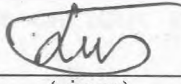


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

I. С. Білюк

«20» 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

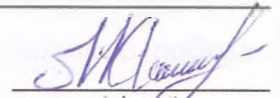
освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та електропривод
(назва освітньої програми)

на тему: Система керування колісного мобільного робота

Виконав: студент групи 6372м

Остап'юк Микола Дмитрович

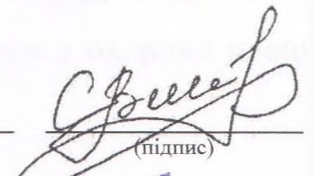
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

доц. каф. автоматики, к.е.н.,
Шевчук С. В.

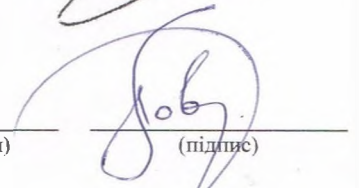
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент

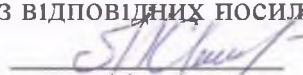
доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,
доц. Новогрецький С. М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

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

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2024 року

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 71 с., 4 р., 20 рис., 3 табл., 1 дод., 10 джерел.

Ключові слова: диференціальний привод, моделювання, мобільний робот, перехідна характеристика, система керування.

Об'єкт дослідження – перехідні процеси в системі керування колісного мобільного робота.

Мета роботи – синтез системи керування колісного мобільного робота.

Методи дослідження – моделювання перехідних процесів в системі керування колісного мобільного робота, імітаційне моделювання в MATLAB, обробка та аналіз отриманих результатів.

У першому розділі розглянуто класифікацію робототехнічних комплексів, види та сфери застосування мобільних роботів. Наведено опис мобільного робота PatrolBot. Розділ 2 містить вибір та обґрунтування методу наукового дослідження, алгоритм дослідження та метод розв'язання поставленого завдання. У розділі 3 побудовано функціональну та структурну схеми колісного мобільного робота з диференціальним приводом. Досліджено динаміку системи керування колісного мобільного робота в MATLAB. В розділі 4 розглянуті питання з охорони праці. Додаток містить слайди мультимедійної презентації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ. ОПИС ОБ'ЄКТА КЕРУ- ВАННЯ	5
1.1 Класифікація робототехнічних комплексів.....	5
1.2 Види та сфери застосування мобільних роботів.....	9
1.3 Колісні роботи	16
1.4 Опис мобільного робота PatrolBot	22
1.5 Висновки до розділу 1	27
2 ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Вибір та обґрунтування методу наукового дослідження.....	28
2.2 Розробка алгоритму дослідження.....	30
2.3 Вибір методів розв'язання поставленої задачі.....	32
2.4 Висновки до розділу 2	35
3 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
3.1 Замкнені системи керування електроприводів	36
3.2 Побудова функціональної та структурної схем системи керування мобі- льного робота.....	42
3.3 Розрахунок параметрів елементів схеми моделювання	47
3.4 Аналіз перехідних процесів	50
3.5 Висновки до розділу 3	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	53
4.2 Розрахунок загального освітлення	60
4.3 Заходи з техніки безпеки.....	67
4.4 Висновки до розділу 4	68
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70
ДОДАТОК А Мультимедійна презентація	72

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі використання мобільних роботів стало звичним явищем у різних сферах життя. Спектр їх застосування неймовірно широкий. Збільшення кількості вирішуваних мобільними роботами завдань передбачає ускладнення умов їх експлуатації. Це, в свою чергу, призводить до ускладнення системи керування, тому в теперішній час одним з основних напрямків розширення функціональних можливостей мобільних роботів є вдосконалення їх систем керування.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є синтез системи керування колісного мобільного робота. Щоб досягти поставленої мети, слід вирішити наступні завдання:

- 1) розглянути класифікацію робототехнічних комплексів, види та сфери застосування мобільних роботів. Скласти опис мобільного робота PatrolBot;
- 2) побудувати функціональну схему та скласти математичний опис системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Виконати розрахунок параметрів елементів структурної схеми системи керування;
- 3) провести моделювання системи керування колісного мобільного робота в MATLAB та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Об'єкт дослідження. Перехідні процеси в системі керування колісного мобільного робота.

Предмет дослідження. Структура та параметри регуляторів системи керування колісного мобільного робота, які впливають на якість керування.

Методи дослідження. Моделювання перехідних процесів в системі керування колісного мобільного робота, імітаційне моделювання в MATLAB, обробка та аналіз отриманих результатів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ. ОПИС ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Класифікація робототехнічних комплексів [1]

Роботи – автоматичні системи, призначені для відтворення рухових та інтелектуальних функцій людини. Від традиційних автоматів вони відрізняються більшою універсальністю і здатністю адаптації до виконання різних завдань, у тому числі в обстановці, що змінюється.

1.1.1 Робототехнічні комплекси (РТК) поділяються на такі типи: мобільні, маніпуляційні та інформаційні.

Мобільні РТК складаються з пересувних роботів і забезпечують автоматичні переміщення корисного навантаження робочих об'єктів у просторі.

Маніпуляційні РТК призначені для імітації рухових функцій руки людини. Можуть використовуватися як навісне обладнання для мобільних РТК.

Інформаційні РТК – це комплекси вимірювально-інформаційних систем і керуючих засобів, що автоматично проводять збір, передачу та обробку інформації.

1.1.2 За галуззю застосування розрізняють такі види роботів: промислові, військові та спеціального призначення.

Промислові роботи – це універсальні, автономні та автоматичні пристрої з пам'яттю та програмним керуванням, призначені для відтворення рухових та деяких розумових функцій людини при виконанні основних та допоміжних виробничих операцій.

Роботи військового призначення служать як для застосування безпосередньо у військових операціях, так і для ведення розвідки, участі в операціях, що забезпечують, виконують завдання розмінування, стеження за кордоном і т.д.

Роботи спеціального призначення функціонують за умов, небезпечних для життєдіяльності людини. До них відносяться планетотоходи – роботи для дослідження інших планет, роботи для пожежогасіння, роботи, що функціонують на атомних електростанціях, роботи для боротьби з терористами і т.д.

1.1.3 За середовищем функціонування роботи діляться на наземні, підземні, підводні, надводні, повітряні та космічні.

1.1.4 За рівнем складності робота та його будови виділяють три покоління роботів:

I покоління – роботи, що мають тільки пам'ять, а також навчальну та адаптивні системи;

II покоління – роботи з частково самоорганізується системою управління, навчання та адаптації;

III покоління – роботи з самоорганізованою системою управління та органами почуттів.

У машинобудуванні переважно застосовуються роботи I покоління і частково II покоління. Роботи II та III поколінь використовуються для наукових досліджень та для роботи в умовах, недоступних та шкідливих для людини.

1.1.5 За характером виконання технологічних операцій роботи поділяються на три групи: технологічні, допоміжні та універсальні.

Технологічні (виробничі) роботи, які виконують основні технологічні операції. Вони безпосередньо беруть участь у техпроцесі як устаткування (гнуття, зварювання, забарвлення, складання і т.д.).

Допоміжні (підйомно-транспортні) роботи, що здійснюють функції перенесення об'єкта у вертикальній та горизонтальній площинах. Вони застосовуються обслуговування основного технологічного устаткування.

Універсальні роботи, які виконують різноманітні технологічні операції: основні та допоміжні.

1.1.6 За ступенем спеціалізації розрізняють:

- спеціальні роботи, які використовуються лише для виконання однієї технологічної операції або обслуговування конкретного технологічного обладнання;
- спеціалізовані промислові роботи, призначені для проведення технологічних операцій одного виду (зварювання, фарбування, складання, згинання, штабелювання тощо);

— багатоцільові роботи, що застосовуються для виконання різних основних та допоміжних операцій. Вони належать до універсальних.

1.1.7 За типами виробництва роботи поділяються на серійні та масові. Ці роботи застосовуються:

- у заготівельних цехах (ливарних, ковальсько-пресових тощо);
- в основних цехах (механічних, складальних, термічних, гальванічних та ін.);
- у допоміжних цехах (інструментальних, ремонтних та ін.).

1.1.8 За технологічними операціями розрізняються роботи, які здійснюють:

- основні операції (складання, зварювання, фарбування, штабелювання та ін.);
- допоміжні операції з усіх видів обробки;
- операції контролю;
- усі види робіт на складах.

Крім того, роботи використовуються як внутрішньоцеховий та між-цеховий транспорт.

1.1.9 По вантажопідйомності роботи поділяються на такі категорії:

- надлегкі — до 1 кг;
- легкі — до 10 кг;
- середні — до 200 кг;
- важкі — до 1000 кг;
- надважкі — понад 1000 кг.

1.1.10 За рівнем мобільності розрізняють стаціонарні чи рухливі роботи.

1.1.11 За конструктивним виконанням роботи діляться на вбудовані, підлогові, підвісні.

1.1.12 Існують такі типи силового привода робота: гідравлічний, пневматичний, електричний та комбінований.

Схеми розташування приводів: у єдиному блоці, на допоміжних органах чи комбінована.

1.1.13 За характером обробки програми бортових ЕОМ роботів: жорстко програмовані, адаптивні та гнучко програмовані.

1.1.14 За швидкістю роботи поділяються на наступні категорії:

- мала швидкість – до 0,5 м/с;
- середня – лінійні швидкості від 0,5 до 1 м/с (приблизно 80% роботів);
- висока – понад 1 м/с (приблизно 20 % роботів).

1.1.15 За точністю руху розрізняють роботи, які мають:

- малу точність – при лінійній похибці 1 мм та вище;
- середню точність – від 0,1 до 1 мм (найбільше роботів);
- високу точність – менше 0,1 мм.

До параметрів, що визначають технічний рівень роботів, відносяться:

- надійність;
- кількість одночасно працюючих ступенів рухливості;
- час програмування;
- питома вантажопідйомність;
- вихідна потужність маніпулятора (твір вантажопідйомності та швидкості переміщення), віднесена до потужності його приводів;
- відносні оцінки габаритних параметрів тощо.

Ці параметри є критеріями якості функціонування робота при проектуванні та для порівняльної оцінки роботів.

1.1.16 За способом керування розрізняють роботи:

- з програмним керуванням;
- з адаптивним керуванням;
- з інтелектуальним керуванням.

1.2 Види та сфери застосування мобільних роботів

1.2.1 Загальна характеристика мобільних роботів [2]

Мобільні роботи широко використовують в різних областях та мають специфіку в залежності від умов використання. Можна виділити найбільш відомі приклади:

- сухопутні роботи для бездоріжжя військового та спеціального призначення;
- автоматизовані транспортні системи для певного середовища пересування (в заводських цехах, на складах);
- гнучкі транспортні системи для недетермінованого середовища пересування (всередині приміщень та автодорогах);
- підводні роботи різного призначення;
- безпілотні літальні апарати (БПЛА);
- космічні роботи (для вільного руху в космосі та по поверхні небесних тіл);
- антропоморфні роботи (роботи, які замінюють людину на її робочому місці та взаємодіють із нею у повсякденній обстановці).

Основні області застосування мобільної робототехніки: автоматизоване машинобудування, атомна промисловість, збройні сили, рятувальні служби, паливно-енергетичний комплекс, комунальні служби, медицина, наукові дослідження, логістика та ін.

З використанням мобільних роботів вирішуються наступні завдання: доставка людей та вантажів, обстеження та ремонт трубопроводів, розвідка на місцевості, патрулювання, обстеження довгих конструкцій, топографічна зйомка, підводні та підземні роботи, роботи в космічному просторі та на поверхні інших небесних тіл, розчищення завалів, рятувальні роботи в зруйнованих спорудах, виявлення та знешкодження вибухових пристроїв, гасіння пожеж, проведення хімічної та радіаційної розвідки та ін.

Мобільні роботи можуть бути повністю автономні та керовані дистанційно оператором (у різних режимах).

Пристрої пересування роботів відносять до їх виконавчих пристроїв (органів). В робототехніці на сьогодні застосовують практично всі відомі способи пересування, які використовують в транспорті та в інших областях техніки.

Виділяють наступні типи механічних конструкцій мобільного робота:

- колісний робот;
- крокуючий робот;
- двоногий робот (різновид крокуючого робота);
- гусеничний робот (рейковий робот).

Основною операцією, яка виконується мобільними роботами, є пересування в частково невідомому середовищі. Для її реалізації вирішується локомоційна задача у тривимірному просторі. Загальною особливістю мобільних роботів є використання чутливих датчиків для орієнтації та навігації.

Збільшення кількості вирішуваних мобільними роботами завдань передбачає ускладнення умов їх експлуатації. Це, в свою чергу, призводить до ускладнення системи керування, підвищення чутливості датчиків, збільшення продуктивності обчислювальних пристроїв.

Основними напрямками розширення функціональних можливостей мобільних роботів є:

- інтелектуалізація системи керування (застосування методів штучного інтелекту);
- вдосконалення існуючих та розробка нових типів рушіїв;
- групове застосування роботів;
- вдосконалення людино-машинних інтерфейсів;
- вдосконалення навігаційного забезпечення роботів;
- підвищення автономності роботів.

Автономність являє собою здатність виконувати задачі за призначенням, на основі поточного стану та сприйняття зовнішнього середовища без втручання людини.

На практиці все частіше виникає вимога автоматичного повернення дистанційно-керованого робота з небезпечної зони у випадку втрати зв'язку із людиною-оператором.

Також є цілий ряд задач, специфіка яких потребує тільки автономного функціонування мобільних роботів:

- неможливість реалізації каналу зв'язку з людиною-оператором;
- висока ймовірність втрати зв'язку з роботом при його знаходженні у недоступній зоні;
- завдання, що виконується, не передбачає ручного керування людиною-оператором (прибирання в приміщенні, кур'єрська доставка);
- складність конструкції робота не дозволяє людині-оператору повністю контролювати весь функціонал робота;
- тривалі затримки під час обміну інформацією за великої дальності зв'язку.

Актуальною проблемою є функціонування чутливих датчиків в умовах сильних завад, які ускладнюють виділення корисного сигналу. В такому випадку потрібна ефективна фільтрація завад та відповідна реалізація системи керування, яка забезпечує працездатність.

1.2.2 Види мобільних роботів [3]

Залежно від можливості взаємодії із зовнішнім середовищем, мобільні роботи класифікують за кількома напрямками. Розглянемо основні категорії пристроїв.

1.2.2.1 За середовищем, в якому працюють роботи, їх ділять на три типи: наземні, повітряні та морські.

Наземні – сюди відносять колісні, гусеничні та крокуючі машини. Першу категорію представляють місяцеходи, марсоходи, транспортні роботи, роботи-пилососи та автомобілі з безпілотним керуванням.

Повітряні – в цю категорію входять вертольоти і компактніші дрони-безпілотики.

Морські – бувають підводного та надводного призначення. До перших відносять батискафи, до других – радіокеровані або автономні катери.

За кінематикою роботів поділяють на:

- колісні (з різною кількістю коліс) та гусеничні, що відрізняються високою прохідністю;
- крокуючі та стрибаючі, що відрізняються числом кінцівок;
- літаючі;
- плаваючі;
- лазаючі;
- зооморфні;
- спеціалізовані – на повітряній або електромагнітній подушці, з приводами на вакуумних присосках або липучках, інші, що не входять до перших 6 видів.

1.2.2.2 Роботи відрізняються і за способом орієнтації у навколишньому середовищі. Відрізняють такі навігаційні схеми:

- глобальні – такі роботи пересуваються заданим маршрутом за допомогою оператора, що визначає координати пристрою в просторі;
- локальні – у таких пристроях відлік координат починається від точки старту;
- персональні – орієнтація робота у просторі здійснюється з допомогою аналізу пристроєм свого становища щодо інших об'єктів.

Навігаційні системи поділяються на активні та пасивні. У першому випадку точка знаходження визначається роботом, у другому місце розташування визначається шляхом подачі сигналу від зовнішніх датчиків і камер.

1.2.2.3 За автономністю виділяють три типи пристроїв:

- роботи першого покоління – здійснюють переміщення за заздалегідь заданою програмою та виконують чітку послідовність дій;
- роботи другого покоління – механізми, яким також спочатку задається програма людиною, але вони можуть «приймати рішення» і на основі інформації від датчиків зовнішнього або внутрішнього середовища, які можуть стежити,

наприклад, за освітленістю, або визначати перешкоди, або знімати та видавати значення, визначальні положення робота у просторі, його швидкість;

- автономні пристрої, або роботи 3-го покоління – інтелектуальні роботи, створені для вирішення завдань щодо переміщення на складних ділянках, таких як важкопрохідна або перетнута місцевість.

1.2.2.4 Залежно від способу керування роботів класифікують на такі типи:

- автоматичні: адаптивне, програмне чи інтелектуальне керування;
- дистанційно керовані: копіюючі, командні, інтерактивні, супервізорні, діалогові;
- ручні: шарнірно-балансирні, екзоскелетні.

1.2.3 Сфери застосування мобільних роботів

Сфери застосування роботів також досить великі. Зараз можна зустріти роботів, які допомагають у медицині, а також роботів, які приносять напої у ресторані клієнтам. Є роботи, які розпізнають мову людини і можуть їй відповісти, а є роботи, які можуть підігріти вам ванну до вашого приходу. Техніка стає не просто автоматичною, але також і «розумною», багато простих для нас пристроїв також стають роботизованими. Ця технологія вбудовування роботизованих пристроїв у простий чайник або праска будинку називається *embedded*. Всі ці «розумні будинки», а також сигналізації з безліччю датчиків, які зможуть розповісти про стан вашого будинку в деталях є результатом розвитку *embedded*, як галузі сучасних технологій. Цей процес тільки почався і вже набрав великі оберти, скоро вам не треба буде стежити за тим, вимкнули ви праску або закрили холодильник чи ні. Пристрої, побудовані на технології *embedded*, зможуть відстежити це за вас. Крім побутового застосування, також *embedded* використовується в промисловості, де просто верстат управляється роботизованою платформою, яка отримує дані про якість роботи верстата і намагається їх покращити за допомогою зміни параметрів. Це неможливо для людини, але роботи зможуть зробити якість продукції набагато вищою і точнішою, ніж це є зараз [4].

