
- W — ширина колії (відстань між лівими та правими колесами).

Формули для розрахунку радіусів повороту коліс

Ліве переднє колесо

Радіус повороту для лівого переднього колеса R_{lf}

$$R_{lf} = R - \frac{W}{2}$$

Ліве заднє колесо

Радіус повороту для лівого заднього колеса R_{lr}

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_{lr} = \sqrt{\left(R - \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}$$

Праве переднє колесо

Радіус повороту для правого переднього колеса R_{rf}

$$R_{rf} = R + \frac{W}{2}$$

Праве заднє колесо

Радіус повороту для правого заднього колеса R_{rr}

$$R_{rr} = \sqrt{\left(R + \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}$$

Формули для розрахунку швидкості обертання коліс

Припустимо, що швидкість автомобіля по центру мас (лінійна швидкість) є V .

Тоді швидкість обертання кожного колеса буде прямо пропорційна його радіусу траєкторії.

Швидкість обертання лівого переднього колеса (V_{lf})

$$V_{lf} = V * \frac{R_{lf}}{R} = V * \frac{R - \frac{W}{2}}{R}$$

Швидкість обертання лівого заднього колеса (V_{lr})

$$V_{lr} = V * \frac{R_{lr}}{R} = V * \frac{\sqrt{\left(R - \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}}{R}$$

Швидкість обертання правого переднього колеса V_{rf}

$$V_{rf} = V * \frac{R_{rf}}{R} = V * \frac{R + \frac{W}{2}}{R}$$

Швидкість обертання правого заднього колеса V_{rr}

$$V_{rr} = V * \frac{R_{rr}}{R} = V * \frac{\sqrt{\left(R + \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}}{R}$$

										Арк
										14
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Ці формули дозволяють розрахувати радіуси траєкторій кожного колеса та відповідні швидкості обертання під час повороту автомобіля наліво.

Розглянемо приклад де підставимо технічні данні робота під формули та одержимо результат для кращого розуміння

- Радіус траєкторії центра мас автомобіля $R = 10$ метрів.
- Відстань між передніми та задніми колесами (колісна база) $L = 1$ метр.
- Ширина колії (відстань між лівими та правими колесами) $W = 0.6$ метри.
- Лінійна швидкість автомобіля $V = 20$ км/год (що дорівнює ≈ 5.56 м/с).

Ліве переднє колесо

Радіус повороту для лівого переднього колеса R_{lf}

$$R_{lf} = R - \frac{W}{2} = 10 - \frac{0.6}{2} = 9.7 \text{ м}$$

Ліве заднє колесо

Радіус повороту для лівого заднього колеса R_{lr}

$$R_{lr} = \sqrt{\left(R - \frac{W}{2}\right)^2 + L^2} = \sqrt{(10 - 0.3)^2 + 1^2} = 9.75 \text{ м}$$

Праве переднє колесо

Радіус повороту для правого переднього колеса R_{rf}

$$R_{rf} = R + \frac{W}{2} = 10 + \frac{0.6}{2} = 10.3 \text{ м}$$

Праве заднє колесо

Радіус повороту для правого заднього колеса R_{rr}

$$R_{rr} = \sqrt{\left(R + \frac{W}{2}\right)^2 + L^2} = \sqrt{(10 + 0.3)^2 + 1^2} = 10.34 \text{ м}$$

Розрахунок швидкостей обертання

Швидкість обертання лівого переднього колеса (V_{lf})

										Арк
										15
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$V_{lf} = V * \frac{R_{lf}}{R} = V * \frac{R - \frac{W}{2}}{R} = 5.56 * \frac{9.7}{10} \approx 5.39 \text{ м/с}$$

Швидкість обертання лівого заднього колеса (V_{lr})

$$V_{lr} = V * \frac{R_{lr}}{R} = V * \frac{\sqrt{\left(R - \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}}{R} = 5.56 * \frac{9.75}{10} \approx 5.42 \text{ м/с}$$

Швидкість обертання правого переднього колеса V_{rf}

$$V_{rf} = V * \frac{R_{rf}}{R} = V * \frac{R + \frac{W}{2}}{R} = 5.56 * \frac{10.3}{10} \approx 5.72 \text{ м/с}$$

Швидкість обертання правого заднього колеса V_{rr}

$$V_{rr} = V * \frac{R_{rr}}{R} = V * \frac{\sqrt{\left(R + \frac{W}{2}\right)^2 + L^2}}{R} = 5.56 * \frac{10.34}{10} \approx 5.75 \text{ м/с}$$

Отже, для заданих параметрів робота та його повороту наліво, радіуси повороту та швидкості обертання кожного колеса виглядають наступним чином:

- Ліве переднє колесо: радіус 9.7 метри, швидкість 5.39 м/с
- Ліве заднє колесо: радіус 9.75 метри, швидкість 5.42 м/с
- Праве переднє колесо: радіус 10.3 метри, швидкість 5.72 м/с
- Праве заднє колесо: радіус 10.34 метри, швидкість 5.75 м/с

											Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							16

2.3 Контур керування кермом



Рисунок 2.3 – контур керування кермом

Контур керування

- Вхідний сигнал:** Оператор або автономна система робота задає бажаний кут повороту коліс ($\theta_{desired}$).
- Обчислення помилки:** Плата керування порівнює поточний кут повороту коліс ($\theta_{current}$), виміряний магнітним енкодером, із бажаним кутом ($\theta_{desired}$). Обчислюється помилка ($\theta_{error} = \theta_{desired} - \theta_{current}$).
- PID-регулятор:** На основі помилки, PID-регулятор обчислює керуючий сигнал. PID-регулятор складається з трьох компонентів:
 - Пропорційна складова (*PP*): Вносить корекцію, пропорційну величині помилки.
 - Інтегральна складова (*II*): Враховує сумарну помилку за час для усунення залишкової помилки.
 - Диференційна складова (*DD*): Враховує швидкість зміни помилки для зменшення перерегулювання.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4. **Сигнал керування:** PID-регулятор генерує сигнал керування, який визначає, як змінити струм через Н-міст, щоб зменшити помилку.
5. **Керування Н-мостом:** Н-міст приймає сигнал керування від плати і змінює величину і напрямок струму, що подається на двигун постійного струму.
6. **Двигун постійного струму:** Двигун реагує на зміну струму, змінюючи свою швидкість та напрямок обертання, що в результаті змінює кут повороту колеса.
7. **Зворотний зв'язок:** Магнітний енкодер постійно відстежує кут повороту колеса і передає ці дані на плату керування, що дозволяє системі вносити корективи в режимі реального часу.

Короткий алгоритм роботи контуру керування

1. Введення бажаного кута повороту ($\theta_{desired}$).
2. Зчитування поточного кута повороту ($\theta_{current}$) з магнітного енкодера.
3. Обчислення помилки (θ_{error}).
4. Обчислення сигналу керування за допомогою PID-регулятора.
5. Надсилання сигналу керування на Н-міст.
6. Зміна струму через Н-міст, що керує двигуном постійного струму.
7. Корекція кута повороту колеса.
8. Постійний зворотний зв'язок від магнітного енкодера до плати керування для точного налаштування кута повороту.

Таким чином, цей контур керування забезпечує точне регулювання кута повороту коліс робота, використовуючи зворотний зв'язок і алгоритм PID-регулювання для підтримання стабільного та точного керування.

