

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10"»

Здобувача групи СУ-01

Глуходід Владислав Юрійович

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

Керівник: доцент, к.ф.-м.н.

В'ячеслав ЖУРБА _____

Суми – 2024

Ном.поз	Фор мат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	9		
			Анотація			
3	A4	СУ-01 6.151.05 ПЗ	Пояснювальна записка	65		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
			Система. Функціональна схема автоматизації			
			Система. Перелік елементів			
4	A3	СУ-01 6.151.05 E1	Схема структурна	1		
5	A3	СУ-01 6.151.05 E3	Схема принципова електрична	10		

					СУ-01.6.151.05.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
			Владислав Глуходь		Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10"	Літ.	Арк.	Аркуші
			В'ячеслав Журба					
Реценз.					СумДУ, СУ-01			
Н. Контр.								
Затверд.			Петро ЛЕОНТЬЄВ					

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Глуходід Владиславу Юрійовичу

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

1. Тема кваліфікаційної роботи: Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10"

затверджена наказом ректора СумДУ № 0312-VI від " 29 " березня 2024 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 30 " травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, наукові роботи, статті, публікації, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): конструктивно-технологічна характеристика об'єкту автоматизації, опис і способи керування роботом-маніпулятором, опис контурів контролю і керування, розробка

структурної та принципової схеми автоматизації, вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, вибір МК та інтерфейсів.

5. Перелік графічних матеріалів: структурна електрична схема, принципова електрична схема системи керування, принципова електрична схема драйвера керування ДПС, 13 рисунків та 8 таблиць.

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	01.04.24 - 05.04.24
2	Аналіз предметної області та область застосування робота-маніпулятора «ТУР-10».	05.04.24 - 10.04.24
3	Вдосконалення системи автоматизованого керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»	10.04.24 - 20.04.24
4	Розробка основних схем автоматизації системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»	20.04.24 - 05.05.24
5	Розробка SCADA системи робота-маніпулятора «ТУР-10»	05.05.24 - 12.05.24
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	12.05.24 - 25.05.24

7. Дата видачі завдання " 15 " лютого 2024 р.

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ,

доцент, к.ф. м.н.

(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

В'ячеслав ЖУРБА

(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-01

(шифр групи)

(підпис)

Владислав Глуходід

(ім'я та прізвище)

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи керування установкою осушки газу

Розробник:

студент групи СУ-01

Владислав ГЛУХОДІД

Погоджено:

доцент кафедри КСУ,

доцент, к.ф. м.н.

В'ячеслав ЖУРБА

1. **Назва і галузь застосування:** автоматизація системи керування роботом-маніпулятором. Система призначена для автоматизованого руху робота-маніпулятора, який в свою чергу може виконувати важкі або шкідливі, для людини, завдання.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від 29 травня 2024 р., інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:** Маніпулятор "ТУР-10" — це промисловий робот, розроблений для автоматизації різноманітних виробничих процесів. Він має п'ять ступенів свободи, включаючи механізм повороту. Основна конструкція робота складається з вертикальної стійки, двох рухливих ланок і захоплюючого пристрою (захвату).
4. **Основні частини системи та структурна схема:** Робот-маніпулятор "ТУР-10" має основні частини такі, як:
 - а) Силова шафа;
 - б) Шафа керування;
 - в) Пульт керування;
 - г) Маніпулятор (електроприводи, датчики).

Структурна схема системи керування (див. Додаток А).