1.2.3.1 Мобільні роботи, які призначені для виконання тільки транспортних операцій з перевезення вантажів, – робокари – часто не мають маніпуляторів, а

забезпечені спрощеними одно- та двоступеневими вантажно-розвантажувальними пристроями. Останні операції можуть виконуватися стаціонарними маніпуляторами, що знаходяться в місцях зупинки транспортних роботів.

Серед багатьох різноманітних типів мобільних роботів нині найбільший практичний інтерес викликають колісні наземні мобільні роботи.

За способом керування коліс, можна виділити такі три групи колісних роботів:

- автомобільна група (поворот здійснюється лише за рахунок передніх коліс);
- група з довільним незалежним керуванням поворотом кожного колеса ліворуч або праворуч (наприклад, крісло-каталка);
- група роботів, здатних переміщатися у різних напрямках.

Більшість застосовуваних на практиці колісних мобільних роботів належить до другої групи, тобто даний метод керування виявляється найважливішим. Що стосується роботів, колеса яких можуть повертатися в будь-який бік, то вони поки що знаходяться на стадії експериментальних досліджень та випробувань.

Найбільш простими і поширеними є роботи на колісній платформі або гусеничних платформах. Насправді немає більш ефективної схеми переміщення по плоских твердих поверхнях, ніж колеса.

Характерні особливості роботів цього класу полягають у малих масогабаритних характеристиках, можливості доставки до місця проведення операції будь-яким видом автотранспорту, можливості навантаження, вивантаження чи перенесення одним оператором без застосування допоміжних пристроїв, колісний або комбінований рушій системи пересування [5].

1.2.3.2 Область використання сучасних мобільних роботів безмежна, найперспективніші галузі: внутрішньовиробнича логістика, військові цілі, дослідницьку роботи, побутова сфера, автомобільна галузь та медицина.

Внутрішньовиробнича логістика. Транспортні роботи-навантажувачі та тягачі виконують функцію навантаження, переміщення та доставки сировини,

матеріалів та готової продукції на промислових підприємствах. У медичній сфері механізмам поставлено завдання розвезення їжі, збирання білизни, допомога пацієнтам.

Військові цілі. Мобільні роботи здатні досягти важкодоступних місць, особливо під час виконання завдань, небезпечних для людей: розмінування, розвідка у зонах обстрілу, бойові операції.

Дослідницькі роботи. Мехатроніки дістаються до точок, недоступних для людини: беруть проби вулканічної магми, занурюються на дно глибоководних западин, піднімаються в розріджені шари повітря. Сюди належать і космічні кібернети.

Побутова сфера. Автомати-помічники виконують роботи, пов'язані з прибиранням будинку та доглядом за дворовою територією; роботизовані іграшки розважають та навчають дітей; промороботи працюють у сфері послуг та торгівлі.

Автомобільна галузь. Безпілотні транспортні засоби поступово впроваджуються у дорожню інфраструктуру.

Використання роботів у медицині. Роботи допомагають рятувати людські долі, а іноді і життя. Сучасні протези кінцівок безпосередньо пов'язані з робототехнікою. Нерухомі штучні руки залишилися в далекому минулому, нинішні протези вміють рухати пальчиками. Їх керування безпосередньо пов'язане з електричними імпульсами, що передаються тілом. Також роботи використовуються для проведення високотехнологічних медичних операцій.

Постійне вдосконалення та розробка більш досконалих мобільних роботів відкривають нові сфери їх застосування [6].

1.3 Колісні роботи [7]

Базовим механічним елементом колісних роботів є колесо. Існує три типи звичайних коліс, які показані на рисунку 1.1 разом з умовними позначеннями які будуть використовуватися для їх представлення:

- некероване колесо (fixed). Колесо може обертатися навколо осі, яке проходить через центр колеса і є ортогональною до площини колеса. Колесо жорстко прикріплено до шасі, орієнтація якого по відношенню до колеса є постійною;
- кероване колесо (steerable) має дві осі обертання. Перша вісь – та ж сама, що і у некерованого типу колеса, в той час як друга вертикальна вісь проходить через центр колеса. Це дозволяє колесу змінювати свою орієнтацію по відношенню до шасі;
- самоорієнтоване колесо (caster) має дві осі обертання, але вертикальна вісь не проходить через центр колеса, а зміщена від нього на постійну відстань. Таке розташування призводить до того, що колесо автоматично повертається, швидко вирівнюється за напрямком руху шасі. Цей тип колеса використовують, щоб забезпечити опорну точку для статичної рівноваги, не впливаючи на рухливість основи. Наприклад, самоорієнтовані колеса зазвичай використовуються у візках для покупок, а також у стільцях.

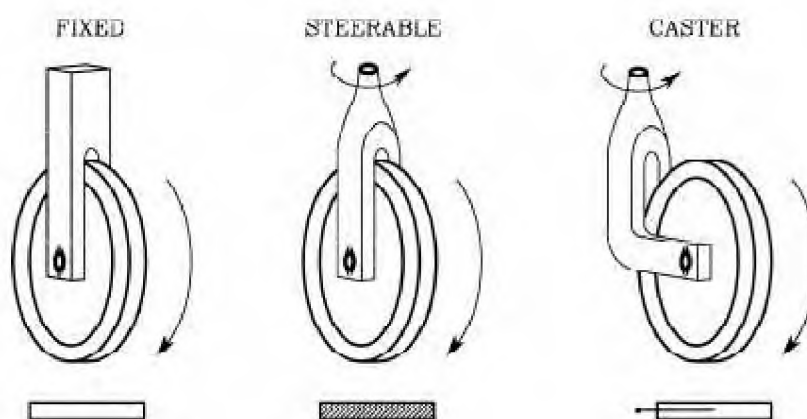


Рисунок 1.1 – Типи звичайних коліс із відповідними умовними позначеннями

Різноманіття кінематичних структур, які можна отримати шляхом комбінування трьох звичайних коліс, широкі. Найбільш актуальні коротко розглядаються нижче.

1.3.1 У робота із диференціальним приводом є два некеровані колеса із загальною віссю обертання, а також одне або кілька самоорієнтованих, як правило, меншого розміру, функція яких полягає в утриманні статичної рівноваги робота (рис. 1.2). Два некерованих колеса керуються окремо, в тому сенсі, що різні значення кутової швидкості можуть бути довільно введені, коли самоорієнтоване колесо залишається пасивним. Такий робот може обертатися на місці (тобто без переміщення середньої точки між колесами), за умови що кутові швидкості двох коліс рівні і протилежні.

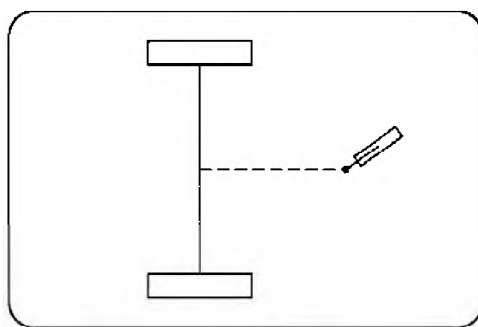


Рисунок 1.2 – Колісний робот із диференціальним приводом

1.3.2 Колісний робот з аналогічною рухливістю отримують за допомогою кінематики синхронного привода (рисунок 1.3). Цей робот має три керованих колеса, які синхронно приводяться до руху тільки двома двигунами через механічну муфту, наприклад, ланцюг або трансмісійний ремінь. Перший двигун керує обертанням колеса навколо горизонтальної осі, забезпечуючи таким чином рушійну силу (тягу) транспортному засобу. Другий мотор керує обертанням коліс навколо вертикальної осі, що впливає на їх орієнтацію. Зауважимо, що напрямок ходової частини не змінюється під час руху. Найчастіше використовується третій мотор у цьому типі роботів, який обертате верхню частину шасі (башта) по відношенню до нижньої частини. Це може бути корисно для довільної орієнтації датчика напрямку

(наприклад, камера) або в будь-якому випадку для відновлення орієнтації в разі помилки.

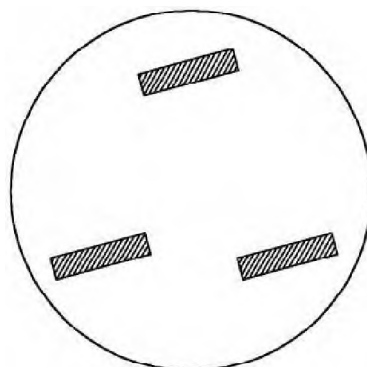


Рисунок 1.3 – Колісний робот із синхронним приводом

1.3.3 У триколісному роботі (рис. 1.4) є два некеровані колеса, встановлені на задній міст і кероване колесо спереду. Нерухомі колеса приводяться до руху від одного двигуна, який контролює їх тягу, в той час як кероване колесо приводиться до руху іншим двигуном, який змінює орієнтацію, виконуючи роль рульового пристрою. Крім того, два задніх колеса можуть бути пасивними, а переднє – забезпечувати зчеплення з дорогою, а також рульове керування.

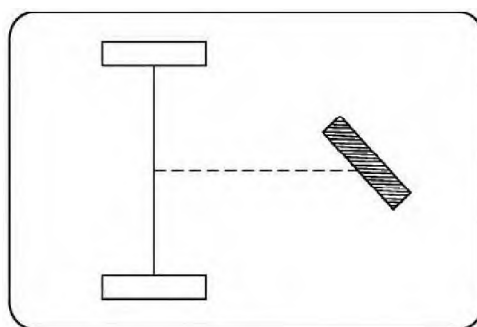


Рисунок 1.4 – Триколісний мобільний робот

1.3.4 Робот, який схожий на автомобіль, має два некерованих колеса, які встановлені на задній осі, і два керовані колеса, встановлені на передній осі, як показано на рисунку 1.5. Як і у попередньому випадку один мотор забезпечує (передню або задню) тягу, а інший змінює орієнтацію передніх коліс по відношенню до транспортного засобу. Варто зазначити, щоб уникнути пробуксування, дві передні колеса

повинні мати різну орієнтацію при русі транспортного засобу по повороту; зокрема, внутрішнє колесо трохи більш кероване по відношенню до зовнішнього. Це гарантується використанням специфічного пристрою під назвою рульове керування.

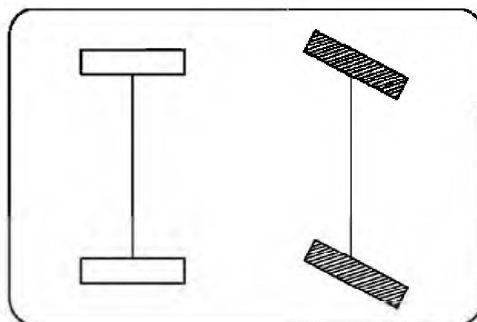


Рисунок 1.5 – Мобільний робот, схожий на автомобіль

1.3.5 Нарешті, розглянемо робота на рисунку 1.6, який має три самоорієнтовані колеса, які зазвичай розташовуються симетрично. Тягові швидкості трьох коліс мають незалежний привод. На відміну від попередніх випадків, цей робот є всеспрямованим: фактично він може миттєво рухатися в будь-якому декартовому напрямку, а також переорієнтуватися на місці.

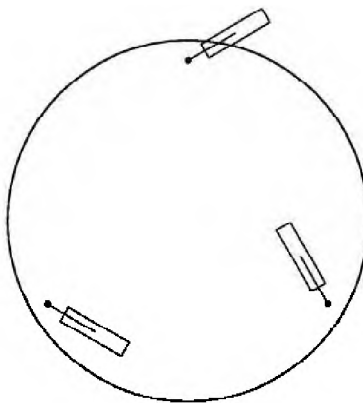


Рисунок 1.6 – Всеспрямований колісний робот
з трьома самоорієнтованими колесами

Крім перерахованих вище звичайних коліс, існують і інші спеціальні типи коліс, серед яких особливо виділяється колесо Mecanum (або шведське), що

показано на рисунку 1.7. Воно являє собою некероване колесо з пасивними роликами, які розташовані уздовж зовнішнього обода; вісь обертання кожного ролика зазвичай нахилена під кутом 45° по відношенню до площини колеса. Робот, який оснащений чотирма такими колесами, що встановлюються попарно на двох паралельних осях, також всеспрямований.

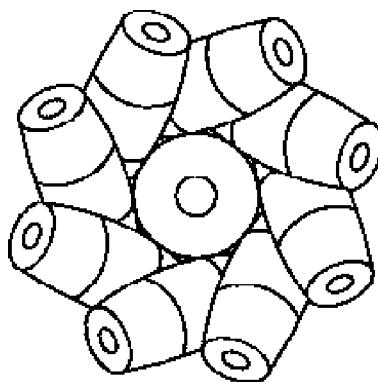


Рисунок 1.7 – Mecanum (або шведське) колесо

Механічний баланс конструкції колісного робота не є проблемою в цілому. Зокрема, триколісний робот – це статично врівноважена конструкція до тих пір, поки її центр мас потрапляє всередину опорного трикутника, який визначається точками контакту коліс із землею. Роботи з більш ніж трьома колесами мають опорний багатокутник, і при цьому зазвичай простіше гарантувати вищевказаний стан рівноваги. Слід, зазначити, що при русі робота по нерівній місцевості потрібна система підвіски для підтримки контакту між кожним колесом і землею.

На відміну від випадку з маніпуляторами, робочий простір мобільного робота (визначено як частина навколишнього середовища, до якої робот може отримати доступ) потенційно необмежена. Тим не менш, локальна мобільність невсеспрямованого мобільного робота завжди менше; наприклад, триколісний робот на рисунку 1.4 не може миттєво рухатися в напрямку, який паралельний осі задніх колес. Незважаючи на цей факт, триколісним роботом можна маневрувати так, щоб отримати переміщення в цьому напрямку. Іншими словами, багато мобільних роботів піддаються обмеженням допустимих миттєвих рухів, фактично не перешкоджаючи можливості досягнення будь-якого положення і орієнтування в робочому просторі.

Звідси також впливає, що кількість ступенів свободи робота (мається на увазі число допустимих миттєвих рухів) менше ніж кількість змінних його конфігурації.

1.3.6 Очевидно, що можливе злиття механічної структури маніпулятора з пересувним транспортним засобом шляхом встановлення першого на другого. Такий робот називається мобільним маніпулятором і поєднує в собі спритність шарнірної руки з необмеженою рухливістю основи. Приклад такої механічної конструкції показано на рисунку 1.8. Однак дизайн мобільного маніпулятора пов'язаний з додатковими труднощами, наприклад, зі статичною і динамічною механічною рівновагою робота, а також з приводом двох систем.

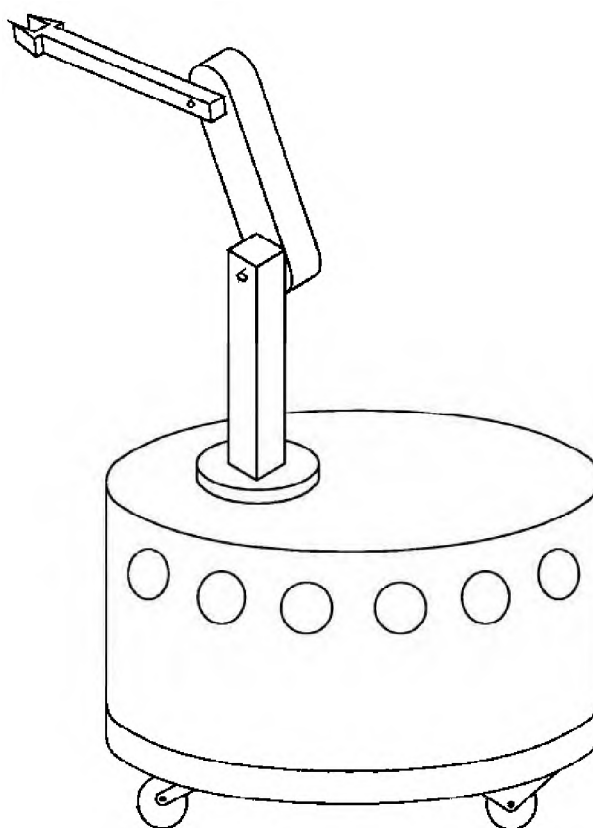


Рисунок 1.8 – Мобільний маніпулятор

1.4 Опис мобільного робота [8]

У кваліфікаційній роботі розглянуто мобільний робот типу PatrolBot, який представлений на рисунку 1.9.

Роботи PatrolBot спрощують дистанційне спостереження та підвищують безпеку. Ці роботи не лише відображають своє місцезнаходження та орієнтацію, а й місцезнаходження будь-яких людей чи інших об'єктів.