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.4 Контур стабілізації платформи

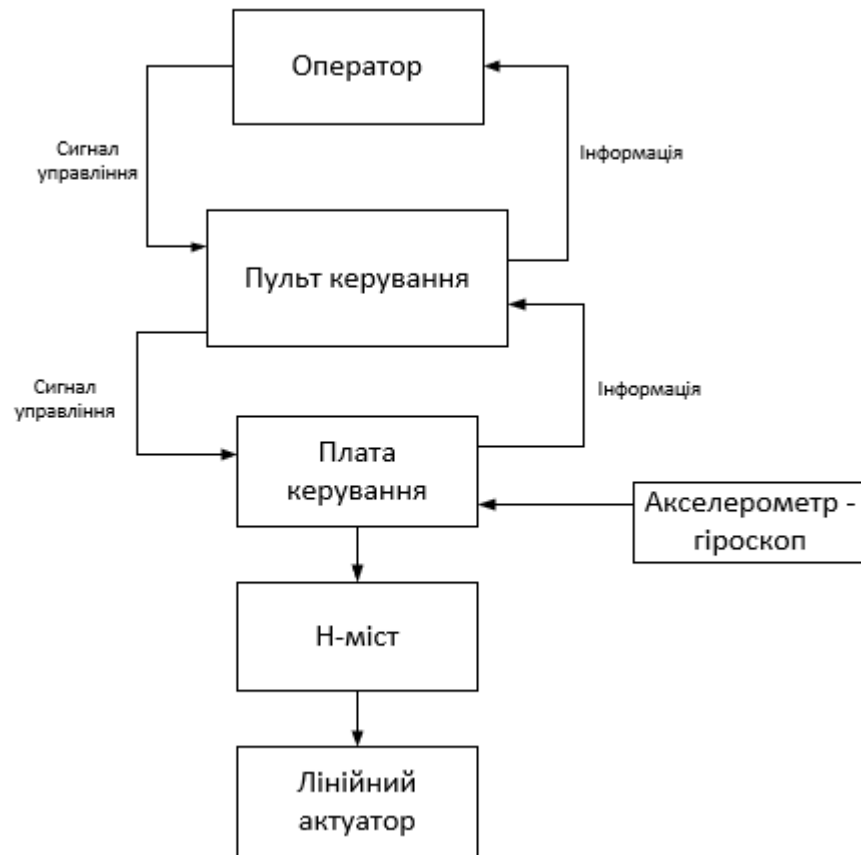


Рисунок 2.4 – Контур стабілізації платформи

Для того, щоб робот автоматично вирівнював платформу під час руху по нахиленій поверхні, необхідно враховувати напрямок руху (вгору чи вниз по схилу) і використовувати дані акселерометра-гіроскопа для визначення кута нахилу.

1. Використання акселерометра-гіроскопа

Акселерометр-гіроскоп надає інформацію про кут нахилу в поздовжньому (θ) і поперечному (ϕ) напрямках. Ці значення використовуються для визначення необхідних коригувань для ЛА.

2. Розрахунок коригувань для актуаторів

На основі напрямку руху (вгору або вниз по схилу), робот може визначити, які актуатори потрібно піднімати або опускати.

Алгоритм вирівнювання платформи:

1. Отримання даних акселерометра-гіроскопа:

- θ — кут нахилу в поздовжньому напрямку (вперед-назад).

									Арк
									19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- ϕ — кут нахилу в поперечному напрямку (ліво-право).

2. Розрахунок висоти коригувань для передніх і задніх коліс:

$$\Delta h = L \cdot \sin(\theta)$$

$$\Delta v = W \cdot \sin(\phi)$$

3. Врахування напрямку руху:

- Якщо робот рухається вперед (підйом передом):
 - Передні актуатори повинні опуститися на $\Delta h/2$
 - Задні актуатори повинні піднятися на $\Delta h/2$
- Якщо робот рухається назад (підйом задом):
 - Передні актуатори повинні піднятися на $\Delta h/2$
 - Задні актуатори повинні опуститися на $\Delta h/2$
- Аналогічно для руху вниз.

4. Розрахунок висоти для кожного колеса з урахуванням поперечного нахилу:

Ліве переднє колесо (h_{fl}):

$$h_{fl} = \pm \frac{\Delta h}{2} + \frac{\Delta v}{2} = \pm * \frac{L * \sin(\theta)}{2} + \frac{W * \sin(\phi)}{2}$$

Праве переднє колесо (h_{fr}):

$$h_{fr} = \pm \frac{\Delta h}{2} - \frac{\Delta v}{2} = \pm * \frac{L * \sin(\theta)}{2} - \frac{W * \sin(\phi)}{2}$$

Ліве заднє колесо (h_{rl}):

$$h_{rl} = \mp \frac{\Delta h}{2} + \frac{\Delta v}{2} = \mp * \frac{L * \sin(\theta)}{2} + \frac{W * \sin(\phi)}{2}$$

Праве заднє колесо (h_{rr}):

$$h_{rr} = \mp \frac{\Delta h}{2} - \frac{\Delta v}{2} = \mp * \frac{L * \sin(\theta)}{2} - \frac{W * \sin(\phi)}{2}$$

Розглянемо приклад де підставимо технічні данні робота під формули та одержимо результат для кращого розуміння

Припустимо:

- $L = 1$ м (довжина платформи).
- $W = 0.5$ м (ширина платформи).

										СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
											20
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- $\theta=10^\circ$ (нахил у поздовжньому напрямку).
- $\phi=5^\circ$ (нахил у поперечному напрямку).
- Робот рухається вперед (підйом передом).

1. Розрахунок Δh і Δv :

$$\Delta h = 1 * \sin (10^\circ) \approx 0.174 \text{ м}$$

$$\frac{\Delta h}{2} \approx 0.087 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0.5 * \sin (5^\circ) \approx 0.0435 \text{ м}$$

$$\frac{\Delta v}{2} \approx 0.02175 \text{ м}$$

2. Розрахунок висот для кожного колеса:

Ліве переднє колесо (h_{fl}):

$$h_{fl} = 0.087 + 0.02175 = 0.10875 \text{ м}$$

Праве переднє колесо (h_{fr}):

$$h_{fr} = 0.087 - 0.02175 = 0.06525 \text{ м}$$

Ліве заднє колесо (h_{rl}):

$$h_{rl} = -0.087 + 0.02175 = -0.06525 \text{ м}$$

Праве заднє колесо (h_{rr}):

$$h_{rr} = -0.087 - 0.02175 = -0.10875 \text{ м}$$

Швидкість обраних актуаторів які я обрав становить 100м/с, це вносить свої обмеження в проект, тобто при великій швидкості РП, ЛА можуть не встигати відпрацювати підвіску, адже від швидкості актуаторів залежить можливість підвіски ефективно реагувати на зміни рельєфу по якому вона пересувається, що в свою чергу дає змогу підтримувати стабільність робота.

Провів аналіз обмежень:

Нехай швидкість РП становить 15 км/год:

										Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						21

- При швидкості 15 км/год (4.17 м/с), актуатори працюють в режимі, де можуть адекватно реагувати на зміни висоти.
- За цієї швидкості, якщо робот зустрине перешкоду або нерівність, актуатор зможе висунутися або засунутися на 100 мм за 1 секунду.
- Ця швидкість є достатньо низькою, щоб актуатори могли відпрацьовувати зміни поверхні дороги без значних затримок, забезпечуючи стабільність і комфортність руху.

Нехай швидкість РП становить 15 км/год:

- При швидкості 50 км/год (13.89 м/с), ситуація значно ускладнюється.
- На такій швидкості, якщо робот зустрине перешкоду або нерівність, актуатор все одно зможе висунутися або засунутися на 100 мм за 1 секунду.
- Однак, за такої високої швидкості, зміни поверхні дороги відбуваються швидше, і актуатори можуть не встигати адекватно реагувати на ці зміни. Це може призвести до зниження стабільності і комфорту руху, а також збільшити ризик пошкоджень робота через неадекватну адаптацію підвіски.