5. Опис блоків системи керування:

а) Силова шафа:

У силовій шафі розміщуються такі об'єкти:

- Блок живлення 1:
 - Вхідна напруга: 220 В
 - Частота: 50 Гц
 - Вихідна напруга: 52 В
 - Вихідний струм: 30 А
- Блок живлення 2:
 - Вхідна напруга: 220 В
 - Частота: 50 Гц
 - Вихідна напруга: 24 В
 - Вихідний струм: 2 А

- Захисні автомати:
 - Тип C20: Захист від перевантажень і коротких замикань, номінальний струм 20 А.
 - Тип В10: Захист від перевантажень і коротких замикань, номінальний струм 10 А.
- Індуктори (котушки індуктивності): використовується для зберігання енергії у вигляді магнітного поля, фільтрації сигналів.
- Контакттор: використовується для комутації електричних ланцюгів високої потужності.
- Шунт: використовується для вимірювання струму, створюючи падіння напруги пропорційно протікаючому струму.
- Кнопки: вмикання / вимикання системи.
- Індикаційні лампочки: система готова до роботи / аварія
- Перемикачі: ввключення / виключення кожного окремого електропривода.
- Вольтамперметр: комбінований прилад для вимірювання напруги (вольтметр) і струму (амперметр) у ланцюзі.

б) *Шафа керування:*

У шафі керування встановлені 5 пристроїв:

- драйвери керування двигуном постійного струму, побудовані на контролері Arduino NANO.

Напруга живлення пристрою має бути в діапазоні 15 В і 52 В. Пристрій розробляється на базі мікроконтролера Arduino NANO з метою забезпечення комфортних умов його експлуатації.

Пристрій повинен взаємодіяти з ДПС, датчиком положення (ДП) і кінцевими вимикачами. Крім того, користувач повинен мати можливість використовувати PWM, I2C та напругу 15 В окремо. Також передбачена можливість передачі інформації між декількома пристроями.

Щоб забезпечити зручне використання пристрою, а також легке підключення до нього пристроїв, передбачено відповідні термінали:

- RS-485 для зв'язку з іншими пристроями;
- Вхід для датчика положення;
- Вхід для кінцевих вимикачів;
- I2C для зв'язку з іншими пристроями;

- Живлення пристрою 15 В;
- PWM термінал;
- Живлення пристрою 52 В;
- Живлення для двигуна (PWM);

Всі невикористані сигнали виводяться в окремий роз'єм DB-9. Також передбачено окрему кнопку RESET для зручності користувача.

в) Пульт керування:

Пульт керування складається з таких частин:

- Мікроконтролер STM32: використовується для обробки вхідних сигналів з перемикачів, кнопок та джойстиків, для виводу сигналів на світлову арматуру, передавання сигналів на драйвери керування та приймання сигналів від них.
- Перемикачі: використовуються для перемикання режимів роботи.
- Кнопки: використовуються для початку роботи, запам'ятовування контрольних точок в просторі, керування затиском.
- Індикаційна арматура: відображають стан роботи, та знаходження робота в якомусь із крайніх положень.
- Джойстики: використовуються для керування роботом-маніпулятором у ручному режимі.