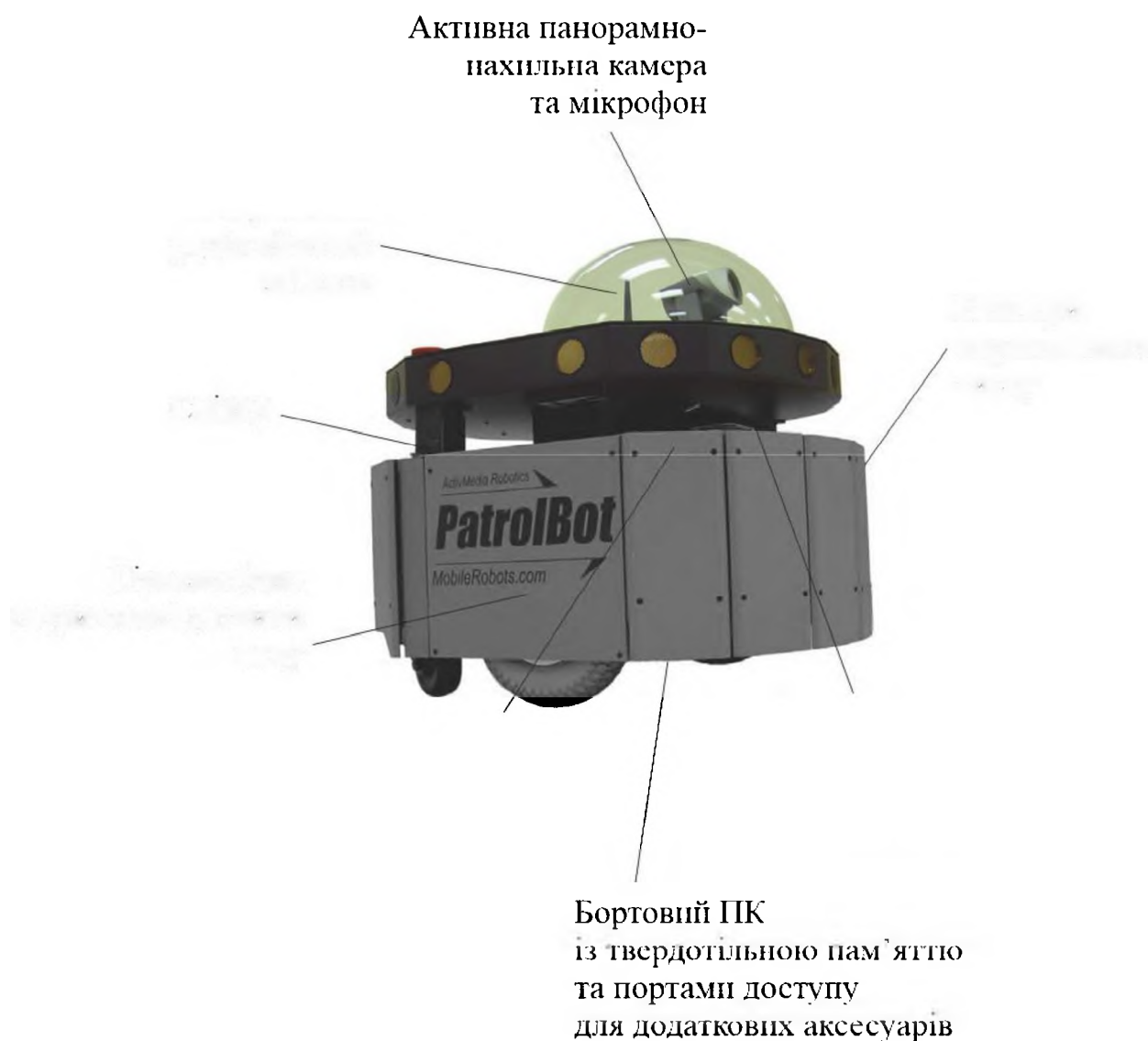


Рисунок 1.9 – Загальний вигляд PatrolBot

1.4.1 Autonomous Research PatrolBot – це колісний робот із диференціальним приводом призначений для дослідницьких проектів, які потребують надійного безперервного робочого циклу із корисним навантаженням середньої ваги. PatrolBot був розроблений для перенесення ефекторів і датчиків на всіх звичайних внутрішніх поверхнях у приміщеннях, доступних для інвалідних візків.

З увімкненим програмним забезпеченням лазерного наведення та навігації, бортовим комп'ютером, і док-станцією, Autonomous Research PatrolBot здатний до безперервного циклу виконання завдань/зарядки. PatrolBot може наносити на карту будівлі та безперервно локалізувати їх у межах кількох сантиметрів під час подорожей у нанесених на карту областях.

З відповідними аксесуарами робот може говорити, грати та чути аудіо, передавати зображення встановленої камери та їздити без нагляду.

1.4.2 Особливості та переваги робота

Надійність – під час випробувань Autonomous Research PatrolBot пройшов понад 500 км автономної навігації і автоматичної підзарядки без стороннього втручання. Конструкція дуже міцна. PatrolBot легко перетинає кабель живлення, щілини в ліфтах і переходи на пандусах, які можуть перешкоджати іншим роботизованим платформам.

Pioneer Software Development Kit – усі платформи Adept MobileRobots включають Pioneer SDK, повний комплект робототехнічних програм і бібліотек, які прискорюють розробку робототехнічних проектів.

Можливість налаштування – легко доповнюйте аксесуари, вибираючи з десятків підтримуваних і перевірених аксесуарів, які можна інтегрувати з роботизованою платформою. Додаткова допомога доступна для майбутніх оновлень або додаткових аксесуарів.

1.4.3 Доступні варіанти

1.4.3.1 Autonomus Research PatrolBot – містить бортовий комп'ютер, лазерну навігаційну систему, зарядну станцію, гіроскопічну корекцію, динаміки та пакет синтезу мови, вимикач аварійної зупинки та джойстик.

1.4.3.2 Research 3D Mapping PatrolBot – включає бортовий комп’ютер, лазерну навігаційну систему, зарядну станцію, пакет динаміків і синтез мови, додатковий вертикально встановлений лазер, кольорова стереокамера, вимикач аварійної зупинки та джойстик

1.4.3.1 PatrolBot Base – лише шасі, трансмісія та мікроконтролер; включає задній SONAR, сегментований бампер, вимикач аварійної зупинки та зарядний пристрій.

1.4.4 Основне програмне забезпечення входить до складу всіх варіантів Research PatrolBot.

1.4.4.1 ARIA надає структуру для керування та отримання даних з усіх платформ MobileRobots, а також з більшості аксесуарів. Включає структури з відкритим кодом та утиліти, корисні для написання програмного забезпечення для керування роботами, підтримку для мережевих сокетів і розширювану структуру для мережевого програмування клієнт-сервер.

1.4.4.2 Симулятор MobileSim з відкритим кодом, який включає всі платформи MobileRobots і багато аксесуарів. Клієнт графічного інтерфейсу користувача.

1.4.4.3 MobileEyes для дистанційного керування та моніторингу роботи.

1.4.4.4 Mapper 3 – базовий інструмент для створення та редагування файлів карт для використання з ARIA, MobileSim і навігаційним програмним забезпеченням.

1.4.4.5 SONARNL забезпечує приблизну локалізацію та навігацію на основі сонара.

1.4.4.6 ARNL забезпечує надійну автономну локалізацію та навігацію на основі лазера.

1.4.4.7 Підтримка роботизованих рук. Бібліотека розпізнавання та синтезу мовлення: проста у використанні бібліотека розробки C++ для розпізнавання мовлення заснований на системі Sphinx2 з відкритим кодом. Синтез мовлення (перетворення тексту в мовлення) на основі синтезатора Cepstral.

1.4.4.8 Система відстеження кольорів ACTS: програма, яка зчитує зображення з камери та відстежує положення і розміри кількох кольорових областей. Інформацію можна включити у власному програмному забезпеченні через ARIA.

Технічні характеристики робота наведено нижче в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики робота Autonomous Research PatrolBot

Найменування	Значення
Конструкція	
Корпус	2,3 мм алюміній (порошкове покриття)
ІР-клас	42
Колеса	поролонова гума
Експлуатація	
Вага робота, кг	45
Робоче навантаження, кг:	
– рівна поверхня (тільки нерегулярна експлуатація)	40
– кут нахилу до 12%	25
– кут нахилу до 20%	10
Диференціальний привод	
Радіус повороту, см	0
Радіус повороту платформи, см	29
Максимальна швидкість вперед/назад, м/с	1,8
Швидкість обертання, град/с	300
Макс. перехідний крок, мм	15
Макс. висота будь-якої перешкоди, мм	15
Прохідна місцевість	закрита, доступна для інвалідних візків

Продовження табл. 1.1

Найменування	Значення
Джерело живлення	
Час роботи (з лазером і комп'ютером), год	1-3
Час зарядки, год	3,2
Доступні блоки живлення	5 В @ 2 А, 12 В @ 2 А, 24 В @ 4 А, 20-30 @ 7,5 А
Елементи живлення	
Номінальна напруга, В	24
Номінальна ємність, А·год	20
Тип акумуляторних батарей	свинцево-кислотний
Доступні варіанти зарядки	пряме підключення; док-станція
Інші характеристики	
Панель введення/виведення	8 цифр. входів, 8 цифр. виходів, 8 входів AUX, 6 аналогових входів, Ethernet, 2 послідовних каналів, VGA, USB, миша та клавіатура PS/2, плагін джойстика
РК-дисплей стану робота	напруга батареї, калібрування, стан живлення AUX, ПК, потужність лазера, стан мікроконтролера, статус двигуна

1.5 Висновки до розділу 1

1.5.1 Наведено класифікацію робототехнічних комплексів за галуззю застосування, за середовищем функціонування, за рівнем складності робота та його будови, за характером виконання технологічних операцій, за рівнем мобільності та ін.

1.5.2 Розглянуто особливості, види та сфери застосування мобільних роботів. Виявлено, що мобільні роботи широко використовують в різних областях та мають специфіку в залежності від умов використання. Одним з основних напрямків розширення функціональних можливостей мобільних роботів є вдосконалення їх систем керування.

За способом керування коліс виділяють декілька груп. Більшість застосовуваних на практиці колісних мобільних роботів належить до групи з довільним незалежним керуванням поворотом кожного колеса ліворуч або праворуч – роботи з диференціальним приводом, тобто даний метод керування виявляється найважливішим.

1.5.3 Проаналізовано основні типи колісних роботів. Встановлено, що різноманіття кінематичних структур, які можна отримати шляхом комбінування трьох типів звичайних коліс, широкі. У робота із диференціальним приводом, який розглянуто в даній роботі, є два некеровані колеса із загальною віссю обертання, які керуються окремо, а також два самоорієнтованих колеса.

1.5.4 В роботі розглянуто мобільного колісного робота PatrolBot. Проаналізовано особливості та переваги робота, наведено його характеристики. Виявлено, що PatrolBot – це колісний робот із диференціальним приводом призначений для дослідницьких проектів. В базовій комплектації робот містить бортовий комп'ютер, лазерну навігаційну систему, зарядну станцію, гіроскопічну корекцію, динаміки та пакет синтезу мови, вимикач аварійної зупинки та джойстик.

2 ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Вибір та обґрунтування методу наукового дослідження

Метод (греч. *methodos* – шлях, спосіб дослідження, викладу) – система правил і прийомів підходу до вивчення явищ і закономірностей природи, суспільства, мислення; планомірний шлях, спосіб досягнення певних результатів у науковому пізнанні й практичній діяльності; взагалі прийом, спосіб або спосіб дії.

Знання методів має величезне практичне й евристичне значення, тому що воно орієнтує дослідника, допомагає йому вибрати істотне й вичленувати другорядне, намітити шлях сходження від відомого до невідомого, від простого до складного, від одиничного до приватного й загальному, від вихідних посилок до висновків.

Методика дослідження – це система правил використання методів, прийомів та способів для проведення будь-якого дослідження. Свідоме застосування науково-обґрунтованих методів слід розглядати як найсуттєвішу умову отримання нових знань.

Кожний метод наукового пізнання слід розглядати як систему регулятивних принципів практичної і теоретичної діяльності людини. Методів пізнання об'єктивної дійсності відомо дуже багато. Правильний вибір методів дослідження потребує знання їх класифікації.

Досить поширеним є поділ основних типів методів за двома ознаками: мети і способу реалізації.

За першою ознакою виділяються так звані первинні методи, що використовуються з метою збору інформації, вивчення джерел, спостереження, опитування та ін. Вторинні методи використовуються з метою обробки та аналізу отриманих даних – кількісний та якісний аналіз даних, їх систематизація та ін.

Візуальні, або графічні, методи – графи, схеми, діаграми, картограми та ін. дають змогу отримати синтезоване уявлення про досліджуваний об'єкт і водночас

наочно показати його складові, їхню питому вагу, причинно-наслідкові зв'язки, інтенсивність розподілу компонентів у заданому об'ємі. Ці методи тісно пов'язані з комп'ютерними технологіями.

У прикладних аспектах гуманітарних наук доцільно використовувати математичні методи. Математичний апарат теорії ймовірностей дає можливість вивчати масові явища в соціології, лінгвістиці. Математичні методи відіграють важливу роль при обробці статистичних даних, моделюванні.

Сучасна методологія вкладає новий зміст у традиційне уявлення про теоретичні (математичні) та емпіричні (експериментальні) методи дослідження в природних і технічних науках.

Складовою частиною наукових досліджень є експеримент.

Експеримент представляє собою науково поставлений дослід або спостереження явища або процесу в точно враховуваних умовах, що дозволяють стежити за ходом експерименту, керувати ним, відтворювати його щоразу при повторенні цих умов.

Серед відомих методів дослідження складних електромеханічних систем можна виділити фізичне, імітаційне, аналогове та математичне моделювання.

Метод фізичного моделювання передбачає дослідження на моделі, яка відтворює основні геометричні, фізичні, динамічні та функціональні характеристики та властивості оригіналу (але не обов'язково всі властивості) та має великі можливості з визначення різноманітних якостей електромеханічних систем ті їх елементів.

Метод математичного моделювання ґрунтується на здатності математично описувати рівняннями різні за природою явища (процеси) та виявляти різні функціональні зв'язки між елементами системи.

Аналогове моделювання базується на однаковому для моделі та природи математичному описі та використовується для імітації на основі аналогової фізичної системи по її елементам. При цьому кожному з фізичних елементів природи в моделі відповідає певний еквівалент. У якості моделей використовуються електричні кола, складені з пасивних та активних елементів.

При математичному моделюванні застосовуються аналітичні та статистичні моделі. Аналітичні моделі більш грубі, враховують менше число факторів, завжди потребують деяких припущень та спрощень. Проте вони більше пристосовані для пошуку оптимальних рішень.

Комп'ютерна модель (або чисельна) – комп'ютерна програма, яка реалізує абстрактну модель деякої системи. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт, що моделюється або для приблизної оцінки поведінки математичних систем, які досить складні для аналітичного дослідження. Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі простіші та їх зручніше досліджувати в силу можливості проводити обчислювальні експерименти в тих випадках, коли реальні експерименти немає можливості проводити через фінансові труднощі або фізичні перешкоди. Для підтримки математичного моделювання розроблені системи комп'ютерної математики, наприклад, Maple, Mathematica, Mathcad, MATLAB, Scilab, VisSim та інші. В даній роботі використовується програма Simulink пакету MATLAB.

2.2 Розробка алгоритму дослідження

Методологія – це система базисних принципів, методів, методик, способів і засобів їх реалізації в організації та побудові науково-практичної діяльності. Вона включає в себе методи теоретичного та емпіричного пізнання і являє собою алгоритм пошуку і досягнення мети.

Основне призначення методики дослідження полягає у тому, щоб на основі відповідних принципів (вимог, умов, обмежень тощо) забезпечити успішне вирішення визначених мети і завдань наукового дослідження.

Алгоритм дослідження представлено в табличній формі (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Алгоритм дослідження

Система керування колісного мобільного робота	
Складання індивідуального плану роботи	
Пошук літератури за темою дослідження, її аналіз, складання бібліографії	
Підготовка теоретичної частини	Дослідження складу та принципу роботи колісного мобільного робота. Аналіз призначення та технічних характеристик колісного мобільного робота.
	Аналіз складу та характеристики електрообладнання колісного мобільного робота.
	Побудова функціональної і структурної схем системи керування колісного мобільного робота.
	Складання математичного опису об'єкта керування та елементів системи керування.
Опис процесу дослідження	Моделювання системи керування колісного мобільного робота в MATLAB.
	Перехідні процеси в системі керування колісного мобільного робота.
Узагальнення результатів моделювання	Аналіз і узагальнення результатів дослідження.
	Інтерпретація отриманих результатів дослідження.
	Формулювання висновків.
Узагальнення науково-теоретичних результатів.	
Розробка заходів з охорони праці.	

Алгоритм складено на підставі головних завдань дослідження і наочно відображає його послідовність: мотивацію; формулювання проблеми дослідження; пошук теоретичної основи розв'язання проблеми; розв'язання проблеми. Він розкриває процедуру дослідження і встановлює логічну послідовність виконання структурних розділів і підрозділів кваліфікаційної роботи.

2.3 Вибір методів розв'язання поставленої задачі

Кваліфікаційна робота не передбачає проведення експериментальних досліджень, має теоретичний характер, тому основним методом для відображення отриманих результатів є моделювання.

Моделювання як метод наукового пізнання виникло в зв'язку з необхідністю вирішення завдань, які з тих чи інших причин не можуть бути вирішені безпосередньо. Вони виникають у випадках, коли об'єкт або недосяжний для дослідника, або він ще не існує і потрібно обрати оптимальний варіант його створення, або дослідження реального об'єкта вимагає багато часу та економічно невигідне тощо. Таким чином, модель виконує функцію проміжної ланки між дослідником та об'єктом пізнання. Метод моделювання передбачає, що об'єкт вивчається не безпосередньо, а шляхом дослідження іншого об'єкта, який є аналогом першого.

Модель (від лат. *modulus* – міра) – це певний умовний образ об'єкта дослідження, котрий замінює останній і перебуває з ним у такій відповідності, яка дозволяє отримати нове знання. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві з точки зору мети дослідження. Отже, моделювання пов'язане зі спрощенням, огрубінням прототипу, абстрагуванням від ряду його властивостей, ознак, сторін.

Характерною ознакою моделей можна вважати їх спрощеність стосовно оригіналу або реальної життєвої ситуації, яку моделюють. Спрощеність моделей є

неминучою, тому що оригінал лише в обмеженій кількості відношень відображується в моделі.