Можна виділити оптимальну та комфортну швидкість для РП щоб поставлену задачу можна було виконати максимально ефективно:

1. Оптимальна швидкість руху робота: До 15 км/год. За цієї швидкості актуатори зможуть ефективно реагувати на зміни поверхні, забезпечуючи стабільність і безпеку руху.

2. Максимальна допустима швидкість: До 30 км/год. При цій швидкості актуатори ще можуть встигати відпрацьовувати значні зміни поверхні, але ризик неадекватної реакції на нерівності збільшується.

3. Критична швидкість: 50 км/год і вище. За такої швидкості актуатори не встигатимуть реагувати на зміни поверхні, що значно знижує стабільність і

										Арк
										22
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

безпеку робота. Рух за цієї швидкості може призвести до пошкодження робота через нездатність підвіски швидко адаптуватися до умов дороги.

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

РОЗДІЛ 3 ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

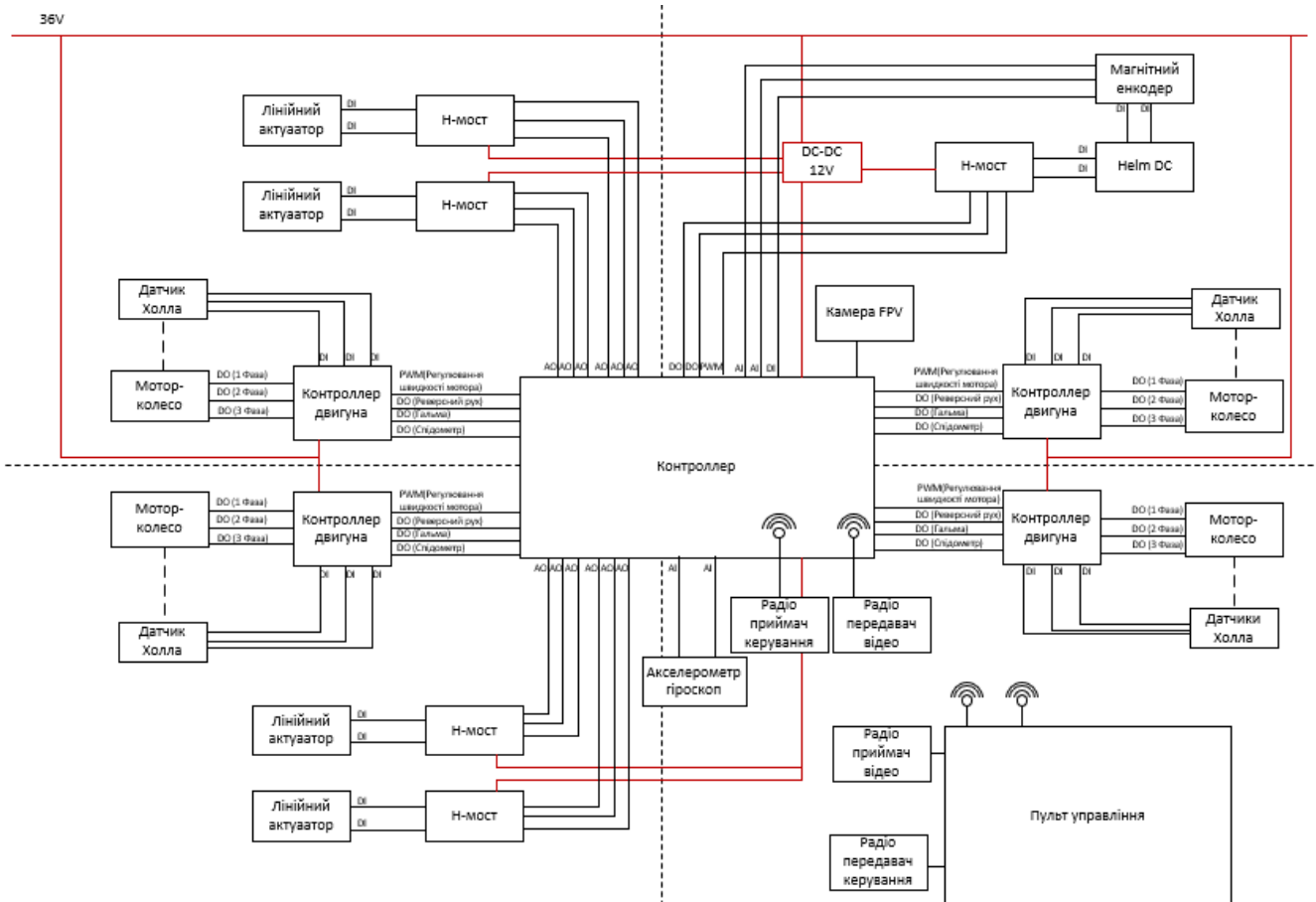


Рисунок 3.1 – Структурна схема об'єкта

3.1 Мотор колесо безщіткове з встановленими датчиками холла



Рисунок 3.2 – Мотор-колесо

Безщіткове мотор-колесо з датчиками Холла — це електродвигун, інтегрований у колесо, який використовує безщіткову технологію для обертання.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Датчики Холла встановлені для точного визначення положення ротора, що забезпечує більш плавну роботу і кращий контроль.

Принцип роботи

Безщітковий мотор: Безщіткові двигуни (BLDC) використовують електронний комутатор замість механічних щіток для перемикання струму в обмотках статора. Це зменшує знос і підвищує ефективність.

Датчики Холла: Ці датчики визначають положення ротора і передають сигнал на контролер. Контролер на основі цих сигналів змінює подачу струму до обмоток, забезпечуючи точне і плавне обертання.

Спосіб застосування

Безщіткові мотор-колеса з датчиками Холла широко застосовуються в електричних велосипедах, скутерах та інших легких електротранспортних засобах. Вони забезпечують ефективне і тихе пересування, а також кращу керуваність і надійність завдяки відсутності щіток.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики мотор-колеса

Найменування параметру	Значення
Номінальна потужність	180w-1000w.
Швидкість	300-800 об / хв.
Номінальна напруга	DC 36v.
Розмір колеса	15x6 дюймів.
Ефективність	>83%

Встановлені датчики Холла:

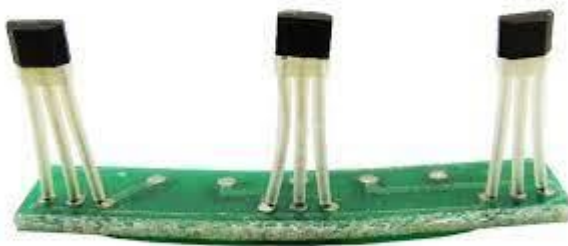


Рисунок 3.3 – Датчики холла для колеса

Характеристика:

Діапазон напруги живлення: від 4,5 В до 26 В

Струм живлення 12 мА нормальний, 18 мА макс.

3.2 Акумулятор



Рисунок 3.4 – Акумулятор

Характеристика:

Тип акумулятора: літій-полімерний.

Напруга акумулятора 36 В.

Ємність: 1.5 кВт·год.

Порівняння відносно інших акумуляторів:

Таблиця 3.2 – Порівняння різних типів акумуляторів.