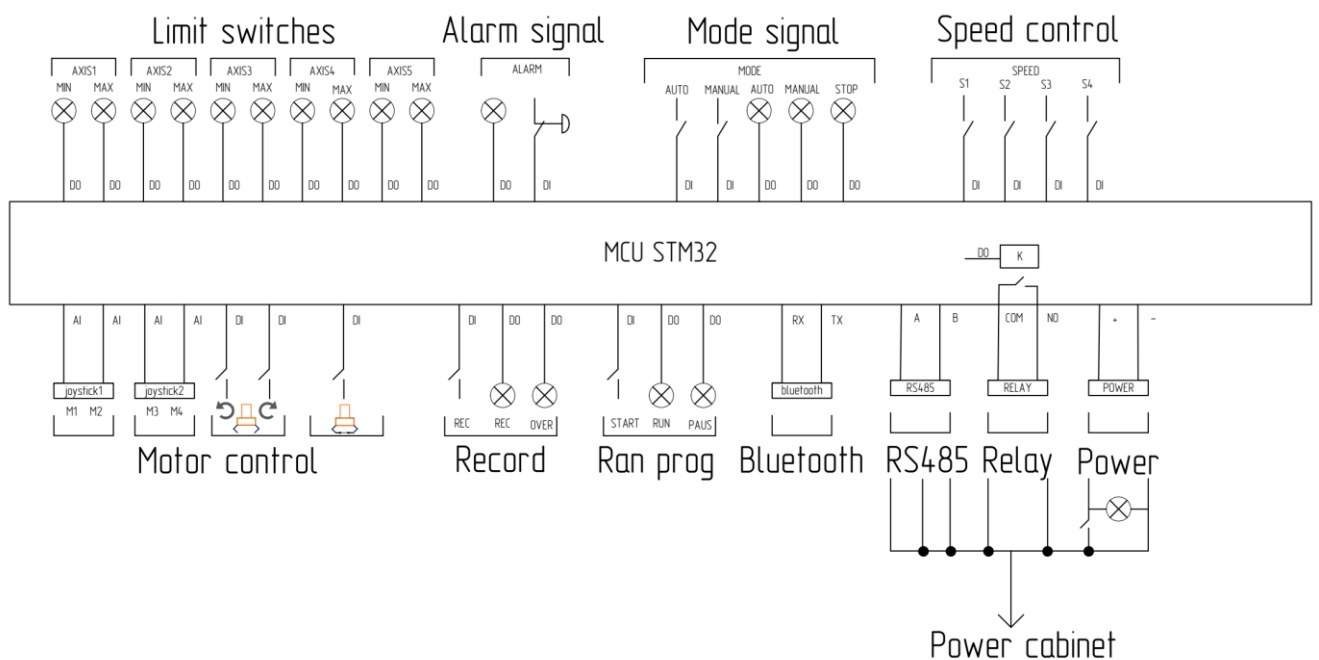


Рисунок 1 - Структурна схема сигналів пульта керування

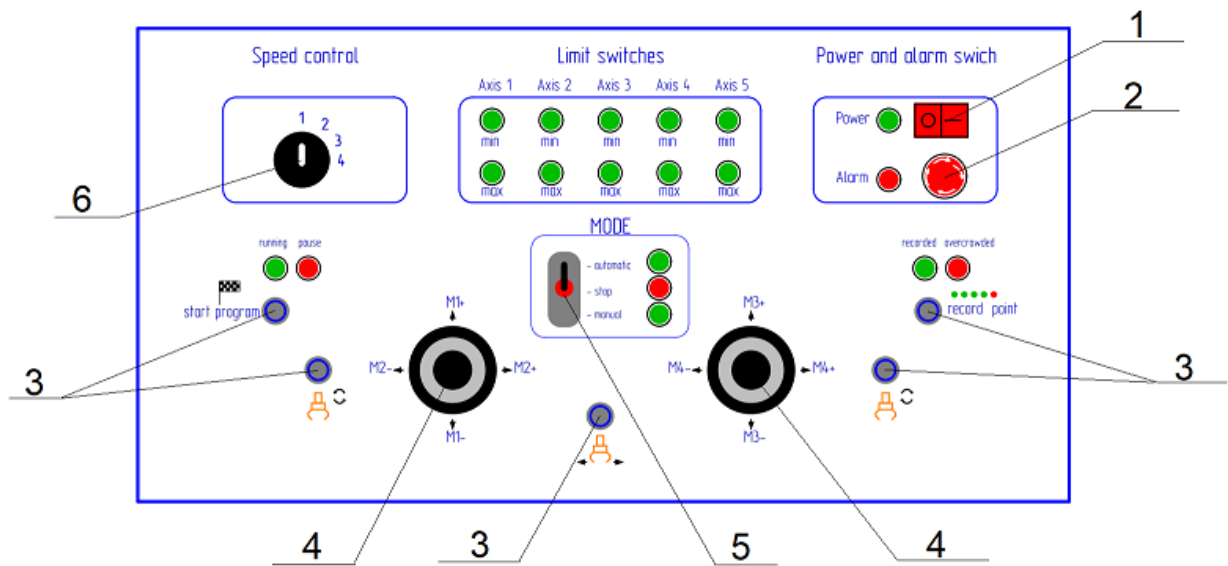


Рисунок 2 - Зовнішній вигляд пульта керування

г) *Маніпулятор:*

Маніпулятор має п'ять ступенів свободи та складається з таких основних частин:

- Основа;
- Плече;
- Передпліччя;
- Зап'ястя;
- Захоплюючий механізм;
- Електроприводи:
 - електродвигун колекторний постійного струму ПЯ-250Ф.