Отже, моделювання з точки зору наукового дослідження – це метод опосередкованого пізнання за допомогою штучних або природних систем, які зберігають певні особливості об'єкта і, таким чином, заміщуючи його, дають змогу отримати нове знання про оригінал.

У системному аналізі моделі є дуже важливим компонентом дослідження та проектування нових систем. Не менш важливий і прагматичний аспект моделювання, при якому модель розглядається як засіб керування системою.

Модель є цільовим відображенням об'єкта-оригіналу, що виявляється у множинності моделей одного й того ж об'єкта, тобто для різної мети або завдань дослідження можна будувати різні моделі, тому мета або завдання дослідження визначають, які саме ознаки системи мають бути відображені в моделі. Процес дослідження реальних систем, що охоплює побудову моделі, дослідження її властивостей і перенесення одержаних відомостей на реальну систему, називають моделюванням.

Основна функція моделі – це її використання як засобу пізнання. До конкретизованих (похідних від основної) функцій належать: засіб наукового осмислення дійсності, засіб спілкування, засіб навчання і тренування, інструмент прогнозування, засіб постановки та проведення експерименту.

Головними рівнями дослідження та моделювання систем є мікро- та макрорівень. Мікрорівневе моделювання системи пов'язане з детальним описом кожного компонента системи, дослідженням її структури, функцій, взаємозв'язків, тощо.

Макрорівневе моделювання полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні лише загальної поведінки системи як єдиного цілого.

Для детальнішого опису систем використовують моделі складу та моделі структури. Модель складу системи відображає, з яких елементів і підсистем складається система, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв'язків між ними.

Модель структури описує суттєві зв'язки між елементами та підсистемами. При використанні графічних моделей будову систем подають у вигляді так званих структурних схем. Структурні схеми наглядні та містять інформацію про велику кількість властивостей системи.

Залежно від форми подання об'єкта моделювання поділяють на реальне та абстрактне.

При реальному моделюванні використовують можливість дослідження характеристик на реальному об'єкті чи на його частині, а при натурному – проводять дослідження на реальному об'єкті з подальшим обробленням результатів експерименту на основі теорії подібності.

Метод фізичного моделювання передбачає дослідження на моделі, що відтворює основні геометричні, фізичні, динамічні і функціональні властивості “оригіналу” і володіє великими можливостями по визначенню різних якостей електромеханічних систем та їх елементів.

Абстрактне моделювання має різні види: наочне, символічне, математичне. Метод математичного моделювання заснований на здатності математично описувати рівняннями різноманітні за природою явища (процеси) і виявляти різні функціональні зв'язки між елементами системи.

При математичному моделюванні застосовують аналітичні та статистичні моделі. Аналітичні моделі більш грубі, враховують менше число чинників, завжди вимагають деяких припущень і спрощень, проте вони більш пристосовані для пошуку оптимальних рішень. Статистичні методи в порівнянні з математичними громіздкі і погано осяжні.

Дослідження математичної моделі дає змогу отримати характеристики реального об'єкта чи системи. Вигляд математичної моделі залежить як від природи системи, так і від завдань дослідження. Математична модель системи містить, як правило, опис множини можливих станів системи та закон переходу з одного стану в інший. Математичне моделювання охоплює імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне тощо.

На етапі вибору математичної моделі встановлюються: лінійність і не лінійність об'єкта, процесу або системи, динамічність або статичність, стаціонарність або не стаціонарність, а також ступінь детермінованості досліджуваного об'єкта чи процесу. При математичному моделюванні свідомо відволікаються від конкретної фізичної природи об'єктів, процесів або систем і, в основному, зосереджуються на вивченні кількісних залежностей між величинами, що описують ці процеси.

На базі складених диференціальних рівнянь проводиться математичне моделювання системи керування електропривода. За допомогою програми Simulink досліджуються перехідні характеристики системи при зміні задавальних параметрів.

Слід зазначити, що метод моделювання – вивчення явищ за допомогою моделей – сьогодні має особливе значення для вирішення складних фізичних завдань, чому значною мірою сприяє зростанню продуктивності обчислювальної техніки. Саме тому в представленій роботі як основа використано метод моделювання.

2.4 Висновки до розділу 2

2.4.1 Для дослідження системи керування електропривода в роботі обрано математичне моделювання, яке сьогодні є одним з ефективних методів вивчення складних систем.

2.4.2 На підставі головних завдань дослідження розроблено алгоритм дослідження, який наочно відображає його послідовність: мотивацію; формулювання проблеми дослідження; пошук теоретичної основи розв'язання проблеми; розв'язання проблеми.

2.4.3 Моделювання є основним методом для отримання результатів, оскільки робота має теоретичний характер. На базі складеної математичної моделі системи керування електропривода в програмі Simulink проводиться математичне моделювання та досліджуються перехідні процеси.

3 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Замкнені системи керування електроприводів

Сучасні замкнені системи керування електроприводами призначені так само, як і розімкнені системи керування, для здійснення автоматичного пуску, гальмування, реверсування машин і механізмів, регулювання їх швидкості, прискорення, струму, моменту тощо. Однак замкнені системи керування дозволяють сформувати ці режими керування таким чином, щоб точніше задовольнити вимоги технологічного процесу.

3.1.1 Переваги замкнених систем керування електроприводів [9]

Однією з ключових переваг замкнених систем керування є їхня здатність до самокорекції. Завдяки зворотному зв'язку система може автоматично коригувати свої параметри для підтримки заданих значень вихідних сигналів, що особливо важливо при зміні зовнішніх умов або параметрів навантаження.

Крім того, замкнені системи керування забезпечують більш високу точність та стабільність роботи електроприводів. Це досягається за рахунок постійного моніторингу та регулювання параметрів роботи, що дозволяє мінімізувати відхилення від заданих значень та підвищити якість керування.

Замкнені системи керування при взаємопов'язаному електроприводі дозволяють суттєво знизити коливальні процеси і динамічні зусилля в елементах конструкції машин. Все це призводить до підвищення продуктивності обладнання, поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу та підвищення безпеки.

Замкнені системи керування завдяки обмеженню заданими значеннями прискорень, зусиль, моментів, струмів, високої плавності роботи механізмів дозволяють суттєво підвищити надійність та довговічність виконавчих органів та електроприводів.

Замкнені системи також сприяють зниженню енергоспоживання за рахунок оптимізації режимів електроприводів. Це особливо важливо за умов сучасних вимог до енергоефективності.

3.1.2 Принцип роботи замкнутих систем керування [9]

При роботі електропривод відчуває вплив різних факторів: навантаження на валу, сигналів керування, напруги або частоти мережі живлення. Ці фактори є зовнішніми впливами і називаються вхідними сигналами, які відповідно діляться на збурювальні та керуючі.

Точки застосування вхідних сигналів називаються входами автоматичної системи, під якою розуміють об'єкт керування разом із системою керування.

Вхідні сигнали впливають на роботу об'єкта керування (електродвигуна), що характеризується такими величинами: кутова швидкість, прискорення, момент, струм та інші, які називають вихідними сигналами. Точки, у яких можуть бути визначені вихідні сигнали, називаються виходами автоматичної системи.

Керування електроприводом при розімкнених системах зазвичай здійснюється оператором, який за допомогою рукоятки апарата встановлює необхідне значення будь-якого вихідного сигналу. Подача останнього може бути здійснена автоматичним пристроєм.

Через зміни інших вхідних сигналів (навантаження на валу, напруги мережі) фактична кутова швидкість електродвигуна може відрізнятися від заданої.

У цьому випадку оператор порівнює фактичне значення вихідного сигналу із заданим. По різниці цих значень оператор визначає величину та напрямок переміщення рукоятки апарата керування, необхідні для отримання вихідного сигналу, відповідного заданому значенню.

Якщо потрібна висока точність підтримання сталості того чи іншого вихідного сигналу при швидкій та частій зміні вхідних сигналів, така система керування виявляється непридатною.

Це завдання вирішують автоматичні системи, що швидко реагують на зміну вихідного сигналу. Ці системи мають забезпечувати:

- отримання інформації про завдання керування та подачу на вхід системи необхідного задавального сигналу;
- отримання інформації про результати керування шляхом вимірювання дійсного значення вихідного сигналу;

- порівняння дійсного та заданого значень вихідних сигналів та визначення відповідного керуючого сигналу;
- зміна величини раніше заданого вхідного сигналу.

Отже, сигнал, що керує, є причиною зміни стану електродвигуна, що характеризується вихідним сигналом. У той самий час на керуючий сигнал впливають значення вихідного сигналу.

Такий взаємний зв'язок, що забезпечує залежність вхідного сигналу керуючого від вихідного сигналу системи автоматичного керування, називається зворотним зв'язком.

Зворотні зв'язки широко застосовують у різних системах автоматичного керування електроприводів. Тому ці системи називаються системами керування по замкненому циклу, або замкненими системами автоматичного керування.

Існують різні види зворотних зв'язків. Зворотні зв'язки, які діють згідно з основним керуючим сигналом, називаються позитивними зворотними зв'язками, які діють зустрічно – негативними. Зворотні зв'язки, що діють як в усталених режимах, так і при перехідних процесах, називаються жорсткими, а зворотні зв'язки, що діють тільки при перехідних процесах, – гнучкими.

У найпростіших системах керування аналіз інформації здійснюється шляхом порівняння необхідних і дійсних значень вихідних сигналів.

Джерелами інформації у системах автоматичного керування є датчики. Сигнали, які надходять від датчиків, є вхідними сигналами системи.

Виконавчі пристрої є джерелами енергії, перетворювальні пристрої (наприклад, частотні перетворювачі), що застосовуються для цілей керування. Вони здійснюють керуючий вплив на об'єкт керування з метою забезпечення руху відповідно до необхідного закону.

Крім розглянутих елементів у системах автоматичного керування з метою посилення та підсумовування сигналів використовують різні типи підсилювачів, зараз переважно електронні напівпровідникові.

Залежно від впливу основного збурення (навантаження на валу двигуна) системи керування можуть бути:

- статичними, у яких при незмінній величині задавального сигналу значення усталеного вихідного сигналу, залежить від навантаження і змінюється при його зміні;

- астатичними, у яких значення навантаження не впливає на значення вихідного сигналу.

За характером функціональної залежності вихідного сигналу систем керування від вхідного сигналу їх поділяють на лінійні та нелінійні.

Більшість реальних систем автоматичного керування має у своєму складі нелінійні елементи.

3.1.3 Застосування замкнених систем керування [9]

Замкнені системи керування знаходять широке застосування у різних галузях промисловості, включаючи машинобудування, металургію, хімічну промисловість та інші. Вони використовуються для керування складними технологічними процесами, що вимагають високої точності та надійності.

У машинобудуванні замкнені системи керування застосовуються керувати верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК), роботизованими комплексами та інші автоматизованими системами.

У металургії вони використовуються для керування прокатними станами, сталевими дуговими печами та іншими агрегатами, де потрібне точне регулювання температури, швидкості та інших параметрів.

У хімічній промисловості замкнені системи керування застосовуються для керування реакторами, насосами, компресорами та іншими пристроями, забезпечуючи високу точність та безпеку технологічних процесів.

3.1.4 Замкнені схеми керування електропривода з двигуном постійного струму з використанням мікроконтролера

Як відомо, колекторні двигуни постійного струму, якщо дивитися в загальному плані, є найбільш доступними та поширеними у використанні, що знаходять належне місце у найрізноманітніших пристроях. Їхні переваги безсумнівні – це ціна і простота схем управління. Якщо з першим твердженням важко не погодитися, то друге часто вводять в оману, і не тільки недосвідченого користувача.

Дійсно, керування швидкістю такого двигуна начебто й не викликає особливих складнощів – це можуть бути як звичайні аналогові регулятори напруги, так і складніші схеми на основі широтно-імпульсних (ШІМ) регуляторів. Проблема, а точніше, проблеми ховаються в іншому. Справа в тому, що необхідно розглядати питання керування колекторним двигуном постійного струму в контексті його реального застосування з конкретним навантаженням і в конкретних умовах, а саме – будувати схему керування залежно від типу завдання, що розв’язується.

Якщо існує проблема не просто регулювання, а стабілізації швидкості, вона вирішується за допомогою складних систем із контуром зворотного зв’язку. Одним із елементів такого зворотного зв’язку є датчики, що дають інформацію про швидкість обертання. Інформація знімається або з валу ротора двигуна, або кінцевого виконавчого механізму. Стабілізація швидкості здійснюється шляхом використання фазового автоматичного підстроювання частоти (ФАПЧ) обертання, або традиційними для автоматики спеціальними регуляторами. Зазвичай застосовуються пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори як більш універсальні, або пропорційно-інтегральні (ПІ) як більш прості. У будь-якому випадку обидва рішення досить складні як для розрахунку, так і для виконання, оскільки вони прив’язані не тільки до конкретного типу двигуна, але й до системи привода в цілому. Причому характеристики регулювання даних системах визначаються експериментально. Все вищевикладене стосується побудови кола керування. Але в будь-якому випадку як кінцеві каскади в таких системах передбачені або аналогові регулятори, або регулятори з ШІМ [10].

Блок керування сучасних електроприводів включає до свого складу керуючий мікроконтролер, датчики та пристрої узгодження. Функціональна схема електропривода наведена на рисунку 3.1.

На рисунку 3.1 прийняті такі скорочення: ДШП – датчик швидкості і положення; МП модуль – мікропроцесорний модуль; ДПС – двигун постійного струму, ДС – датчик струму.

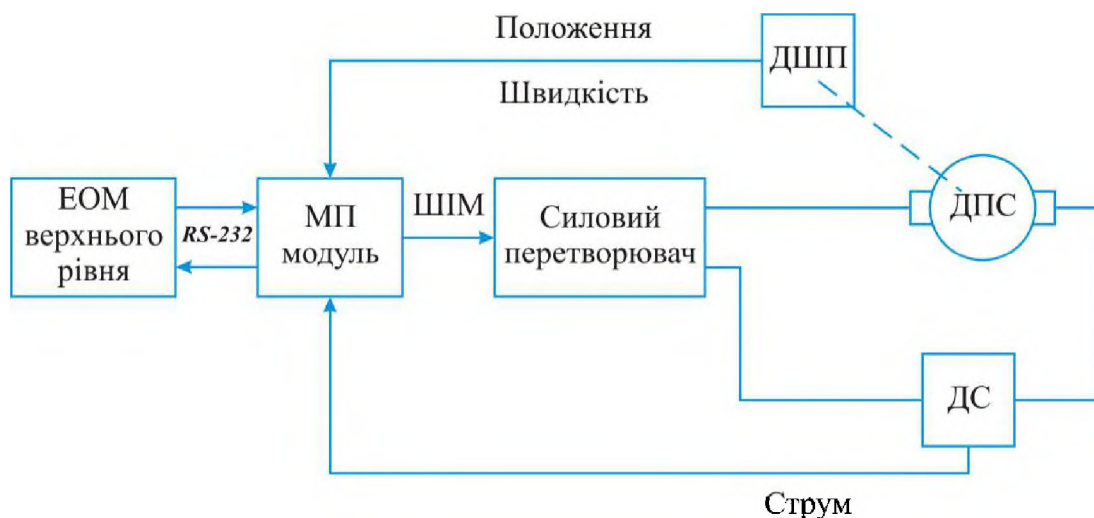


Рисунок 3.1 – Функціональна схема електропривода
з двигуном постійного струму

Як видно зі схеми, в якірну обмотку ДПС включений датчик струму, а з валом двигуна жорстко пов'язаний датчик швидкості і положення. Інформація про поточний стан двигуна (струм, швидкість, положення) надходить в мікропроцесорний модуль. Останній, у свою чергу, призначений для прийому даних від ЕОМ верхнього рівня (персонального комп'ютера або ПЛК) і передачі зібраної інформації назад, а також для реалізації заданого закону керування і видачі керуючих впливів на силову частину через вбудований широтно-імпульсний модулятор (ШИМ). Сучасні силові модулі, широко представлені на ринку електронної продукції, дозволяють створювати готові до експлуатації підсилювачі керуючих сигналів за потужністю з мінімальним числом додаткових деталей. У ряді випадків, коли потрібно розробити привод малої потужності, перетворювач може складатися всього лише з однієї мікросхеми. Для керування та збору інформації про поточний стан ДПС можна застосовувати різні пристрої як аналогові, так і цифрові. Проте варто відзначити, що найбільш простим і дешевим рішенням даної проблеми є застосування мікроконтролерів, до складу яких входять модулі ШІМ, АЦП, модулі інтерфейсів та інші пристрої. Для забезпечення високої точності позиціонування в ЕП здійснюється також регулювання струму (моменту) і швидкості ДПС.

3.2 Побудова функціональної та структурної схем системи керування мобільного робота

3.2.1 Розглянемо систему керування колісного мобільного робота (рисунок 3.2). На рисунку 3.3 зображено графіки залежностей швидкості і положення від часу, необхідні для коректної роботи ПІ-регулятора. У схемі системи керування мобільного робота застосовано ПІ-регулятор, за допомогою якого можуть регулюватися обидва двигуни постійного струму. Даний ПІ-регулятор виконаний на базі програми головного процесора. Обидва двигуни постійного струму можуть регулюватися ПІ-регулятором. Кожна частина регулятора (пропорційна, інтегральна, диференціальна) узгоджена за допомогою коефіцієнтів: K_P для пропорційного, K_I для інтегрального, K_D для диференціального закону керування.