Параметр	Літій-полімерні (Li-Po)	Нікель-металгідридні (NiMH)	Свинцево-кислотні	Літій-іонні (Li-ion)
Енергоємність	Висока	Середня	Низька	Висока
Вага	Легка	Важча	Дуже важка	Легка
Потужність	Висока, стабільна напруга	Менш стабільна напруга	Низька, швидкий спад	Висока, стабільна напруга
Час зарядки	Швидкий	Довший	Дуже довгий	Швидкий
Гнучкість у форм-факторі	Висока	Обмежена	Дуже обмежена	Дещо обмежена

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.3 Акселерометр гіроскоп MPU-6050



Рисунок 3.5 - Акселерометр гіроскоп

Акселерометр та гіроскоп — це сенсори, які вимірюють прискорення та кутову швидкість відповідно. Вони часто використовуються разом для визначення положення і орієнтації об'єктів у просторі.

Принцип роботи

Акселерометр вимірює лінійні прискорення вздовж трьох осей (X, Y, Z). Він може визначати рух і нахил об'єкта.

Гіроскоп вимірює кутову швидкість обертання навколо трьох осей. Він допомагає визначити орієнтацію об'єкта.

Спосіб застосування

Ці сенсори широко використовуються в смартфонах, дронах, робототехніці, системах стабілізації, VR та AR пристроях, а також в різних системах навігації.

Опис обґрунтування вибору

Точність і стабільність: Вбудований 16-бітний АЦП забезпечує високу точність вимірювань.

Інтерфейс I2C: Цифровий інтерфейс I2C дозволяє легко інтегрувати сенсори з мікроконтролерами та іншими пристроями.

Напруга живлення: Діапазон 3-5 В робить їх сумісними з більшістю електронних систем.

Комплексність вимірювань: Поєднання акселерометра і гіроскопа дозволяє точно визначати як лінійні, так і кутові зміни руху та орієнтації.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики акселерометр гіроскопу MPU-6050

Найменування параметру	Значення
Сенсори	3-осьовий акселерометр і гіроскоп
Інтерфейс	I2C (до 400 кГц)
Напруга живлення	3 - 5 В
Діапазон акселерометра	$\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g$
Діапазон гіроскопа	$\pm 250^\circ/c, \pm 500^\circ/c, \pm 1000^\circ/c, \pm 2000^\circ/c$
Роздільна здатність	16 біт
Вбудований АЦП	16-бітний
Температурний діапазон роботи	$-40^\circ C$ до $+85^\circ C$

3.4 DC-DC перетворювач 36-12V



Рисунок 3.6 – DC DC перетворювач

DC-DC перетворювач - це електронний пристрій, який призначений для зміни напруги постійного струму (DC) з одного рівня на інший.

Принцип роботи

DC-DC перетворювач працює за принципом використання індуктивності або ємності для зміни напруги. Він використовує внутрішній комутатор, щоб перемикає струм між індуктивностями (або конденсаторами) і виходами, регулюючи вихідну напругу.

Спосіб застосування

DC-DC перетворювачі використовуються для живлення різних електронних пристроїв, таких як радіоелектроніка, комп'ютерні системи, вбудовані пристрої, автомобільна електроніка та інші пристрої, де потрібна стабільна напруга.

											Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							28

Опис обґрунтування вибору

Вибір DROK 600W 36V to 12V DC-DC Converter може бути обґрунтований його характеристиками:

Потужність 600W: Це забезпечує достатню потужність для живлення вимогливих пристроїв.

Вхідна напруга 36V, вихідна 12V: Це дозволяє зручно використовувати його для конвертації відомих напруг на потрібний рівень.

Ефективність і надійність: Висока ефективність і надійність забезпечують стабільну роботу пристрою в різних умовах.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики DC-DC перетворювач 36-12V

Найменування параметру	Значення
Максимальна потужність	1000W
Вхідна напруга	36V
Вихідна напруга	12V
Вихідний струм	50A (MAX), тривала робота в межах 30A
Ефективність	≥93%
Захист	Захист від перевантаження по струму 60A
Розміри	Д120мм * Ш97мм * В40мм
Робоча температура	-40 - +85 °C

3.5 Магнітний енкодер для керма

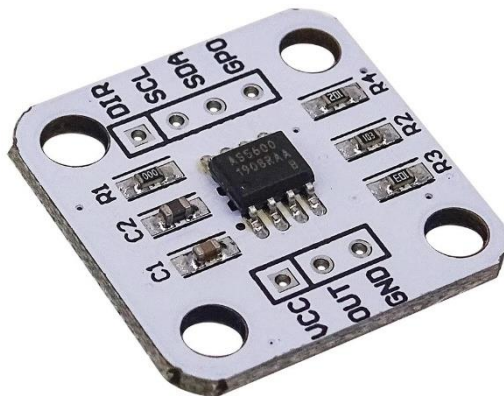


Рисунок 3.7 – Магнітний енкодер

Магнітний енкодер – це сенсорний пристрій, що використовує магнітне поле для визначення положення, швидкості або обертання об'єкта. Він

перетворює механічні рухи на електричні сигнали, які можуть бути зчитані та оброблені контролерами або іншими електронними системами.

Принцип роботи

Магнітні енкодери працюють на основі ефекту Холла або магніторезистивного ефекту. Основні компоненти включають:

- **Магніт:** Постійний магніт, розміщений на об'єкті, положення або обертання якого потрібно виміряти.
- **Сенсорний елемент:** Зазвичай містить ефект Холла або магніторезистивний сенсор, що реагує на зміни магнітного поля.
- **Електроніка обробки сигналу:** Перетворює зчитані зміни магнітного поля в електричні сигнали, які можуть бути передані на контролер.
- Коли магніт обертається або переміщується відносно сенсорного елемента, змінюється магнітне поле. Сенсорний елемент реєструє ці зміни і генерує відповідні електричні сигнали. Електроніка обробки сигналу потім інтерпретує ці сигнали та визначає точне положення, швидкість або обертання.

Спосіб застосування

Магнітні енкодери широко використовуються в різних галузях, включаючи:

- **Промислова автоматизація:** Контроль та моніторинг обертання валів, двигунів і механізмів.
- **Робототехніка:** Точне визначення положення та руху робочих частин роботів.
- **Автомобільна промисловість:** Вимірювання положення керма, педалей та інших компонентів.
- **Медичне обладнання:** Контроль руху в медичних приладах і пристроях.
- **Споживча електроніка:** Використання в енкодерах, що вбудовані в різні електронні пристрої для визначення положення елементів управління.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики магнітного енкодера

Найменування параметру	Значення
Тип	Магнітний енкодер
Роздільна здатність	12 біт
Інтерфейс	I2C, PWM
Робоча напруга	3.3 В або 5 В
Діапазон робочих температур	-40°C до +125°C
Максимальна частота опитування	1 кГц

Точність	0.087 градусів
Розмір	Компактний, 2 мм x 2 мм
Споживана потужність	Низька
Вихідний сигнал	Цифровий (I2C), аналоговий (PWM)

3.6 H-міст для лінійного актуатора



Рисунок 3.8 - H-міст

H-міст — це електронна схема, яка дозволяє керувати напрямком струму через навантаження, наприклад, електродвигун. Він складається з чотирьох комутуючих елементів (транзисторів або MOSFET), які формують структуру, схожу на букву "H".

Принцип роботи

H-міст дозволяє змінювати напрямок обертання двигуна шляхом перемикання комутуючих елементів. Коли одна діагональна пара комутуючих елементів ввімкнена, струм проходить через двигун в одному напрямку. Зміна ввімкнення іншої пари змінює напрямок струму, що змінює напрямок обертання двигуна.

Спосіб застосування

H-міст використовується для керування двигунами постійного струму в робототехніці, автомобільній промисловості, автоматизації та інших системах, де потрібно змінювати напрямок обертання двигуна.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики H-моста для ЛА.