Технічні характеристики двигуна:

- Напруга живлення – 36 В;
- Номінальна потужність – 250 Вт;
- Частота обертання – 3000 об/хв;
- Номінальний обертовий момент – 0,8 мН*м;
- Пусковий момент - 4 мН*м;
- Споживаний струм – 10 А;
- Коефіцієнт корисної дії – 70 %;
- Маса – 7,2 кг.
- Давачі:

- Кінцеві вимикачі: Забезпечують безпеку, обмежуючи рух ланок маніпулятора в межах допустимих значень.
- Датчики положення: Встановлені на кожен ступінь свободи, для визначення швидкості руху, кута повороту та відповідно положення в просторі.

6. Опис алгоритмів та режимів роботи системи:

Опис алгоритму та режимів роботи системи, включаючи алгоритм взаємодії з оператором:

- подача живлення;
- Ініціалізація пристроїв:
 - Ініціалізація датчиків;
 - Ініціалізація кінцевих вимикачів;
 - Ініціалізація перемикачів;
 - Ініціалізація двигунів;
- Перевірка зв'язку:
 - Перевірка наявності зв'язку RS-485;
 - Перевірка наявності зв'язку I2C;
- Перехід в режим очікування:
 - Система переходить в режим очікування команди від оператора.
 - На індикаційній панелі відображається поточний стан системи «Готовий до роботи».
- Прийом команди від оператора;
- Обробка отриманих команд:
 - Мікроконтролер обробляє отримані команди;
 - Генерує відповідні PWM сигнали для керування двигунами;
 - Визначає напрямок, і швидкість обертання двигунів.
- Виконання отриманих команд;
- Постійний моніторинг системою:
 - Система постійно слідкує за станом датчиків положення.
 - Моніторинг кінцевих вимикачів для безпеки.
 - Моніторинг струму споживання двигунів.
 - Моніторинг температури двигунів і системи.

- Аварійні ситуації
 - При перевищенні допустимих значень струму або температури:
 - Система негайно зупиняє двигуни.
 - На індикаційній панелі відображається відповідне попередження.
- Автоматичний перезапуск:
 - Якщо ситуація дозволяє, система автоматично намагається перезапуститися після усунення причини аварії.
 - В іншому випадку, потрібне втручання оператора.

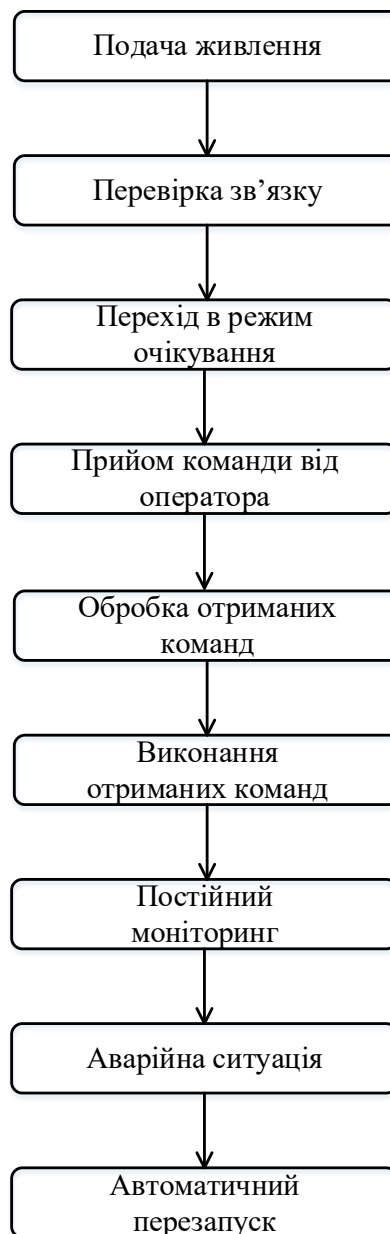


Рисунок 3 - Опис алгоритмів та режимів роботи системи

7. Умови експлуатації системи керування:

Умови експлуатації робота-маніпулятора:

- а) температура навколишнього середовища – від +5 °С до 40°С;
- б) відносна вологість від 20% до 80% при температурі до 35°С без конденсації – під час роботи; відносна вологість до 95% при температурі до 35°С без конденсації – під час зберігання;
- в) витримує вібрації в діапазоні частот до 150 Гц;
- г) тип навколишнього середовища – невибухонебезпечні пожежонебезпечні зони.
- д) потрібно забезпечити освітлення достатнє для роботи оператора, без прямих сонячних променів.

Умови експлуатації технічних засобів, що встановлюються в приміщенні на щитах керування:

- а) температура навколишнього середовища – від 0 °С до 40°С;
- б) відносна вологість від 20% до 85% при температурі до 35°С без конденсації – під час роботи; відносна вологість до 95% при температурі до 35°С без конденсації – під час зберігання;
- в) встановлення в приміщенні відповідному ступеню захисту IP54.
- г) тип навколишнього середовища – невибухонебезпечні пожежонебезпечні зони.

8. Технічні вимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) первинні перетворювачі (давачі положення та переміщення);
- б) вимірювачі струму та напруги;
- в) мікропроцесорні контролери;
- г) засоби відображення і представлення інформації (індикаційні лампочки);
- д) засоби введення оперативної і керуючої інформації (кнопки, перемикачі та джойстики);
- е) виконавчі механізми (електроприводи);

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	01.04.24 - 05.04.24
2	Аналіз предметної області та область застосування робота-маніпулятора «ТУР-10».	05.04.24 - 10.04.24
3	Вдосконалення системи автоматизованого керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»	10.04.24 - 20.04.24
4	Розробка основних схем автоматизації системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»	20.04.24 - 05.05.24
5	Розробка SCADA системи робота-маніпулятора «ТУР-10»	05.05.24 - 12.05.24
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	12.05.24 - 25.05.24

10. Додатки:

Додаток А. СУ-01.6.151.05.Е1 – Структурна схема автоматизованої системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10».

Додаток Б. СУ-01.6.151.05.Е3 – Принципова схема автоматизованої системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10».

Додаток В. СУ-01.6.151.05.Е3 – Принципова схема драйвера керування приводом робота-маніпулятора «ТУР-10».

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10".

Автор: Глуходід Владислав Юрійович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Журба В'ячеслав Олегович; доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління; доцент, к.ф.-м.н.

Робота містить вступ, 5 розділів та висновки в основному тексті, загальним обсягом 65 сторінок, 18 рисунків, 8 таблиць, 16 джерел інформації.

Загальний опис: Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10" призначена для виконання складних маніпуляційних завдань у промислових та лабораторних умовах. Робот-маніпулятор має високу точність та надійність, що забезпечується за допомогою сенсорів і сучасного програмного забезпечення для управління. Маніпулятор оснащений декількома ступенями свободи, що дозволяє йому виконувати широкий спектр рухів і маніпуляцій з об'єктами різної форми і ваги.

У першому розділі проводиться аналіз систем автоматичного керування роботами-маніпуляторами. У другому розділі проводиться опис технологічного процесу під час керування роботами-маніпуляторами. У третьому розділі розглянуто роботів-маніпуляторів як об'єкт керування. Четвертий розділ приділений підпору засобів автоматизації та їх обґрунтуванню. У п'ятому розділі розглянуті SCADA-системи, їх переваги та функції, а також розроблена власна SCADA-система.

У результаті роботи були розроблені структурна схема системи керування та принципова схема системи керування роботами маніпуляторами. А також розроблена принципова схема драйвера, призначеного для керування приводом робота-маніпулятора.