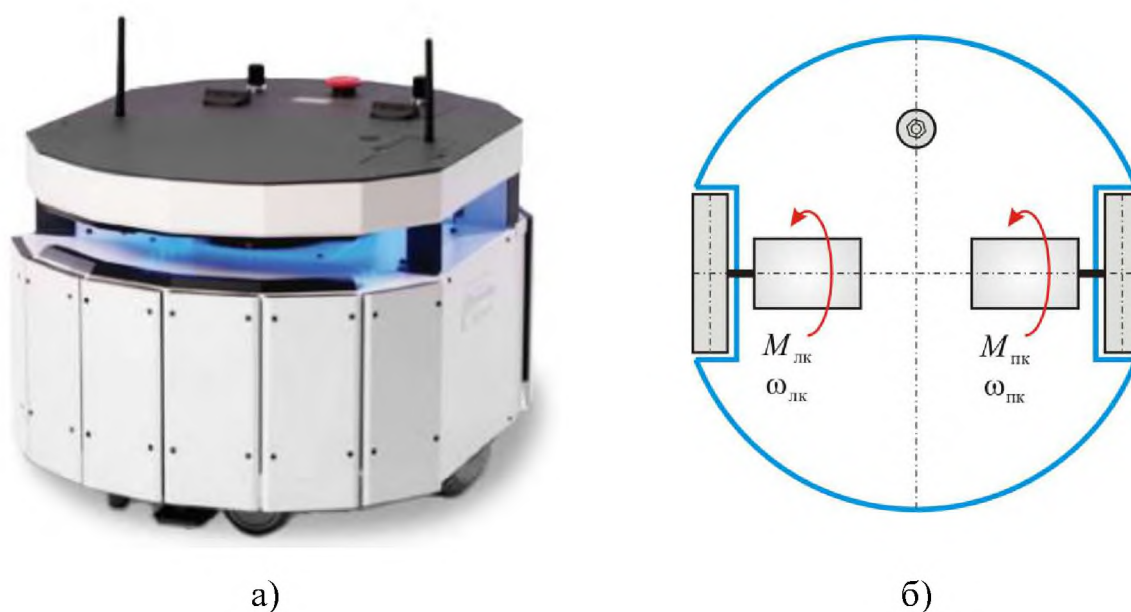


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд PatrolBot (а)
та схема колісного робота з диференціальним приводом (б)

Регулятор може бути використаний в двох режимах: регулятор швидкості і регулятор положення. Режим активного керування встановлюється відповідно до типу заданого керування. Якщо регулятор отримує команду регулювання положення, режим керування автоматично перемикається в режим регулювання поло-

ження. Вхідна величина і режим керування регулятора може бути змінена в будь-який момент.

В режимі регулювання швидкості в якості входу регулятор задає значення швидкості коліс і забезпечує підтримку цієї швидкості. Ніяких обмежень щодо прискорення в цьому режимі не передбачено.

В режимі регулювання положення в якості входу регулятор має значення на положення колеса, прискорення та максимальну швидкість. Використовуючи ці значення, регулятор, прискорює колесо поки воно не досягне максимального значення швидкості і гальмує так, щоб досягти заданого положення. Цей рух здійснюється по трапеції, як це показано на рисунку 3.3.

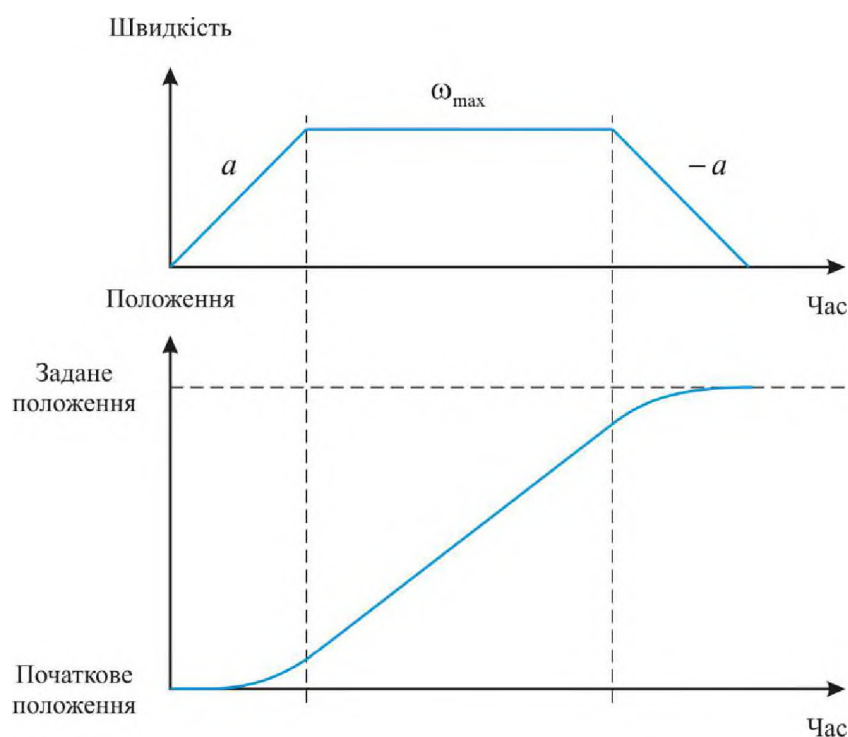


Рисунок 3.3 – Трапецеїдальна форма швидкості
із заданим прискоренням і максимальною швидкістю
для досягнення заданого положення

3.2.2 На рисунку 3.4 представлена функціональна схема системи керування мобільного колісного робота.

В роботі розглянуто мобільний робот з двома некерованими колесами та двома самоорієнтованими (для стійкості). Кожне з некерованих коліс приводиться до руху електродвигуном постійного струму з ШІМ перетворювачем. Використовуються енкодери з роздільною здатністю 1 імпульс на 2 мм лінійного переміщення приводного колеса. Кожен електродвигун з'єднаний з колісним валом через редуктор з передавальним числом 65,5:1.

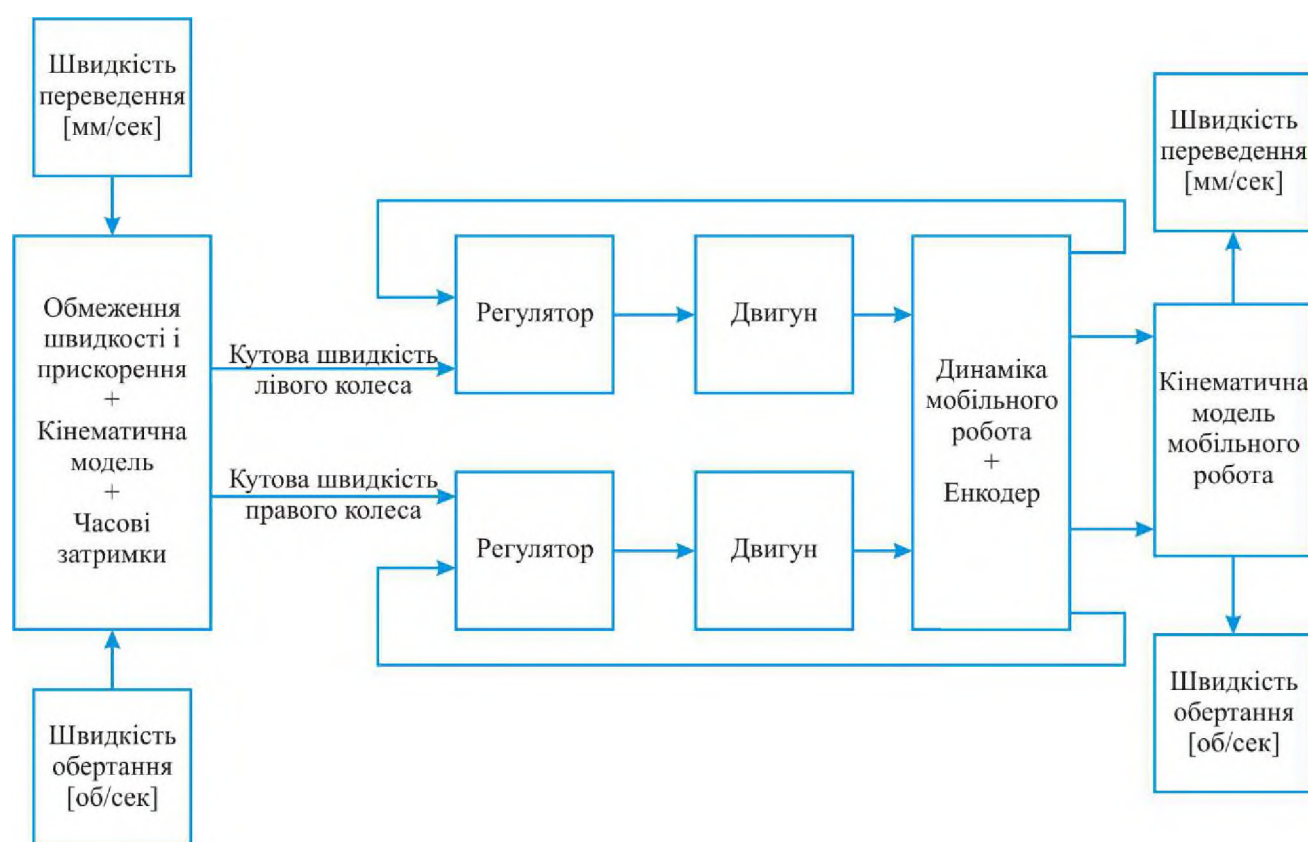


Рисунок 3.4 – Функціональна схема системи керування колісного робота з диференціальним приводом

3.2.3 Контролер руху. Мета керування полягає в тому, щоб дати можливість мобільному роботу рухатися прямолінійно шляхом коригування вхідної напруги на двох електродвигунах, крім ручного керування самим роботом. У моделі контролера відбувається підсумовування помилки по швидкості між колесами, оброблення сигналу помилки і вироблення сигналу контурів керування лівого і правого

коліс. Задана швидкість генерується в цифровій формі за допомогою вбудованого мікроконтролера, і перетворюється в аналоговий сигнал за допомогою цифро-аналогового перетворювача. Потім сигнал посилюється і подається на приводні колеса. Енкодер відстежує швидкість кожного колеса. Підрахунок імпульсів енкодера проводиться за допомогою лічильника. Результат підрахунків передається в цифровій формі до інтегратора, який зберігає їх до початку наступного певного руху. Апаратний лічильник скидається в початкове положення. Для його анулювання необхідне апаратне скидання. Сигнал на виході лічильника має вигляд:

$$E(n) = |I_1(n) - I_2(n)|, \quad (3.1)$$

де n – кількість вибірок, $E(n) \neq 0$ говорить про різність швидкостей коліс.

Завданням контролера є зміна швидкостей двигунів для вирівнювання обох показників швидкостей лівого і правого коліс, що дає можливість роботу рухатися прямолінійно.

Закон зміни сигналу на виході контролера має вигляд:

$$M(n) = K_p E(n) + K_I (E(n-1) + E(n)),$$

де K_p і K_I – пропорційні і інтегральні коефіцієнти відповідно. Коефіцієнти обрані таким чином, щоб була збережена стійкість контуру швидкості керування.

На рисунку 3.5 наведена структурна схема системи керування мобільного робота. Цифро-аналоговий перетворювач представлений у вигляді екстраполятора нульового порядку (ЗОН), двигун постійного струму апроксимований ланкою першого порядку. На рисунку також показано ПІ-регулятор, енкодер та програмний лічильник.

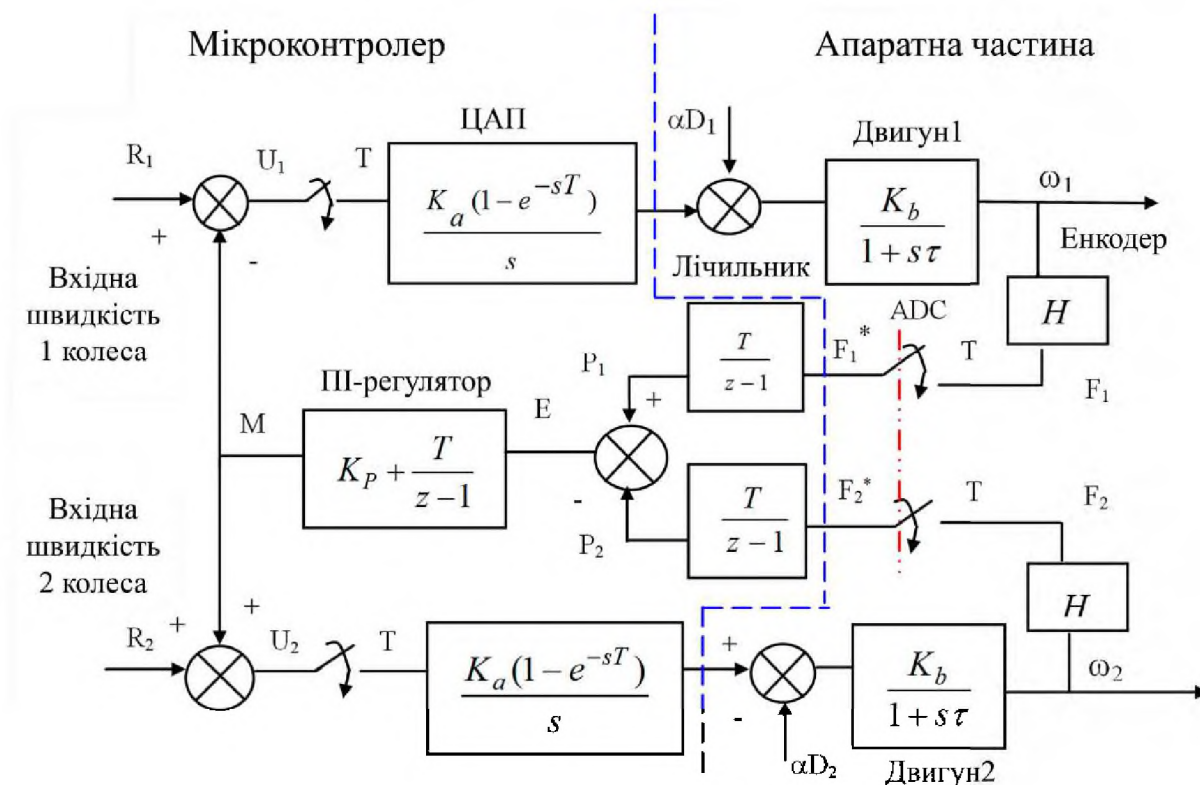


Рисунок 3.5 – Структурна схема системи керування колісного мобільного робота

Передавальна функція контуру швидкості має вигляд:

$$\frac{E(z)}{\Delta D(z)} = \frac{z^2(z-1)HK_b\omega}{(z-1)^2\tau(z-r) + z(z-1)KK_p(1-r) + z^2KK_I(1-r)}, \quad (3.2)$$

з характеристичним рівнянням:

$$Q(z) = z^3 + [K(1-r)(K_p + K_I) - (2+r)]z^2 + [1 + 2r - K(1-r)K_p]z - r \quad (3.3)$$

Навіть при $R_1 = R_2$ вхідний сигнал в рівнянні (3.1) відмінний від 0. Це є наслідком механічних похибок, тобто невідповідність осей коліс і т.д.

Діапазон значень коефіцієнтів K_p і K_I обирається по графіку, який зображено на рисунку 3.6. Область стійкості для коефіцієнтів $K_I < 0,22$ і $K_p < 16$, знайдених по критерію Джюри із рівняння (3.3) показана на рисунку 3.6.

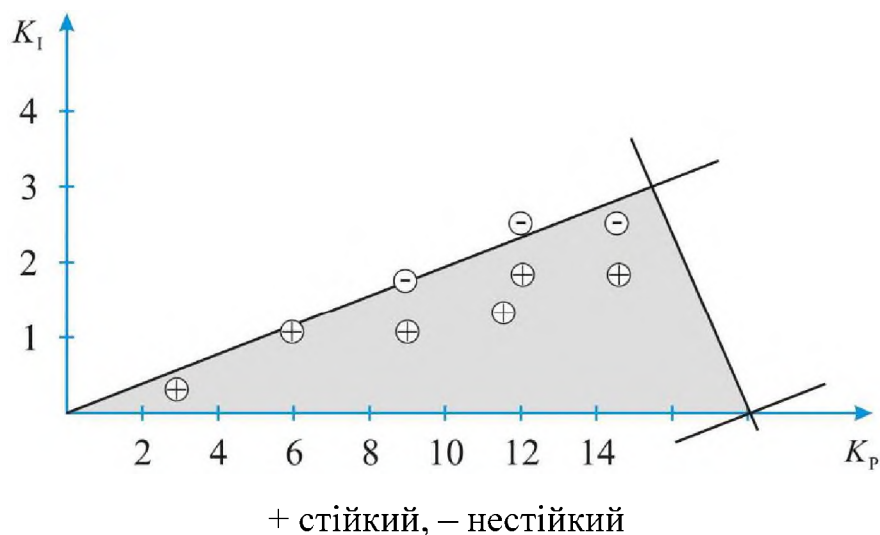


Рисунок 3.6 – Область припустимих значень коефіцієнтів K_p і K_i

3.3 Розрахунок параметрів елементів схеми моделювання

Динаміка мобільного робота, структурна схема якого показана на рисунку 3.5, може бути легко вивчена за допомогою його моделювання. На рисунку 3.7 представлена модель системи керування мобільного робота в SIMULINK, аналогові і цифрові частини якої відповідають таким, які зображені на рисунку 3.5. АЦП і ЦАП представлені у вигляді дискретних блоків. Схему моделювання можна розділити на аналогову та цифрову частини.