Найменування параметру	Значення
Діапазон вхідної напруги	DC 6.5V ~ 27V
Номінальна вхідна напруга	DC 12V / 24V

Номінальний вихідний струм на канал	7А
Піковий вихідний струм на канал	50А
Напруга керуючого сигналу	3 ~ 6.5 В
Струм керуючого сигналу	3 ~ 11 мА
Мінімальна ефективна ширина імпульсу ШІМ	5 μs
Робоча температура	-25 °С ~ 80 °С
Розміри	5.5 см × 5.5 см × 2.0 см

3.7 Н-міст для керма



Рисунок 3.9 - Н-міст BTS7960

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики Н-моста для керма.

Найменування параметру	Значення
Діапазон вхідної напруги	5.5V ~ 27V
Номінальна вхідна напруга	DC 12V / 24V
Номінальний вихідний струм на канал	43А
Піковий вихідний струм на канал	50А
Номінальна вихідна потужність на канал	514 Вт (12 В)
Напруга керуючого сигналу	3.3V - 5V
Струм керуючого сигналу	3 ~ 10 мА
Мінімальна ефективна ширина імпульсу ШІМ	5 μs
Робоча температура	-40 °С ~ +85 °С
Розміри	50 x 50 x 42 x мм

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.01.ДП

Арк

32

3.8 Двигун постійного струму для керма



Рисунок 3.10 - Двигун постійного струму для керма

ДС-двигун (двигун постійного струму) — це електричний двигун, який працює на постійному струмі. Він перетворює електричну енергію в механічну, забезпечуючи обертання вала двигуна.

Принцип роботи

ДС-двигун працює на принципі електромагнітної індукції. Коли струм протікає через обмотку двигуна, він створює магнітне поле, яке взаємодіє з постійними магнітами, викликаючи обертання вала. Щітки і колектор забезпечують комутацію струму через обмотки, що дозволяє двигуну безперервно обертатися.

Спосіб застосування

ДС-двигуни широко використовуються в різних галузях, включаючи автомобільну промисловість, робототехніку, побутову техніку, промислове обладнання, електричні транспортні засоби та багато інших пристроїв, де потрібне точне і регульоване обертання.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики ДС-мотора

Найменування параметру	Значення
Тип	Редукторний двигун
Крутний момент	2.0N.M
Конструкція	Постійний магніт
Комутація	Щітка
Захисна функція	Водонепроникний

Потужність	220W
Номінальний крутний момент	2.0N.M
Номінальна частота обертання	1050 об/хв
Номінальна напруга	12V
Номінальний струм	40A
Довжина	124 мм
Діаметр	63.5 мм
Робоча температура	Від -40° до 80°
Тип мотора	Постійний магніт двигун постійного струму
Напрямок обертання	Двосторонній

3.9 Контроллер двигателя



Рисунок 3.11 – контроллер двигателя

Контролер двигуна для мотор-колеса — це електронний пристрій, який керує роботою електродвигуна, регулюючи швидкість, напрямок обертання та інші параметри. Він забезпечує ефективну роботу двигуна, використовуючи сигнали від датчиків та команди від користувача.

Принцип роботи

Контролер двигуна отримує сигнали від датчиків Холла та інших сенсорів, аналізує їх і відповідно регулює напругу та струм, поданий на двигун. Це дозволяє змінювати швидкість та напрямок обертання двигуна, а також здійснювати інші функції, такі як гальмування та круїз-контроль.

Спосіб застосування

Контролери двигунів застосовуються в електротранспорті, робототехніці, промислових автоматизованих системах та інших пристроях, де потрібне точне керування двигунами.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики контролера мотор-колес

Найменування параметру	Значення
Автовизначення кута фази	60/120 градусів
Потужність	350Вт
Вхідна напруга	36В / 48В
Тип	Не синусоїдний
Батарейний струм	17А ±1А
Розмір	110×72×40 мм
Відстань між отворами для кріплення	120 мм
Функції	Режим навчання, круїз-контроль, три швидкості, гальма, сигналізація, спідометр

3.10 Лінійний актуатор



Рисунок 3.12 – лінійний актуатор

Лінійні актуатори — це механічні пристрої, які перетворюють обертальний рух двигуна в лінійний рух. Вони використовуються для створення прямолінійного переміщення в різних механізмах.

Принцип роботи

									Арк
									35
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Лінійний актуатор працює за принципом гвинтової передачі або іншого механізму перетворення руху. Коли двигун обертається, він приводить у рух гвинт або інший механічний елемент, який, в свою чергу, створює лінійний рух штока актуатора. Це дозволяє точно контролювати переміщення в одному напрямку.

Спосіб застосування

Лінійні актуатори використовуються в різних галузях, включаючи робототехніку, промислові автомати, медичне обладнання, системи автоматизації, автомобільну промисловість та багато інших застосувань, де потрібне точне лінійне переміщення.

Таблиця 3.10 – Характеристика лінійного актуатора

Найменування параметру	Значення
Постійний струм	12В/3А
Вхідна напруга	12V
Вихідна потужність	36Вт
Максимальне навантаження	160 Кг
Максимальна швидкість	100 мм/с
Максимальна довжина ходу	1000 мм
Ефективність	IE4
Захист	IP65
Робоча температура	-26 ~ +65 °С

3.11 Радіоприймач та радіопередавач відео



Рисунок 3.13 – Передавач і приймач відеозв'язку

Таблиця 3.11 – Характеристика радіопередавача і радіоприймача відеозв'язку

Параметр	Відеоприймач	Відеопередавач
Антенa	Промінь	Промінь
Розмір	115x80x21 мм	115x80x21 мм
Вага	115 г	80 г (без антени)
Відео	NTSC	PAL
Вхід сигналу	RCA (відео + аудіо)	RCA (відео + аудіо)
Вибір каналу	Кнопка	Кнопка
Індикація	LED-індикатор	LED-індикатор
Кількість каналів	12	12
Потужність передавача	-	2000 мВт
Живлення передавача	-	12 В 400мА
Робоча частота	1.2 ГГц	1.2 ГГц
Робоча напруга	12 В	12 В 240 мА
Частоти каналів	910 МГц, 980 МГц, 1010 МГц, 1040 МГц, 1080 МГц, 1100 МГц, 1120 МГц, 1140 МГц, 1160 МГц, 1200 МГц, 1240 МГц, 1280 МГц, 1320 МГц, 1360 МГц	910 МГц, 980 МГц, 1010 МГц, 1040 МГц, 1080 МГц, 1100 МГц, 1120 МГц, 1140 МГц, 1160 МГц, 1200 МГц, 1240 МГц, 1280 МГц, 1320 МГц, 1360 МГц

3.12 Радіо передавач та радіоприймач керування



Рисунок 3.14 – Передавач і приймач зв'язку керування

Комплект LRS Dragon Link V3 Advanced 433MHz 1000mW 12 каналів з телеметрією (антена 15см) є системою для управління безпілотними літальними апаратами (БПЛА) або радіокерованими моделями. LRS (Long Range System) означає систему довгого радіусу дії, що дозволяє керувати моделлю на великій відстані.

Основні компоненти та їх функції:

Передавач (Transmitter):

- Частота 433MHz: Використовує частотний діапазон 433MHz, який забезпечує менше перешкод у порівнянні з більш популярними діапазонами, як 2.4GHz.
- Потужність 1000mW: Забезпечує високу потужність передавання, що дозволяє досягти великого радіусу дії.
- 12 каналів: Дозволяє контролювати до 12 різних функцій чи сервоприводів на моделі.

Приймач (Receiver):

- Отримує сигнали від передавача і передає їх на різні компоненти моделі, такі як сервоприводи, регулятори швидкості, і т.д.
- Телеметрія: Зворотний зв'язок від моделі до пілота. Це може включати дані про стан акумулятора, висоту, швидкість та інші параметри.