Ключові слова: система керування, ТУР-10, робот-маніпулятор, електропривод, ступені свободи, захват.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту:

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: «Система керування роботом-маніпулятором "ТУР-10"»

Здобувач:

Студент групи СУ-01

Владислав ГЛУХОДІД

Керівник проекту:

доцент, к.ф.-м.н.

В'ячеслав ЖУРБА

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ	6
1.1 Актуальність використання роботів-маніпуляторів.....	6
1.2 Різновиди роботів-маніпуляторів.....	7
1.3 Аналіз систем автоматичного керування приводом робота маніпулятора.....	9
РОЗДІЛ 2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	11
2.1 Ініціалізація та калібрування системи керування.....	11
2.2 Завантаження програмного забезпечення та налаштування параметрів керування роботом	12
2.4 Розрахунок траєкторії руху робота-маніпулятора.....	14
2.5 Виконання завдання від оператора роботом-маніпулятором.....	15
2.6 Контроль якості та корекція рухів маніпулятора	15
2.7 Завершення роботи робота-маніпулятора	16
РОЗДІЛ 3 РОБОТ-МАНІПУЛЯТОР ЯК ОБ’ЄКТ КЕРУВАННЯ	18
3.1 Структура та функціональні компоненти робота-маніпулятора	18
3.2 Моделювання та аналіз системи робота-маніпулятора	22
3.3 Планування траєкторій руху маніпулятора.....	22
3.4 Алгоритми керування роботом-маніпулятором	23
3.5 Системи зворотного зв’язку робота-маніпулятора	24
3.6 Переваги та недоліки системи керування роботами-маніпуляторами.....	24

3.7	Розроблені частини системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»	25
РОЗДІЛ 4 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ОБГРУНТУВАННЯ		29
4.1	Апаратні компоненти системи керування роботами-маніпуляторами.....	30
4.2	Сенсори та давачі	35
4.3	Виконавчі механізми	38
РОЗДІЛ 5 SCADA-СИСТЕМИ		40
5.1	Основні функції SCADA-систем у роботах-маніпуляторах.....	40
5.2	Переваги використання SCADA-систем	41
5.3	Завдання для побудови SCADA-системи робота-маніпулятора.....	41
5.4	Огляд SCADA-системи робота-маніпулятора	44
ВИСНОВОК		48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		50
Додаток А.....		Помилка! Закладку не визначено.
Додаток Б		Помилка! Закладку не визначено.
Додаток В		Помилка! Закладку не визначено.

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

СК – система керування;

ТАК – теорія автоматичного керування;

САУ – автоматизована система управління;

ДПС – двигун постійного струму;

ТЗ – технічне завдання;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Роботи-маніпулятори відіграють важливу роль у сучасному промисловому та технологічному розвитку завдяки своїй здатності виконувати складні та повторювані завдання з високою ефективністю та точністю. Вони значно підвищують продуктивність, зменшуючи людську працю в небезпечних і важких умовах, таким чином покращуючи безпеку на виробництві. Завдяки своїй гнучкості та програмуваністю роботи-маніпулятори можуть швидко адаптуватися до нових завдань, що робить їх незамінними в умовах швидких технологічних змін і високої конкуренції.

Впровадження роботів-маніпуляторів дозволяє підприємствам оптимізувати виробничі процеси, знижуючи витрати на ручну працю і мінімізуючи ризик людських помилок та браку на виході. Це особливо важливо в таких галузях, як автомобілебудування, електроніка, харчова промисловість, де висока точність і швидкість виконання завдань є критичними. Крім того, роботи-маніпулятори здатні працювати в екстремальних умовах, де присутність людини небажана або неможлива, наприклад, у радіоактивних зонах або в космосі.

Розвиток робототехніки також сприяє прогресу в медичній сфері, де маніпулятори використовуються для виконання складних хірургічних операцій з високою точністю, що підвищує шанси на успішне лікування і знижує ризик ускладнень. У наукових дослідженнях роботи-маніпулятори допомагають здійснювати точні експерименти та маніпуляції на мікрорівні, які неможливі вручну.