3.3.1 Екстраполятор нульового порядку. Моделювання програми мікроконтролера для заданого вхідного сигналу і впливу регулятора відбувається в цифровій частині. Період дискретизації для всіх блоків становить 0,04 с. Задавальний вхідний сигнал від імпульсного генератора підсумовується з сигналом на виході ПІ-регулятора. Помилка визначає рівень керуючого сигналу. Сигнал помилки конвертується в вольти за допомогою підсилювальної ланки з коефіцієнтом K_b . Таким чином, передавальна функція ЦАП має вигляд:

$$G_{ZOH}(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s}.$$

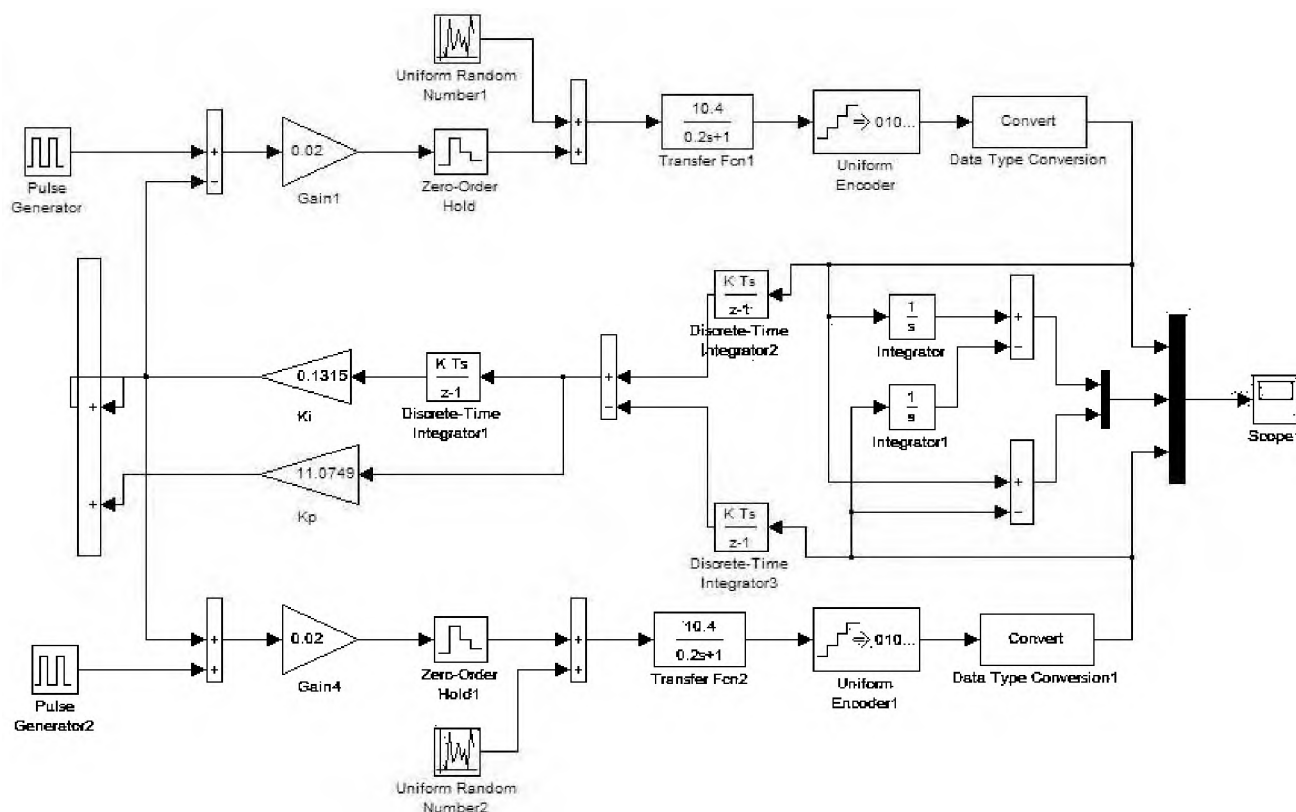


Рисунок 3.7 – Модель системи керування колісного мобільного робота в Simulink

3.3.2 Регулятор. Аналоговий вихід з екстраполятора нульового порядку є входом для аналогової частини моделювання. Миттєва різниця між шляхами, пройденими колесами, надходить у цифровий контролер. Для вирішення даної задачі, дискретизований вихідний сигнал енкодера підраховується інтегральним лічильником. Аналоговий вихідний сигнал енкодера переводиться в цифрову форму і інтегрується для підрахунку переміщення коліс. Миттєва різниця шляхів, пройденими колесами, називається помилкою (див. рівняння (3.1)).

Різниця між сигналом інтегратора 1 і інтегратора 3 (див. рисунок 3.7) виробляє сигнал помилки в рівнянні (3.1). Сигнал помилки надходить на ПІ-регулятор для вироблення їм активного сигналу, за допомогою якого можна буде змінювати задавальний вхідний сигнал і вирівнювати напругу, що подається на двигуни. Після, усі інтегратори повертаються у вихідне положення для наступної операції прямолінійного руху.

Електродвигун представлений у вигляді ланки першого порядку. Передавальна функція виглядає наступним чином:

$$W(p) = \frac{K_b}{\tau s + 1},$$

де $K_b = 18$ – коефіцієнт передачі, об/В;

$\tau = 0,2$ – стала часу, с.

3.3.3 Енкодер в основному складається з трьох частин (рисунок 3.8): обертовий диск, фотодатчик та лічильник. Енкодер кріпиться на вісь кожного колеса мобільного робота. В програмі MATLAB енкодер представляє собою єдиний блок із пакету Simulink. Енкодер виконує наступні дві операції з кожним вхідним значенням:

- квантування вхідного значення;
- кодування квантованих значень з плаваючою крапкою в ціле число.

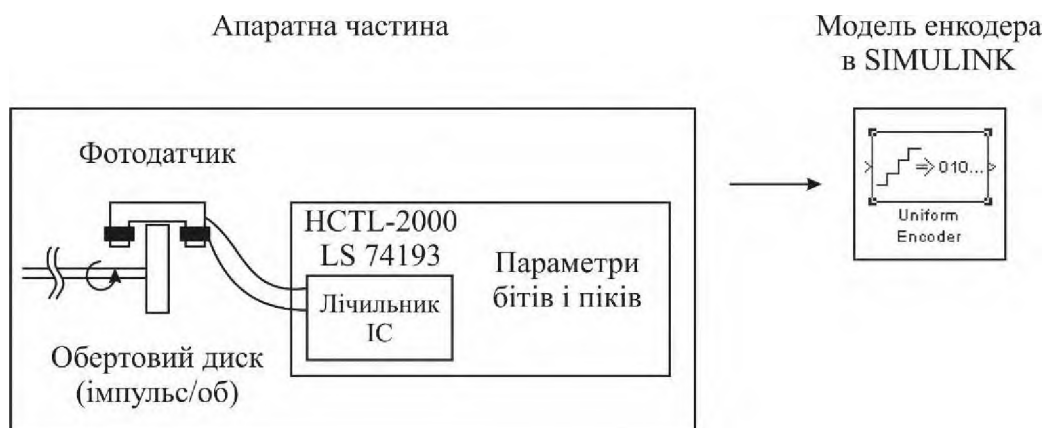


Рисунок 3.8 – Апаратна частина і модель енкодера в Simulink

Квантування рівнів розділені на 2^B рівномірно розташованих рівнів, де B – номер бітів. Діапазон датчика визначається як $[-V, (1-2^{1-B}), V]$, де V максимально розрахований сигнал вхідного параметра енкодера.

Максимальне значення параметра V є найбільшою вхідною амплітудою, яка повинна бути перетворена. Якщо енкодер на рисунку 3.8 має $V = 10$ і трибітний ($\text{Bit} = 3$) лічильник, то діапазон становитиме $\text{Range} = [-10, (1-2^{-2}) 10] = [-10, 7,5]$.

Таблиця 3.1 – Характеристики трибітного лічильника

Bit = 3, Peak (V) = 10	
Input value	Output value
-10	-4
Bit = 3, Peak (V) = 10	
Input value	Output value
-7,5	-3
-5	-2
-2,5	-1
0	0
2,5	1
5	2
7,5	3

3.4 Аналіз перехідних процесів

Дані для розрахунків взяті з параметрів обраних елементів системи та аналізу входів/виходів кожного блока структурної схеми системи керування. Структурна схема, що побудована у середовищі MATLAB, представлена на рисунку 3.7.

Результат моделювання для різних значень вхідного сигналу ($R = 2, 10$) показані на рисунку 3.9.

Аналіз характеристик на рисунку 3.9 показав, що відбувається зміна значень швидкості лівого/правого колеса при зміні збурювального впливу. Характер збурювального впливу має випадковий характер для значень дисперсії $V=0,5$ та $1,0$. Робот рухається практично по прямій лінії з похибкою близько 10 %, яка викликана дією збурювального впливу випадкового характеру.

Зміни в робочих умовах не змінює поведінку робота, що можна побачити на графіку рисунку 3.9, б, в.

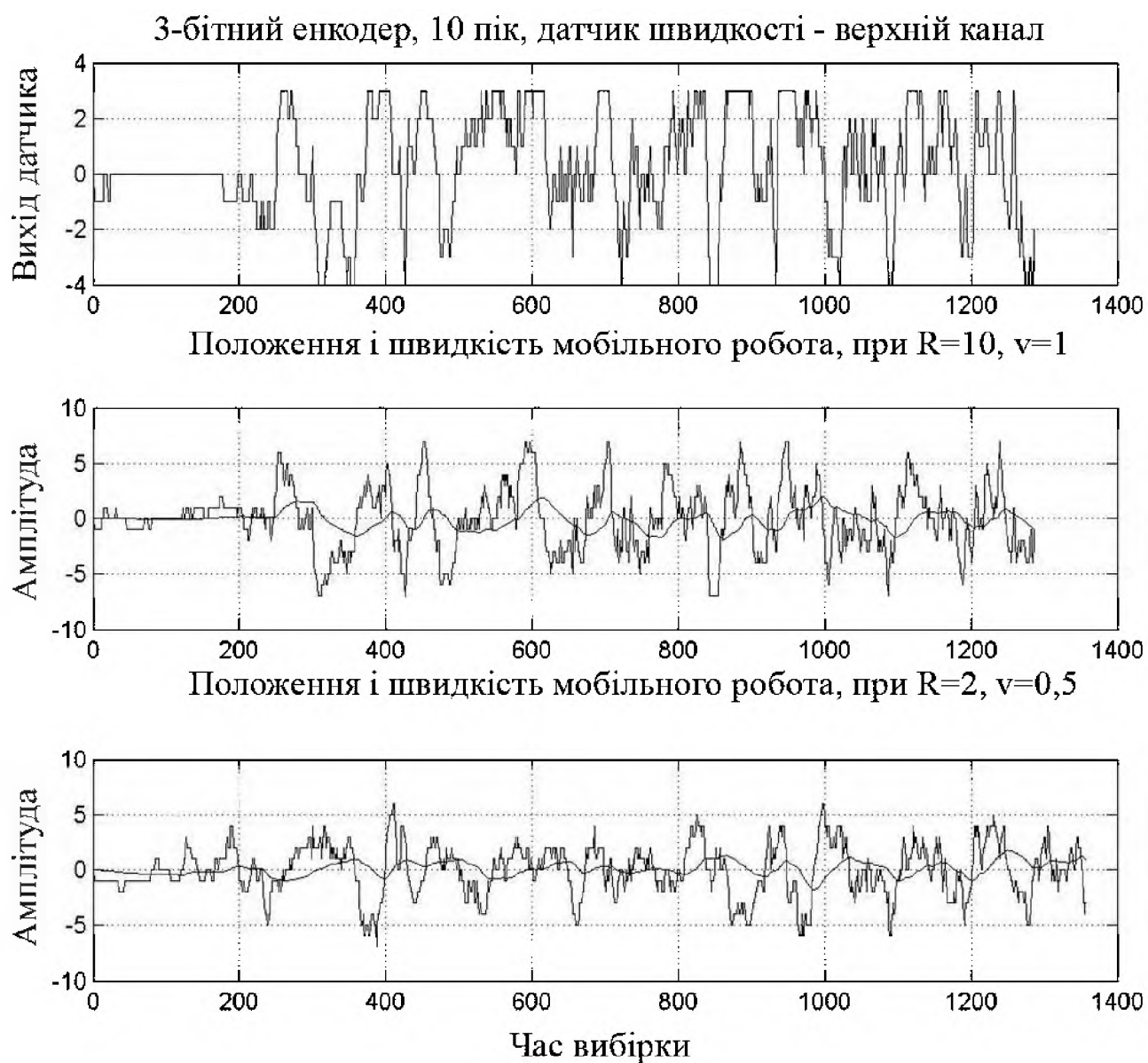


Рисунок 3.9 – Графіки перехідних процесів системи:

а – зміна значення швидкості колеса;

б – різниця між переміщенням/швидкістю лівого і правого коліс мобільного робота при $R=10$, $V=1,0$; в – різниця між переміщенням/швидкістю лівого і правого коліс мобільного робота при $R=2$, $V=0,5$

3.5 Висновки до розділу 3

3.5.1 Розглянуто замкнені системи керування електроприводів. Зокрема вивчено склад та особливості роботи замкненої системи керування електропривода із двигуном постійного струму. Виявлено, що стабілізація швидкості здійснюється шляхом використання традиційних регуляторів. Зазвичай застосовуються пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори як більш універсальні, або пропорційно-інтегральні (ПІ) як більш прості. Для приводів малої потужності керований перетворювач зазвичай складається всього лише з однієї мікросхеми, до складу якої входять модулі ШІМ, АЦП, модулі інтерфейсів та інші пристрої.

3.5.2 Побудовано структурну і функціональну схеми системи керування мобільного робота. Мета керування полягає в тому, щоб дати можливість мобільному роботу рухатися прямолінійно шляхом коригування вхідної напруги на двох електродвигунах, крім ручного керування самим роботом. У схемі системи керування мобільного робота застосовано ПІ-регулятор. В режимі регулювання швидкості в якості входу регулятор задає значення швидкості коліс і забезпечує підтримку цієї швидкості. Ніяких обмежень щодо прискорення в цьому режимі не передбачено.

3.5.3 Виконано розрахунок параметрів елементів структурної схеми системи керування мобільного робота.

3.5.4 Проаналізовано динаміку системи керування колісного мобільного робота. Аналіз перехідних характеристик показав, що відбувається зміна значень швидкості лівого/правого колеса при зміні збурювального впливу. Характер збурювального впливу має випадковий характер для різних значень дисперсії. При цьому робот рухається практично по прямій лінії з похибкою близько 10 %, яка викликана дією збурювального впливу випадкового характеру.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Всі фактори на будь-якому підприємстві можуть мати різне походження. Часто можна стикатися з несприятливими умовами праці, які виникають з вини керівництва. Це питання потребує особливої уваги з боку перевіряючих органів. Хочеться сподіватися, що велика частина небезпечних факторів має природне походження, і людині просто необхідно вжити всі заходи, щоб їх вплив був мінімальним. Всі шкідливі виробничі фактори ДСТУ поділяє на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні, до яких можна віднести важкі та напружені умови праці.

Можна відзначити, що немає чіткої межі між шкідливими та небезпечними факторами, вона завжди умовна і в будь-який момент може бути зруйнована.

4.1.1 Фізичні фактори

На багатьох виробництвах просто неможливо уникнути впливу деяких факторів. Серед них особливе місце займають:

- Температура, висока вологість і випромінювання.
- Електромагнітні поля.
- Лазерне і ультразвукове випромінювання.
- Вібрація.
- Сильний шум.
- Освітлення, яке може бути як занадто інтенсивним, так і недостатнім, що однаково шкідливо для зору.
- Вплив пилу і аерозолів.
- Заряджений повітря.
- Працюючі частини обладнання.

Кожен фактор окремо начебто і не становить особливої небезпеки для здоров'я людини при короткочасному впливі. Але часто працівник перебуває тривалий час у їх оточенні, та ще відразу декількох, тому їх вплив стає цілком відчутним.

4.1.2 Хімічні фактори

Речовини з цієї групи можна розрізняти за наступним категоріям:

4.1.2.1 За своїм впливом на організм людини шкідливі та небезпечні виробничі фактори хімічної природи поділяються на:

- Токсичні. Діють негативно на весь організм, наприклад чадний газ, ртуть, свинець.
- Дратівливі. Такі речовини, як ацетон, хлор, оксиди азоту викликають подразнення слизових оболонок.
- Канцерогенні. Оксиди хрому, берилій зі своїми з'єднаннями можуть призводити до розвитку ракових клітин.
- Викликають алергічні реакції.
- Мутагенні. Провокують зміни на рівні ДНК клітини.
- Впливають на репродуктивну функцію.

4.1.2.2 За способом надходження в організм:

- Через дихальну систему.
- Через шлунково-кишковий тракт.
- Через шкіру та слизові оболонки.

Також дані шкідливі фактори виробничого середовища впливають різною мірою, залежно від чого серед них виділяють:

- Надзвичайно небезпечні.
- Небезпечні високою мірою.
- Помірно небезпечні.
- Малонебезпечні.

Якщо на шкідливих підприємствах досить ефективно налагоджено використання засобів захисту, то робітники будуть піддаватися впливу небезпечних речовин в набагато меншому ступені.

4.1.2.3 Для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки до небезпечних речовин за їх властивостями відносяться такі категорії речовин:

- горючі (займисті) гази;
- горючі рідини;
- горючі рідини, перегріті під тиском;
- вибухові речовини;
- речовини-окисники;
- високотоксичні та токсичні речовини;
- речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів).

Деякі небезпечні речовини внаслідок специфічних особливостей, фізико-хімічних, вибухопожежо-небезпечних та токсичних властивостей речовини віднесені до індивідуальних небезпечних речовин. Індивідуальними небезпечними речовинами вважаються речовини та суміші речовин, для яких встановлено значення нормативів порогових мас, що відрізняються від значень нормативів порогових мас тих категорій, до яких ці речовини можна віднести за їх властивостями.