Антенa:

- Довжина 15см: Оптимізована для частоти 433MHz, що забезпечує кращий прийом та передачу сигналу.

Основні функції:

- Довгий радіус дії: Забезпечує стабільний зв'язок на великих відстанях, що є критичним для БПЛА, які можуть літати на кілька кілометрів від оператора.
- Стабільність і надійність: Знижує ризик втрати сигналу, що може призвести до втрати контролю над моделлю.
- Телеметрія: Дозволяє оператору отримувати дані в реальному часі про стан БПЛА, що важливо для моніторингу та прийняття рішень під час польоту.
- Мультиканальність: Дозволяє керувати різними функціями та компонентами моделі, такими як камери, стабілізатори, додаткові датчики тощо.

					<i>СУ-01.6.151.01.ДП</i>	Арк
						38
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.12 – Характеристика радіопередавача і радіоприймача керування

Характеристика	Відеоприймач	Відеопередавач
Антенa	Промінь	Промінь
Розмір	115x80x21 мм	115x80x21 мм
Вага	115 г	80 г (без антени)
Відео	NTSC	PAL
Вхід сигналу	RCA (відео + аудіо)	RCA (відео + аудіо)
Вибір каналу	Кнопка	Кнопка
Індикація	LED-індикатор	LED-індикатор
Кількість каналів	12	12
Потужність передавача	-	2000 мВт
Живлення передавача	-	12 В 400мА
Робоча частота	1.2 ГГц	1.2 ГГц
Робоча напруга	12 В	12 В 240 мА
Частоти каналів	910 МГц, 980 МГц, 1010 МГц, 1040 МГц, 1080 МГц, 1100 МГц, 1120 МГц, 1140 МГц, 1160 МГц, 1200 МГц, 1240 МГц, 1280 МГц, 1320 МГц, 1360 МГц	910 МГц, 980 МГц, 1010 МГц, 1040 МГц, 1080 МГц, 1100 МГц, 1120 МГц, 1140 МГц, 1160 МГц, 1200 МГц, 1240 МГц, 1280 МГц, 1320 МГц, 1360 МГц

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

СУ-01.6.151.01.ДП

Арк

39

3.13 Пульт керування

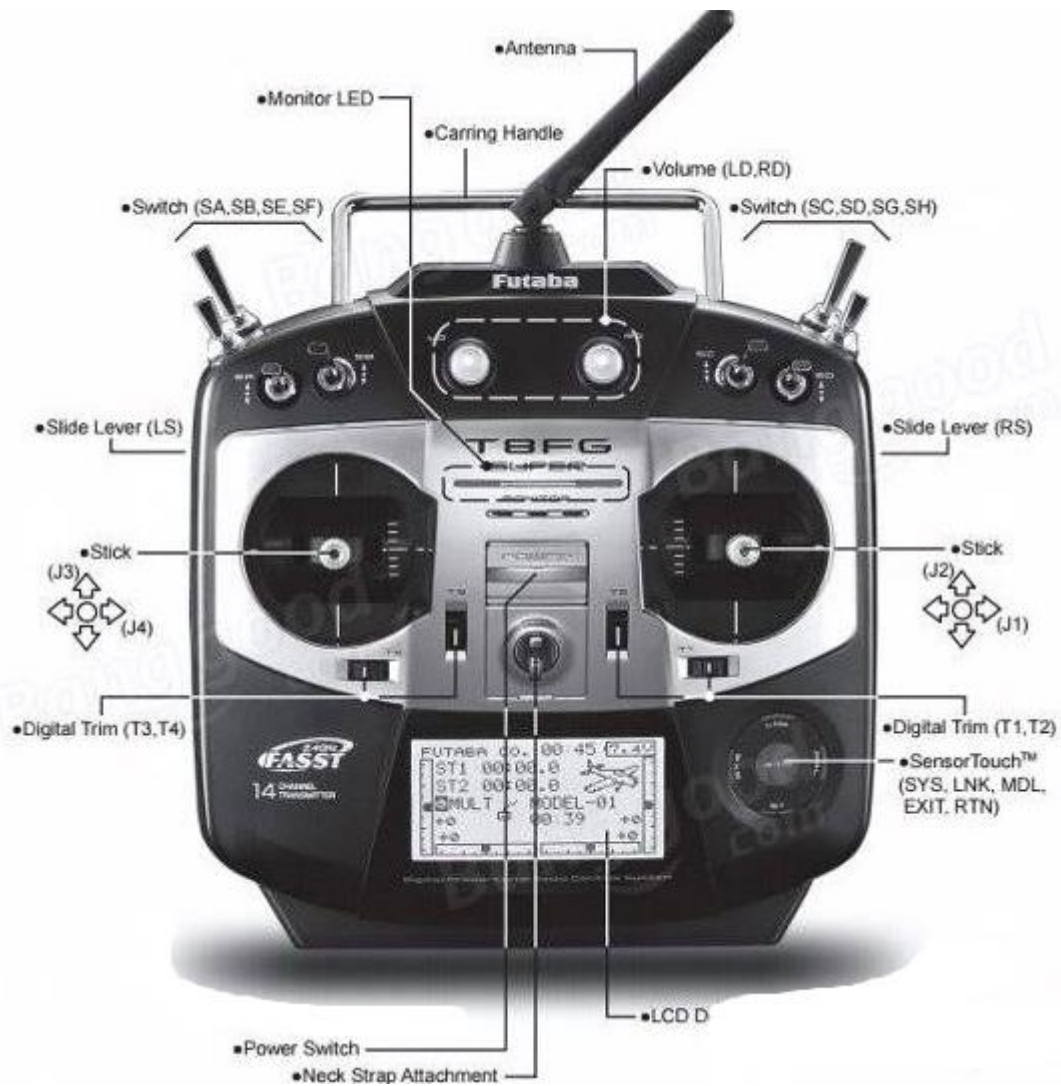


Рисунок 3.15 – Приклад пульта керування

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.01.ДП

Арк

40

РОЗДІЛ 4. Алгоритм керування

4.1 Опис алгоритму керування

В цьому розділі я навів алгоритм керування Роботизованою платформою.

Алгоритм:

1. Ініціалізація робота з з пультом керування

1. Запуск робота.
2. Встановлення зв'язку з роботизованою платформою.
2. Перевірка даних з об'єкта.
3. На основі отриманих даних, оператор за допомогою пульта керування

буде розуміти в якому порядку керувати платформою.

2. Керування пультом дистанційного управління:

1. Отримання команд від пульта дистанційного керування (оператора)
2. Декодування команд у:
 - * рух вперед/назад
 - * Поворот вліво/вправо
 - * Регулювання висоти підвіски (вгору/вниз)
 - * Регулювання швидкості (прискорення/сповільнення)

3. Контроль швидкості

1. Зчитування даних датчиків Холла з кожного колеса для визначення поточної швидкості та напрямку руху.
2. Розрахувати бажану швидкість на основі введених оператором даних і поточної швидкості.
3. Відправлення керуючих сигналів на контролери двигунів для регулювання швидкості кожного колеса:
 - * У разі прискорення поступово збільшувати швидкість двигуна
 - * У разі уповільнення поступово зменшувати швидкість двигуна

4. Керування рульовим керуванням

1. Зчитування даних магнітного енкодера для визначення поточного кута повороту керма.
2. Розрахування бажаного кута повороту на основі даних оператора та поточного кута повороту.
3. Надсилання сигналів керування на двигун постійного струму для регулювання кута повороту керма.

5. Керування підвіскою

1. Зчитування даних акселерометра-гіроскопа для визначення поточної орієнтації та нахилу.