Загалом, роботи-маніпулятори є ключовими компонентами сучасних автоматизованих систем, що дозволяють підприємствам та науковим установам досягати нових висот у своїй діяльності. Їхня здатність виконувати завдання з високою точністю, швидкістю та надійністю робить їх незамінними в багатьох сферах, сприяючи загальному прогресу і підвищенню якості життя. Вони також відіграють важливу роль у розвитку нових технологій, сприяючи інноваціям та відкриттям, що змінюють наше уявлення про можливості сучасного виробництва та науки.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТРОМ

1.1 Актуальність використання роботів-маніпуляторів

Промислові роботи-маніпулятори – це стаціонарні або мобільні автоматизовані машини з виконавчими пристроями у вигляді маніпуляторів з декількома ступенями рухливості і перепрограмованими програмними контролерами для виконання рухових і керуючих функцій у виробничому процесі.

Актуальність використання роботів-маніпуляторів постійно зростає завдяки кільком ключовим факторам. Тому варто перерахувати фактори, які підкреслюють їх важливість у сучасному та майбутньому світі:

1) Підвищення продуктивності та ефективності

Роботи-маніпулятори здатні виконувати завдання швидше та з більшою точністю, ніж люди. Це особливо важливо в масовому безперервному виробництві, де швидкість і точність безпосередньо впливають на обсяги випуску продукції та її якість.

2) Поліпшення якості продукції

За рахунок своєї точності, роботи-маніпулятори можуть зменшити кількість дефектів і браку в продукції. Це особливо актуально в таких галузях, як електроніка, автомобілебудування та медицина, де навіть незначні дефекти можуть мати серйозні наслідки.

3) Зниження витрат на виробництво

Звісно первинні інвестиції в роботів-маніпуляторів будуть високими, але з часом вони допомагають знизити витрати на виробництво. Роботи можуть працювати без перерв, що зменшує витрати на заробітну плату, медичне страхування та інші витрати, пов'язані з персоналом. За рахунок своєї точності та якості виконання роботи – зменшується кількість браку та надлишкова витрата на сировину.

4) Підвищення безпеки на робочому місці

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роботи-маніпулятори можуть виконувати небезпечні для людини завдання, такі як робота з хімічними речовинами, важкі фізичні навантаження або робота в екстремальних умовах. Це допомагає зменшити кількість нещасних випадків і травм на виробництві.

5) Гнучкість та адаптивність

Сучасні роботи-маніпулятори мають таке програмне забезпечення, за рахунок якого можуть бути запрограмовані для виконання різних завдань, що дозволяє швидко адаптувати виробничий процес до змін в ринкових умовах або вимогах клієнтів. Це робить роботів незамінними в умовах швидкозмінного та часто змінного ринку.

6) Інновації та розвиток технологій

Використання роботів-маніпуляторів стимулює розвиток нових технологій і рішень в галузі автоматизації, штучного інтелекту та машинного навчання. Це, в свою чергу, сприяє подальшому прогресу і вдосконаленню виробничих процесів.

7) Екологічна стійкість

Завдяки своїй ефективності, роботи-маніпулятори можуть сприяти зменшенню споживання енергії та значному зниженню кількості відходів і браку. Це допомагає виробництву ставати більш екологічно відповідальним.

Це все важливі фактори, які роблять роботи-маніпулятори незамінними в сучасному виробництві і підкреслюють їхню значущість у майбутньому. Актуальність використання роботів-маніпуляторів не викликає сумнівів. Вони не тільки підвищують продуктивність і якість продукції, але й забезпечують безпеку працівників, знижують витрати на виробництво і сприяють сталому розвитку. У сучасному конкурентному світі автоматизація з використанням роботів-маніпуляторів стає не просто перевагою, а необхідністю для багатьох галузей [1].