4.1.3 Біологічні фактори

Біологічні чинники виробничого середовища – це сукупність факторів, біологічних речовин та об'єктів, що притаманні певним видам виробничої діяльності і які можуть здійснювати негативний вплив на робітника. Шкідливі біологічні чинники можуть або супроводжувати весь процес виробництва, або виникати у формі результатів діяльності (викиди, токсичні відходи тощо). Керівник підприємства, діяльність якого пов'язана зі шкідливим впливом біологічних факторів, повинен розробити і впровадити комплекс заходів для захисту робітників, які працюють в небезпечних умовах.

4.1.3.1 За особливостями утворення:

- природні – збудники інфекційних захворювань та інвазій людей, тварин і птахів, природні відходи тваринного світу, продукти розвитку рослин;
- індустриальні (штучні) – фактори, притаманні промисловим комплексам, засоби біологічного захисту рослин, антибіотики, хімічні концентрати,

стимулятори росту, сироватки, фізіологічно активних речовини, результати виробництва і переробки сільськогосподарської продукції.

4.1.3.2 За механізмом впливу на організм людини:

- інфікуючі – здійснюють зараження організму людини шляхом потрапляння бактерій, вірусів, грибів або спор. Ризику зараження шкідливими збудниками найчастіше зазнають працівники фермерського господарства, робітники м'ясокомбінатів, птахофабрик, підприємств харчової промисловості і переробки сировини тваринного і рослинного походження. Внаслідок зараження у особи може настати порушення процесу обміну речовин та імунітету. Тривалий перебіг хвороби може призвести до мікозу.

- алергенні – провокують виникнення алергічних реакцій в організмі. Алергенна дія притаманна органічним речовинам рослинного і тваринного походження, певним групам бактерій і грибів, продуктам життєдіяльності кліщів або комах. У робітника, який працює під впливом алергенних чинників, може виникнути гіперчутливість негайного або повільного типу. Гіперчутливість негайного типу виникає одразу, у перші хвилини або години після контакту з біологічним чинником, і приймає форму сінної лихоманки. Натомість, гіперчутливість повільного типу зумовлена поступовим впливом біологічних чинників у малій кількості і проходить у малоактивній формі.

- токсичні – зумовлені здатністю бактерій і грибів виділяти токсини. Грам-негативні бактерії виділяють ендотоксини, а гриби – мікотоксини. Зазвичай, у промислових умовах токсичні біологічні чинники виникають не ізольовано, а у різноманітних комбінаціях із фізичними і хімічними факторами.

4.1.3.3 Наслідки негативного впливу біологічних факторів

Тривала дія небезпечних біологічно активних чинників на працівника може призвести до виникнення інфекційних та паразитарних захворювань та інвазій професійного генезу. Ризик збудження хвороби збільшується у разі безпосереднього контакту людини із джерелом інфекції та у випадках нехтування працівником санітарно-гігієнічних норм і правил.

Професійні захворювання, викликані контактом з хворими тваринами і продуктами їх життєдіяльності, називають зооантропонозами. Зазвичай, зооантропонозом різних форм страждають ветеринари, робітники молокозаводів та м'ясокомбінатів, фабрик з оброблення вовни та шкіри.

4.1.4 Профілактика професійних захворювань

Для запобігання професійних захворювань слід вживати комплекс протиепідемічних, профілактичних та ветеринарних заходів, призначених для поліпшення санітарно-гігієнічного стану об'єктів.

До найрозповсюдженіших профілактичних заходів відносять:

- використання антибіотиковмісних препаратів у повітрі промислових приміщень або цехів;
- автоматизація й герметизація технологічних процесів;
- створення мікроклімату, несприятливого для поширення інфекції;
- забезпечення регулярного очищення та вентиляції повітря;
- застосування спецодягу та індивідуальних засобів захисту працівника;
- запровадження регулярних медичних обстежень.

4.1.5 Психологічний фактор

До психофізіологічних факторів можна віднести тягар умов праці і його напруженість. Коли мова йде про важку працю, то мається на увазі:

- велике навантаження на опорно-рухову, серцево-судинну, дихальну системи;
- величина статичного навантаження;
- число однакових рухів;
- величина вантажів, які доводиться піднімати;
- поза робітника під час виконання процесу.

Під напруженістю роботи мається на увазі навантаження на нервову систему, органи почуттів (більше аналізатори). Сюди можна віднести тривалу розумову роботу, монотонність виконуваних процесів, емоційні перевантаження. Все це шкідливі виробничі фактори, які, якщо розібратися, практично кожен з нас на своєму робочому місці відчуває в тій чи іншій мірі.

4.1.6 Вплив шкідливих факторів на людину

На будь-якому підприємстві необхідно з метою створення сприятливих умов для працівників намагатися забезпечувати комфортну обстановку. Це стосується, насамперед, чистоти повітря у виробничих приміщеннях. Санітарно-гігієнічні служби розділяють основні шкідливі виробничі фактори на хімічні речовини та промисловий пил.

Перші, в свою чергу, поділяються на:

- промислові отрути, які часто знаходять своє застосування на виробництві;
- отрутохімікати для сільського господарства;
- лікарські препарати;
- побутова хімія;
- отруйні речовини.

Велика кількість пилу також є актуальною проблемою гірничодобувної промисловості, металургійної, машинобудівної, сільського господарства. Негативний вплив пилу проявляється в тому, що вона здатна спровокувати розвиток легеневих захворювань. На будь-якому підприємстві працівників виявляється вплив шкідливих виробничих факторів відразу з кількох груп, тобто комплексне. Саме тому питання забезпечення захисту від негативного їх дії стоїть достатньо гостро у виробничій сфері.

4.1.7 Захист працівників від небезпечних речовин

Незважаючи на всі заходи, спрямовані на нейтралізацію шкідливого впливу факторів, неможливо досягти ідеальних умов праці. Це не дозволяють зробити особливості технологічних процесів, продукція та сировина для її виготовлення. Тому для керівників захист від шкідливих виробничих факторів – це першочергове завдання. Керуватися при цьому необхідно наступними пріоритетами:

- усунути небезпечний фактор або знизити ризик його впливу;
- використовувати безпечні методи роботи;
- здійснювати боротьбу з небезпечним фактором і його джерелом;
- ефективно використовувати засоби індивідуального захисту.

Часто буває так, що всі вжиті заходи не можуть забезпечити повністю безпечні умови праці, в цих випадках без застосування ЗІЗ просто не обійтися. Серед них можна виділити наступні категорії, які найбільш поширені у використанні:

Від вібрації можуть бути: рукавиці, надолонники, рукавички. Так як такий захист може знижувати ефективність праці за незручності роботи, то треба передбачати додаткові перерви.

Навушники від шуму. Але вони можуть знижувати здатність людини орієнтуватися в просторі, провокувати головні болі через здавлювання.

Респіратори і протигази. Тривалий час працювати в них дуже складно і незручно, тому слід шукати альтернативні засоби захисту.

Можна зробити висновок про те, що засоби індивідуального захисту, з одного боку, зменшують вплив шкідливих факторів, а з іншого — можуть створювати іншу небезпеку для здоров'я працівника.

4.1.8 Шум і його вплив на людину

На підприємствах, де в цехах стоять верстати та інше обладнання, без шуму, як правило, не обходиться. Постійно працює техніка видає гучні звуки, які можуть змінювати свою інтенсивність. Якщо людина змушений регулярно зазнавати такого впливу, то це негативно позначиться на його здоров'ї. Від сильного шуму починає боліти голова, підвищується тиск, знижується гострота слуху. Зрештою, від таких умов знижується працездатність, з'являється втома, знижується увага, а це вже може призвести до нещасного випадку. Керівники на подібних підприємствах повинні подбати про своїх працівників, щоб постаратися хоч трохи зменшити негативний вплив шуму на організм. Для цього можна використовувати:

- глушники шуму;
- індивідуальні засоби захисту, наприклад навушники, беруші, шоломи;
- виробляти звукоізоляцію галасливих місць з допомогою використання захисних кожухів, обладнання кабінок;
- оздоблення приміщень звукопоглинаючими матеріалами.

Ці заходи допоможуть створити більш сприятливу обстановку для працівників.

4.1.9 Вплив вібрації та її усунення

Вібрація входить в перелік шкідливих виробничих факторів. Її можна класифікувати по декількох категоріях:

- за способом передачі: загальна і локальна;
- по своєму напрямку: вертикальна і горизонтальна;
- по часу дії: тимчасова і постійна.

В результаті постійного впливу даного фактору починає страждати не тільки нервова система, а й опорно-рухова, і система аналізаторів. Робітники, які змушені працювати в таких умовах, часто скаржаться на головні болі, запаморочення, заоклисування.

Якщо додати ще і вплив супутніх чинників, таких як вологість, висока температура, шум, то це тільки посилює шкідливий вплив вібрації. Для захисту від неї можна запропонувати наступні заходи:

- заміна обладнання на більш технологічне;
- використання м'яких покриттів на віброуючих частинах приладів або устаткування;
- установка агрегатів на ґрунтовний фундамент.

4.2 Розрахунок загального освітлення

Світлотехнічні розрахунки є основою при проектуванні освітлювальних установок. Основним завданням розрахунку є визначення величини необхідного світлового потоку світильників для забезпечення нормованого значення мінімальної освітленості робочої площини.

На практиці для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи:

- метод світлового потоку (коефіцієнта використання): застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь;
- точковий метод: призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення, а також для освітлення похилих площин;

– метод питомої потужності: є найбільш простим і в той же час найменш точним, тому його використовують для приблизних, орієнтовних розрахунків.

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку).

Метод дозволяє визначити оптимальну кількість ламп та потужність освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення. Основним розрахунковим рівнянням методу світлового потоку є:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} S k_3 z}{N n \eta}, \quad (4.1)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику, лм;

$E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

N – загальна кількість світильників;

n – кількість ламп у одному світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

У якості джерел штучного освітлення використовують лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

Лампа розжарювання – лампа, в якій світло випускається тугоплавким провідником, розжареним електричним струмом. У лампі розжарювання використовується ефект нагрівання провідника (нитки розжарювання) при протіканні через нього електричного струму.

До газорозрядних ламп відносять люмінесцентні лампи. Люмінесцентна лампа – газорозрядне джерело світла, світловий потік якого визначається в основному світінням люмінофорів під впливом ультрафіолетового випромінювання розряду: широко застосовується для загального освітлення, оскільки світлова віддача і термін

служби в кілька разів більший, ніж у ламп з ниткою розжарювання того ж призначення. Люмінесцентні лампи – найрозповсюдженіше й економне джерело світла для створення розсіяного освітлення у приміщеннях нежитлових будинків: офісах, школах, навчальних і дослідницьких інститутах, лікарнях, магазинах, банках, підприємствах.

Визначити ступінь захисту світильників IPXX (International Protection) від пилу (перша цифра) та вологи (друга цифра) та числове значення коефіцієнта світильника $[L/h]$ – відношення відстані L між рядами або сусідніми світильниками у ряду до висоти h їхнього підвісу над робочою поверхнею.

Оцінити коефіцієнт запасу k_z освітленості, який враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення.

Розрахувати кількість рядів світильників у приміщення N_p :

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \left[\frac{L}{h} \right]}, \quad (4.2)$$

де B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні, м;

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника.

Визначити максимально припустиму відстань між рядами світильників $L_{\max}$:

$$L = \frac{B}{N_p}, \quad (4.3)$$

де B – ширина приміщення, м;

N_p – кількість рядів світильників у приміщенні, шт.

Розрахувати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею h :

$$h = \frac{L_{\max}}{\left[\frac{L}{h}\right]}, \quad (4.4)$$

де $L_{\max}$ – максимально припустима відстань між рядами світильників, м;

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника.

Знайти висоту звисання світильника від стелі h_3 за формулою:

$$h_3 = H - h_p - h, \quad (4.5)$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні, м;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

Визначити значення індексу приміщення i , що характеризує співвідношення розмірів освітлювального приміщення і висоти розміщення світильників:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (4.6)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

Визначити значення коефіцієнта використання світлового потоку η , створюваного світильниками вибраного типу. Вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення та індексу приміщення.

Визначити сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному приміщенні Φ_{Σ} :

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n A B k_3 z}{\eta}, \quad (4.7)$$

де E_n – рівень нормованого загального освітлення, лк;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює: $z=1,1$ – для люмінесцентних ламп низького тиску; $z=1,15$ – для ламп розжарювання;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначити умовну загальну кількість світильників у приміщенні $N_{\text{св}}^*$:

$$N_{\text{св}}^* = \frac{AB}{L_{\text{max}}^2}, \quad (4.8)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

L_{max} – максимально припустима відстань між рядами світильників, м.

Розрахувати світловий потік умовного джерела світла $\Phi_{\text{л}}^*$:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}^*}, \quad (4.9)$$

де Φ_{Σ} – сумарний світловий потік освітлювальної установки, лм;

$N_{\text{л}}^*$ – загальна кількість ламп у світильнику, яка розраховується за формулою:

$$N_{\text{л}}^* = N_{\text{св}}^* n, \quad (4.10)$$

де n – кількість ламп у світильнику, шт.

Вибрати тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$, і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{\text{л}}^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$):

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}}. \quad (4.11)$$

Визначити оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні $N_{\text{св}}$:

$$N_{\text{св}} = N_{\text{св}}^* m, \quad (4.12)$$

де $N_{\text{св}}^*$ – умовна загальна кількість світильників у приміщенні, шт;

m – співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи.

Визначити фактичну кількість ламп у приміщенні $N_{\text{л}}$:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{св}} n, \quad (4.13)$$

де $N_{\text{св}}$ – оптимальна (фактична) кількість світильників у приміщенні, шт;

n – кількість ламп у світильнику, шт

Визначити загальну розрахункову освітленість $E_{\text{р}}$ у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_{\text{р}} = \frac{\Phi_{\text{л}} N_{\text{л}} \eta}{AB k_3 z}, \quad (4.14)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – фактичний світловий потік вибраної стандартної лампи, лм;

$N_{\text{л}}$ – фактична кількість ламп у приміщенні, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості.

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватись умова:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} N_{\text{л}} \eta}{AB k_3 z}, \quad (4.15)$$

де E_n – рівень нормованого загального освітлення, лк.

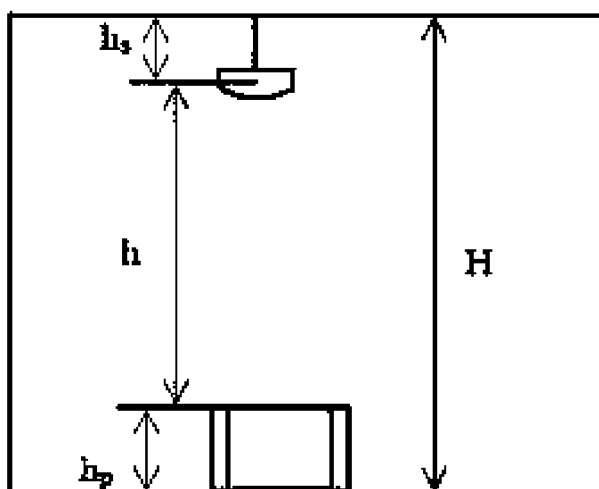
Розрахувати загальну потужність освітлювальної установки P_{Σ} :

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} \quad (4.16)$$

де $N_{\text{л}}$ – фактична кількість ламп у приміщенні, шт;

$P_{\text{л}}$ – потужність вибраної стандартної лампи, Вт.

Потрібно виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення (рисунок 4.1), враховуючи розмір світильників.



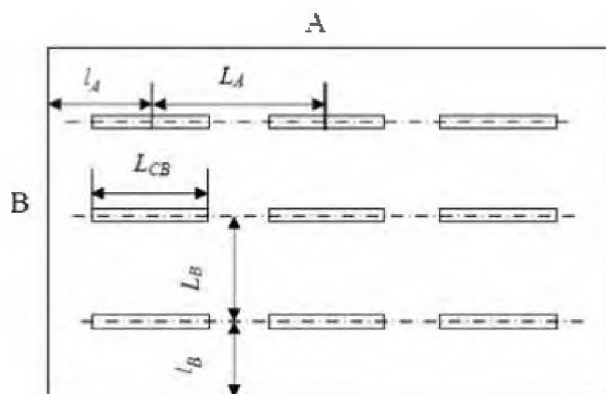
H – висота приміщення; h_3 – висота звисання світильника від стелі;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею;

h_p – висота робочої поверхні

Рисунок 4.1 – Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

Схема розміщення світильників (з люмінесцентними лампами) у офісному (адміністративно-побутовому) приміщенні (рисунок 4.2).



A – довжина приміщення; B – ширина приміщення; L_A – відстань між центрами сусідніх світильників в ряду; l_A – відстань від крайніх світильників у ряду до стіни; L_B – відстань між рядами світильників; l_B – відстань від крайніх рядів світильників до стіни; L_{CB} – довжина обраного світильника;

Рисунок 4.2 – Схема розміщення світильників (з люмінесцентними лампами) у офісному (адміністративно-побутовому) приміщенні

Виконуючи ескіз розміщення світильників у приміщенні необхідно виконувати умови:

$$L_A = \frac{A}{\frac{N_{CB}}{N_p}}, \quad l_A = \frac{L_A}{2}, \quad L_B = \frac{B}{N_p}, \quad l_B = \frac{L_B}{2}.$$

4.3 Заходи з техніки безпеки

Заходи з техніки безпеки спрямовані, насамперед, на те, щоб шкідливі виробничі фактори не надавали свого небезпечного впливу на людину. З цією метою на будь-якому підприємстві в обов'язковому порядку повинен проводитись інструктаж з безпеки. Дата проведення, зміст фіксуються у спеціальному журналі за підписом усіх інструктируємих і того, хто провів цей інструктаж. Всього можна виділити кілька різновидів такої роботи.