									Арк
									41
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. Розрахування бажаної висоти підвісу на основі даних оператора та поточної орієнтації РП.

3. Надсилання керуючих сигналів на лінійні приводи для регулювання підвіски.

6. Адаптивне керування підвіскою

1. Аналіз даних акселерометра-гіроскопа для визначення поточної орієнтації та нахилу

2. Регулювання висоти підвіски для підтримки стабільності та оптимального дорожнього просвіту.

* Якщо робот нахилиється, буде відрегульовано висоту підвіски для компенсації.

* Якщо робот знаходиться на нерівній поверхні, буде відрегульовано висоту підвіски для збереження стабільності.

4.2 Плата керування

Для цього проекту я не буду використовувати плату керування яка буде забезпечувати наступні потреби:

До моєї плати керування будуть під'єднані данні сигнали: 4 сигналів ШИМ, 13 дискретних сигналів, 19 аналогових сигналів.

1) Драйвер двигуна(4 шт.) підключений такими пінами:

- PWM для регулювання швидкості мотора
- DO сигнал
- DO сигнал
- DO сигнал
- 5V
- GND

2) Н міст для DC мотора для керування кермом

- АО сигнал
- АО сигнал
- АО сигнал
- 12V
- GND

3) Н мости (4 шт.) для ЛА

- АО сигнал
- АО сигнал

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
						42
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- АО сигнал
- 12V
- GND

4) Гіроскоп акселерометр

- SCL до AI
- SDA до AI
- 5V
- GND

5) Датчик холла (4 шт.)

- DI сигнал
- DI сигнал
- DI сигнал
- 5V
- GND

6) Магнітний енкодер

- AI
- AI
- 5V
- GND

7) DC-DC перетворювач 12V

- DI сигнал
- 5V
- GND

Найбільш підходящою платою керування є STM32F407VG

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

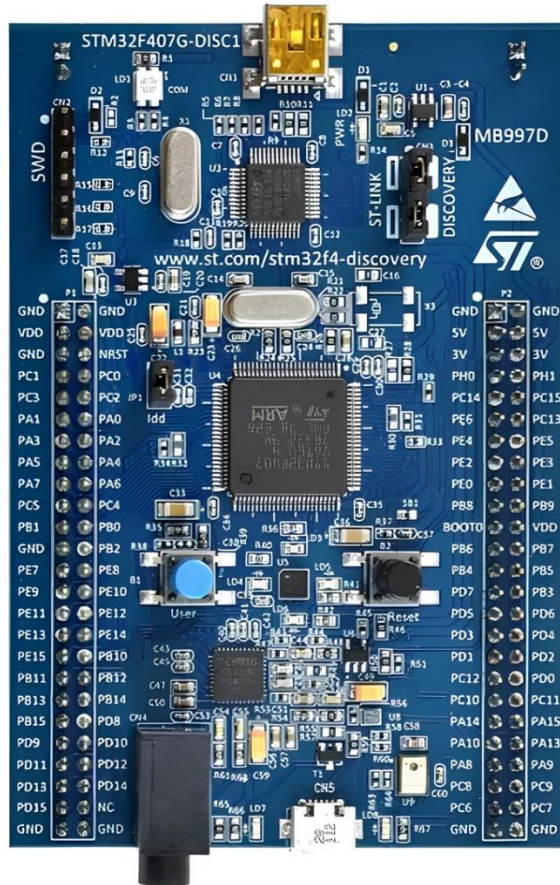


Рисунок 4.1 – Плата керування STM32F407VG

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВОК

У рамках дипломного проекту "Автоматизоване керування режимами роботи адаптивної підвіски мобільної роботизованої платформи" було створено систему, яка є досить актуальною на сьогодні та може вирішити питання різних характерів.

Основною метою проекту було забезпечити стабільний, точний і адаптивний рух платформи в різних умовах.

Розроблено автоматизовану систему керування режимами роботи АП мобільної РП, яка базується на інтеграції сучасних датчиків та алгоритмів керування. Ця система забезпечує точне регулювання швидкості кожного колеса та адаптацію підвіски в реальному часі, що дозволяє значно підвищити стабільність та маневреність платформи порівняно з традиційними методами.

Основною метою проекту було забезпечити стабільний, точний і адаптивний рух платформи в різних умовах. Проект має продемонструвати мобільність платформи завдяки використаним у проекті компонентами.

Платформа може забезпечити ефективну роботу платформи в умовах нерівного рельєфу. Система орієнтування у просторі, заснована на використанні акселерометра та гіроскопа, дозволяє точно визначати положення та кут нахилу платформи. Це забезпечує можливість оперативної корекції нахилу підвіски, що значно підвищує стабільність і надійність роботи системи.

У результаті виконання даного проекту була створена надійна та функціональна мобільна РП, яка може бути використана в різних галузях, де необхідний точний та стабільний рух у складних умовах. Проект підтвердив можливість інтеграції сучасних технологій для створення ефективних систем автоматизації та робототехніки, що мають широкий спектр застосувань.

									Арк
									45
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ: ТЕОРІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ, ВИРОБНИЦТВО [Електронний ресурс]. – 2019. – <https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nauka/izdaniya/trudy/2019/02/156-162.pdf?2>
2. STM32F407VG Datasheet - <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/510592/STMICROELECTRONICS/STM32F407VG.html>
3. Кінематика повороту автомобіля [Електронний ресурс]. – 2019. – <https://studfile.net/preview/9731745/page:23/>
4. Kevin B. Kochersberger, Tomonari Furukawa, Corina Sandu, John B. Ferris, Pratap Tokekar, Design and Development of a Novel Reconfigurable Wheeled Robot for Off-Road Applications. 2018. https://www.researchgate.net/profile/Tamer_Attia3/publication/337339078_Design_and_Development_of_a_Novel_Reconfigurable_Wheeled_Robot_for_Off-Road_Applications/links/5dd3b765a6fdcc7e138d41f8/Design-and-Development-of-a-Novel-Reconfigurable-Wheeled-Robot-for-Off-Road-Applications.pdf
5. Linear actuators [Електронний ресурс]. – https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_actuator
6. Контроллер двигуна [Електронний ресурс]. – <https://instrade.com.ua/ua/p1814231286-universalnyj-kontroller-instrade.html>
7. DC-двигун для керма [Електронний ресурс]. – https://www.alibaba.com/product-detail/Factory-direct-sale-electric-power-steering_1600533889068.html
8. H-міст для лінійного актуатора [Електронний ресурс]. – <https://ru.sz-kuongshun.com/uno/uno-board-shield/12v-24v-7a-160w-dual-dc-motor-driver-module.html>
9. Драйвер для двигуна керма [Електронний ресурс]. – https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=63&product_id=1382&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw9vqyBhCKARIsAlcLMHRenjhEizlvuOt5XtWuVbrdyO6WrA-ZZ28iI-xXHNJs3fRjBHrlSwaAmloEALw_wcB
10. Магнітний енкодер AS5600 Datasheet [Електронний ресурс]. – <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/621657/AMSCO/AS5600.html>
11. DC-DC перетворювач [Електронний ресурс]. – <https://greenchip.com.ua/96-0-1906-2.html>
12. Мотор-колесо [Електронний ресурс]. – <https://www.aliexpress.com/item/1005003343593566.html>
13. Літій-полімерний акумулятор [Електронний ресурс]. –
14. <https://pingvin.pro/gadgets/article-gadget/litij-ionnyj-chy-litij-polimernyj-akumulyator-yakyj-krashhyj.html>