4.3.1 Вступний інструктаж. Його проводять в обов'язковому порядку з прийнятими на роботу особами. Тут не має значення ні вік, ні стаж або посаду.

4.3.2 Первинний інструктаж. Здійснюється вже на своєму робочому місці, проводить його зазвичай майстер або керівник даного відділу або цеху.

4.3.3 Повторний інструктаж. Проводиться для всіх без винятку працівників через кожні півроку.

4.3.4 Позаплановий інструктаж. Його проводять, якщо:

- змінилися правила;
- змінився технологічний процес;
- придбали нове обладнання;
- були виявлені випадки порушення працівниками правил техніки безпеки;
- після тривалих перерв у роботі.

4.4 Висновки до розділу 4

4.4.1 Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на оператора при експлуатації колісного робота.

4.4.2 Виконано розрахунок загального освітлення.

4.4.3 Надано рекомендації щодо техніки безпеки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі узагальнено результати теоретичного дослідження системи керування колісного мобільного робота.

1. В роботі розглянуто особливості, види та сфери застосування мобільних роботів. Виявлено, що мобільні роботи широко використовують в різних областях та мають специфіку в залежності від умов використання. Одним з основних напрямків розширення функціональних можливостей мобільних роботів є вдосконалення їх систем керування.

Проаналізовано основні типи колісних роботів. Встановлено, що різноманіття кінематичних структур, які можна отримати шляхом комбінування трьох типів звичайних коліс, широкі. У робота із диференціальним приводом, який розглянуто в даній роботі, є два некеровані колеса із загальною віссю обертання, які керуються окремо, а також два самоорієнтованих колеса.

Наведено опис мобільного робота PatrolBot. Autonomous Research PatrolBot – це робот з диференціальним приводом призначений для дослідницьких проєктів.

2. Побудовано функціональну схему системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Мета керування полягає в тому, щоб дати можливість мобільному роботу рухатися прямолінійно шляхом коригування вхідної напруги на двох електродвигунах. У схемі системи керування мобільного робота застосовано ПІ-регулятор. В режимі регулювання швидкості в якості входу регулятор задає значення швидкості коліс і забезпечує підтримку цієї швидкості.

На основі функціональної схеми системи керування мобільного робота та математичного опису її елементів побудовано структурну схему системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Виконано розрахунок параметрів елементів системи керування.

3. Досліджено динаміку мобільного робота з диференціальним приводом при прямолінійному русі. Аналіз перехідних процесів показав, що робот рухається із заданою швидкістю з незначним відхиленням від заданої траєкторії з похибкою, яка не перевищує допустиму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Машков К. Ю. Склад та характеристики мобільних роботів: навч. посібник з курсу «Керування роботами та робототехнічними комплексами». / К. Ю. Машков, В. І. Рубцов, І. В. Рубцов. – М.: Вид-во МДТУ ім. Н. Е. Баумана, 2014. – 75 с.
2. Старовойтов Є. І. Керування мобільними роботами та робототехнічними системами: підручник / Є. І. Старовойтов. – Москва: КНОРУС, 2021. – 264 с.
3. Блог «Мобільні роботи, їх типи, можливості та застосування» // Сайт top3dshop.ru – Режим доступу:
<https://top3dshop.ru/blog/mobile-robots-types-and-applications.html>
4. Реферат по темі «Розробка системи керування робота» // Портал магістрів сайту ДНТУ – Режим доступу:
<https://masters.donntu.ru/2017/etf/savchenko/diss/index.htm>
5. Блог «Про мобільні роботи: роль та перспективи промислового та побутового застосування, популярні моделі» // Сайт vektorus.ru – Режим доступу:
<https://vektorus.ru/blog/mobilnye-roboty.html>
6. В яких галузях застосовують робототехніку? // Сайт robocode.ua – Режим доступу: <https://robocode.ua/v-yakykh-haluzyakh-ua>
7. Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco Luigi Villani, Giuseppe Oriolo, Robotics Modelling, Planning and Control 2009 – 664 с.

8. Опис PatrolBot // Сайт generationrobots.com – Режим доступу:

https://www.generationrobots.com/media/PatrolBot-PTLB-RevA.pdf?srsltid=AfmBOoqeOfCSiE_vsDNX0jdZxwdllCvZQ0APIYNSw2lSCvzkxyN6N9rl

9. Школа електрика: Замкнені системи керування електроприводів // Сайт electricalschool.info – Режим доступу:

<https://electricalschool.info/elprivod/3071-zamknutye-sistemy-upravleniya-elektroprivodami.html>

10. Керування двигуном постійного струму // Сайт журналу «Компоненти та технології» – Режим доступу:

<https://kit-e.ru/upravlenie-dvigatелем-postoyannogo-toka/>

ДОДАТОК А

Мультимедійна презентація

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий
Інститут автоматики та електротехніки

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня магістра
на тему:

«Система керування колісного мобільного робота»

Студент магістратури:

Остап'юк М. Д.

Керівник кваліфікаційної роботи
магістра:

доц. каф. автоматики, к.е.н.
Шевчук С. В.

Миколаїв 2024

Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

Мета роботи. Об'єкт і предмет дослідження

Мета роботи	Синтез системи керування колісного мобільного робота.
Об'єкт дослідження	Перехідні процеси в системі керування колісного мобільного робота.
Предмет дослідження	Структура та параметри регуляторів системи керування колісного мобільного робота, які впливають на якість керування.

Завдання дослідження

3

- 1 Розглянути класифікацію робототехнічних комплексів, види та сфери застосування мобільних роботів. Скласти опис мобільного робота PatrolBot.
- 2 Побудувати функціональну схему та скласти математичний опис системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Виконати розрахунок параметрів елементів структурної схеми системи керування.
- 3 Провести моделювання системи керування колісного мобільного робота в MATLAB та дослідити вплив параметрів регуляторів на якість керування.

Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації

Мобільний робот PatrolBot

4

Загальний вигляд PatrolBot

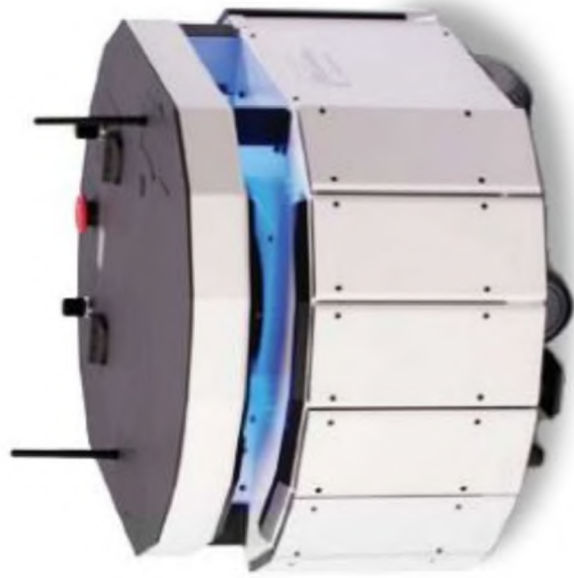


Схема колісного робота
з диференціальним приводом

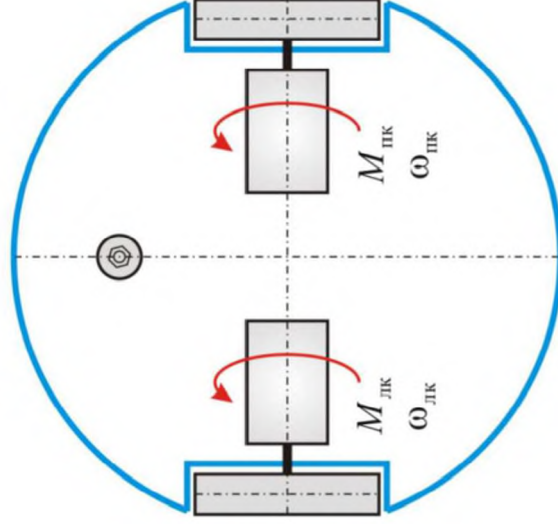


Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації

Функціональна схема системи керування колісного робота з диференціальним приводом

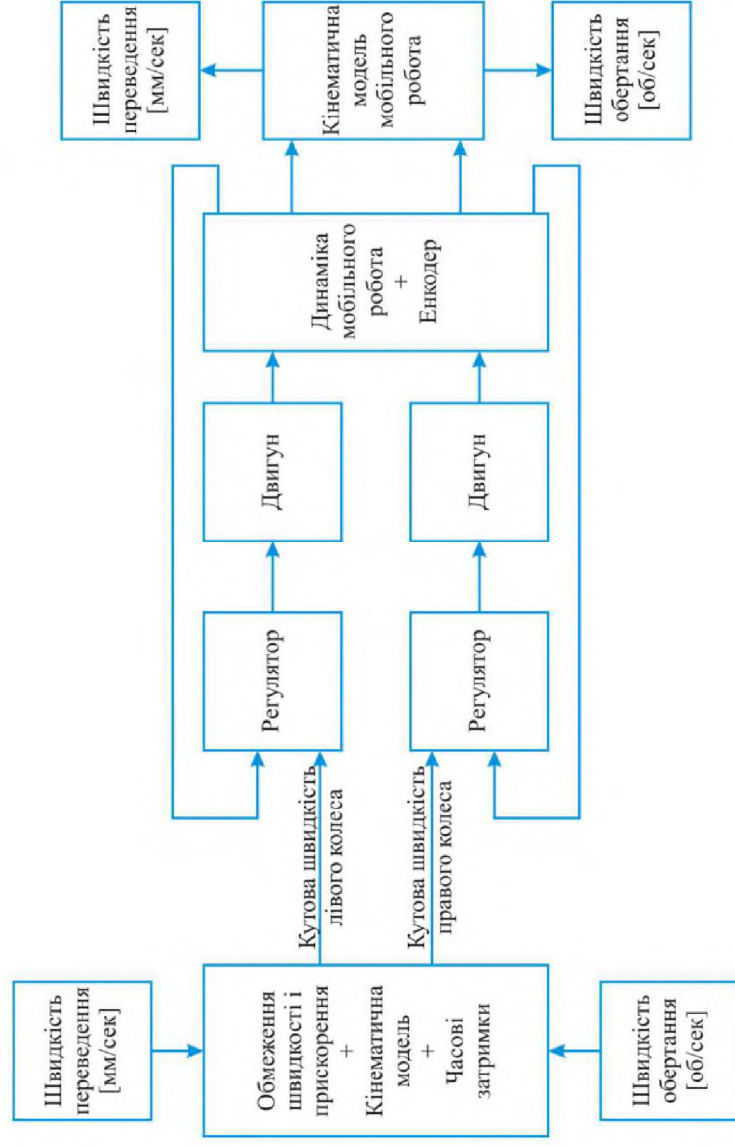


Рисунок А.5 – Слайд 5 мультимедійної презентації

7

Модель системи керування колісного мобільного робота в Simulink

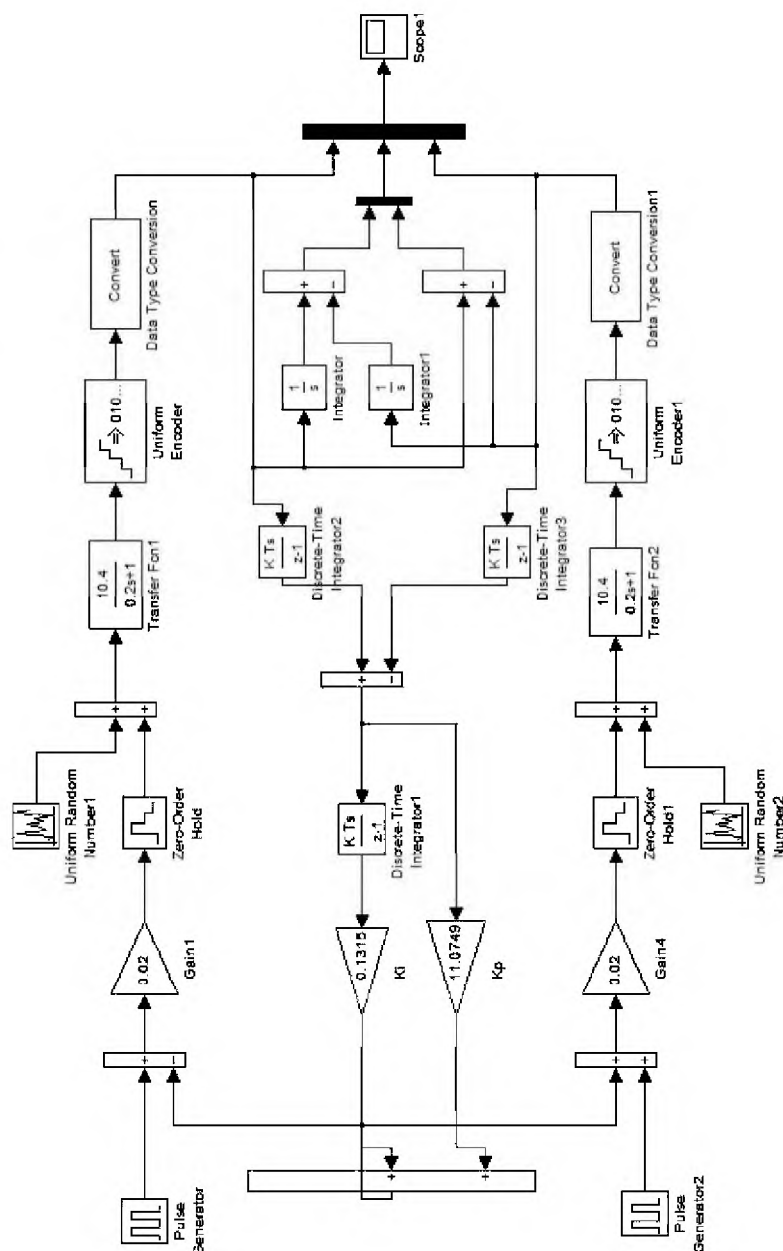


Рисунок А.7 – Слайд 7 мультимедійної презентації

Дослідження динаміки

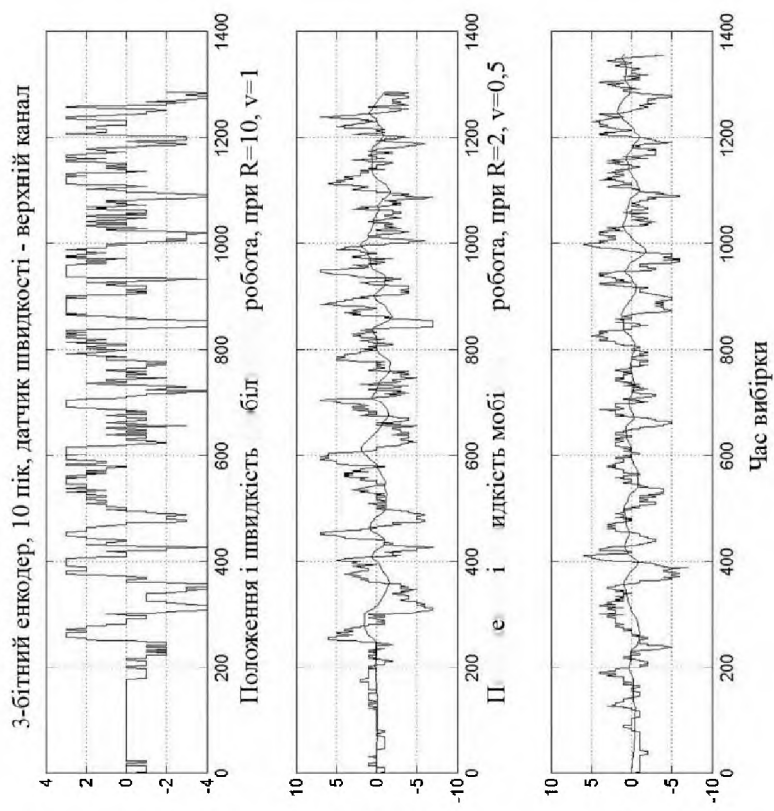


Рисунок А.8 – Слайд 8 мультимедійної презентації

Висновки

- 1 В роботі розглянуто особливості, види та сфери застосування мобільних роботів. Виявлено, що мобільні роботи широко використовують в різних областях та мають специфіку в залежності від умов використання. Одним з основних напрямків розширення функціональних можливостей мобільних роботів є вдосконалення їх систем керування.
Проаналізовано основні типи колісних роботів. Встановлено, що різноманіття кінематичних структур, які можна отримати шляхом комбінування трьох типів звичайних коліс, широкі. У робота із диференціальним приводом, який розглянуто в даній роботі, є два некеровані колеса із загальною віссю обертання, які керуються окремо, а також два самоорієнтованих колеса.
Наведено опис мобільного робота PatrolBot. Autonomous Research PatrolBot – це робот з диференціальним приводом призначений для дослідницьких проектів.
- 2 Побудовано функціональну схему системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Мета керування полягає в тому, щоб дати можливість мобільному роботу рухатися прямолінійно шляхом коригування вхідної напруги на двох електродвигунах. У схемі системи керування мобільного робота застосовано ПІ-регулятор. В режимі регулювання швидкості в якості входу регулятор задає значення швидкості коліс і забезпечує підтримку цієї швидкості.
На основі функціональної схеми системи керування мобільного робота та математичного опису її елементів побудовано структурну схему системи керування мобільного робота з диференціальним приводом. Виконано розрахунок параметрів елементів системи керування.
- 3 Досліджено динаміку мобільного робота з диференціальним приводом при прямолінійному русі. Аналіз перехідних процесів показав, що робот рухається із заданою швидкістю з незначним відхиленням від заданої траєкторії з похибкою, яка не перевищує допустиму.