					СУ-01.6.151.01.ДП	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

15. Приймач та передавач відео [Електронний ресурс]. –

https://gpsmobile.com.ua/spare_model/ReadyToSky_Komplekt_fpv_tx-rx_1.2ghz_2w_dlja_peredachi_videosignala_av-19931.html

16. Приймач та передавач керування [Електронний ресурс]. –

<https://www.modeli.com.ua/product/komplekt-lrs-dragon-link-v3-advanced-433mhz-1000mw-12k-s-telemetryj-antenna-15sm-dragonlabs-DL-LRSV3-1RX15.html>

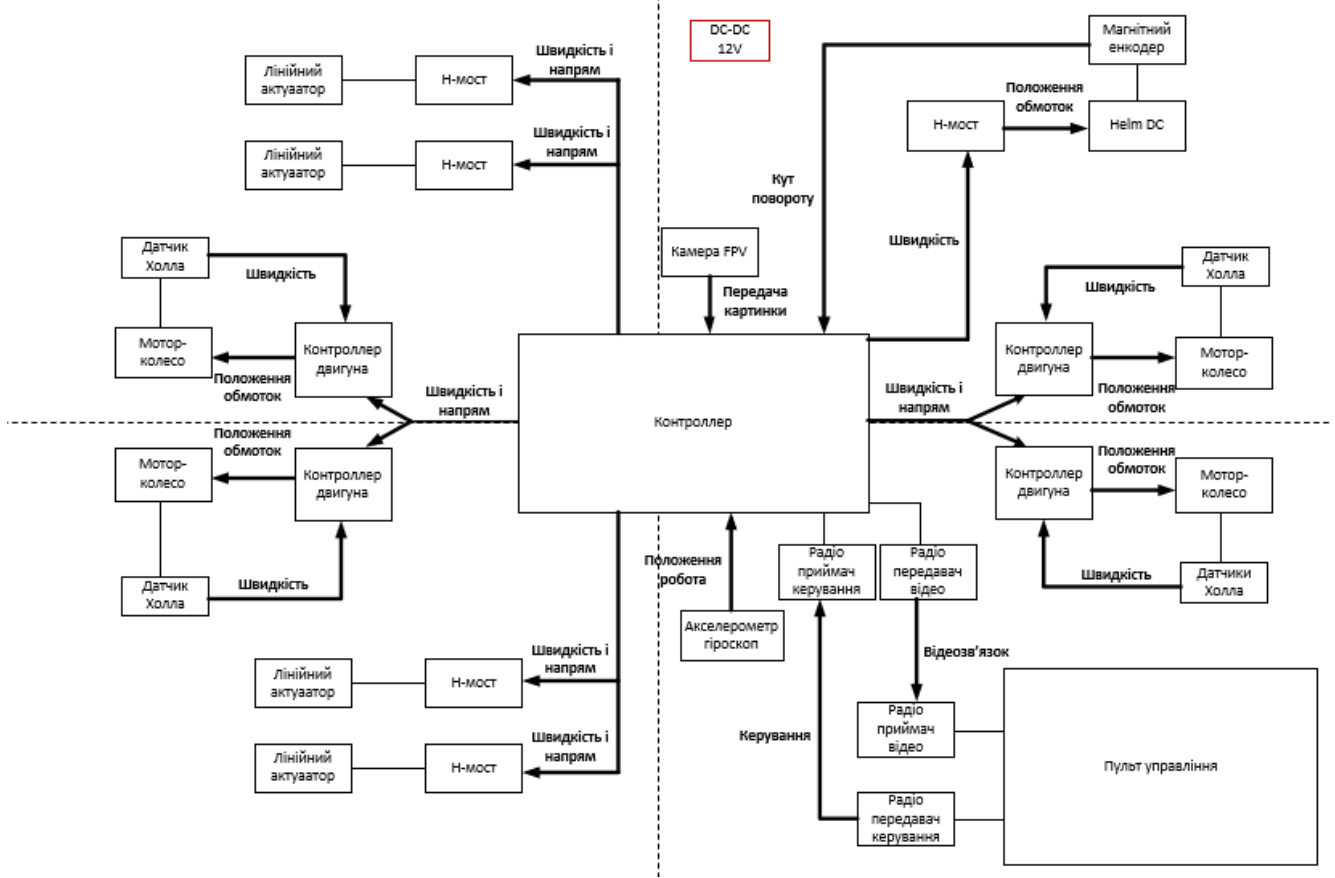
					<i>СУ-01.6.151.01.ДП</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

ДОДАТОК А

Конструкторська документація:

Схема інформаційних потоків системи

36V

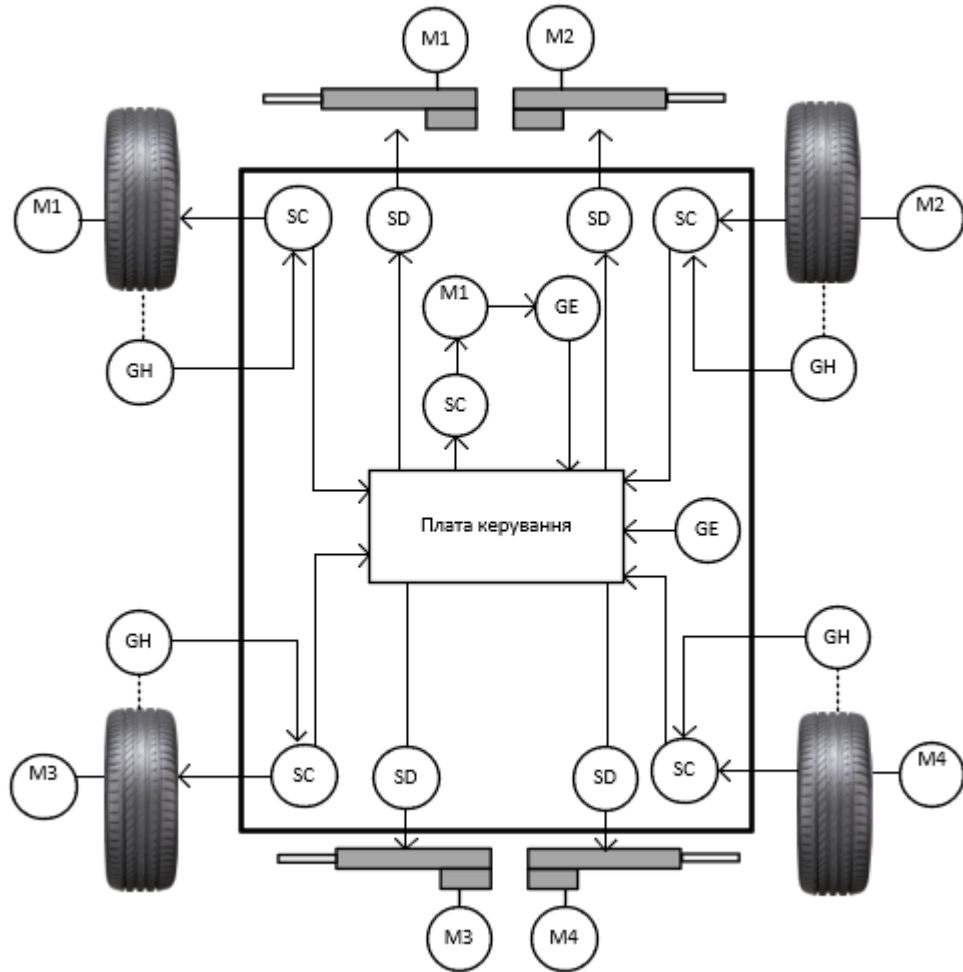


Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.01.ДП

Додаток В

Функціональна схема автоматизації



Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.01.ДП

Арк

49