1.2 Різновиди роботів-маніпуляторів

Роботи-маніпулятори представлені широким розмаїттям, і їх кількість постійно зростає завдяки технологічному прогресу. Кожен тип робота має свої унікальні характеристики та сфери застосування, що дозволяє максимально ефективно використовувати їх у різних галузях промисловості. Усі вони класифікуються за такими ознаками:

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) За характером виконуваних технологічних операцій:
 - Технологічні – роботи, які виконують основні операції технологічного процесу;
 - Допоміжні – роботи, що виконують допоміжні операції щодо обслуговування;
 - Універсальні – роботи, що виконують різноманітні операції.
- 2) За видом виробництва:
 - Ливарні;
 - Зварювальні;
 - Ковальсько-пресові;
 - Фарбувальні;
 - Транспортно-складські тощо.
- 3) За системою координат руки маніпулятора:
 - Прямокутна (плоска та просторова);
 - Полярна і циліндрична;
 - Сферична;
 - Ангулярна (кутова) (плоска, циліндрична та сферична).
- 4) За типом силового приводу:
 - Роботи з електромеханічними приводами;
 - Роботи з пневматичними приводами;
 - Роботи з гідравлічними приводами;
 - Роботи з комбінованими приводами.
- 5) За видом програми:
 - Жорсткопрограмовані — промислові роботи, які не мають пристрою швидкої зміни програми;
 - Гнучкопрограмовані — промислові роботи, які мають пристрій швидкої зміни програми;
 - Адаптивні — промислові роботи, які здійснюють свої дії на підставі інформації про об'єкти і явища зовнішнього середовища, отримуваної в процесі роботи;

- Інтелектуальні — промислові роботи, що здатні самостійно планувати свою поведінку залежно від поставленого завдання, критеріїв якості, власного стану і стану зовнішнього середовища.

б) За характером керування:

- Позиційні;
- Контурні;
- Комбіновані.

1.3 Аналіз систем автоматичного керування приводом робота маніпулятора

Усі способи керування роботом-маніпулятором основані на теорії автоматичного керування (ТАК). Їх існує велика множина, проте їх узагальнення складає труднощі, оскільки кожного дня вирішуються, як правило, принципово різні завдання: оператор працює в умовах, що неможливо передбачити завчасно, вирішуються завдання, пов'язані з побудовою системи керування (СК) [6].

Під час вирішення поставлених завдань, необхідно розуміти, що об'єктом керування виступає саме процес керування приводом робота-маніпулятора. До системи керування робота-маніпулятора об'єднують у собі самі пристрої керування та виконання (виконавчі пристрої), які обробляють вхідну інформацію та постановку завдань на силові агрегати. Таким чином, на маніпулятор надходить сигнал, що приводить його в рух [6].

Система керування містить у собі сам об'єкт, необхідний регулятор та привід, датчики. Також, необхідним є наявність каналів зв'язку, оскільки за їх допомогою відбувається обмін інформації між елементами системи. Цей обмін може відбуватися за допомогою пневматичних чи гідравлічних системи, за допомогою комп'ютерних мереж, проте найбільш популярним є обмін за допомогою електричного струму [6].

Сам процес керування містить за мету регулювання величини, що отримується на виході, тобто процес її зміни в часі. З цього випливає, що керуючий вплив є одним з найважливіших показників для здійснення регулювання необхідної величини об'єкта керування. За допомогою керуючого впливу відбувається

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компенсація дій зовнішнього впливу, які можуть викликати збурення, тим самим, порушувати дії та відгук величини, що регулюється.

Вироблення та реакція керуючого впливу відбувається за допомогою пристрою керування (ПК). А об'єднання в єдину систему пристрою керування та об'єкта керування, та їх взаємодіють одного з іншим утворюють систему автоматичного керування (САК) [6].

Таким чином, системою керування називається набір засобів для збору інформації про об'єкт керування та впливів, що контролюють його поведінку, які систематизовані між собою задля отримання необхідних та бажаних результатів. Враховуючи все наведене вище, постає можливість представити узагальнену структурну схему системи керування роботом-маніпулятором (рис. 1.1):

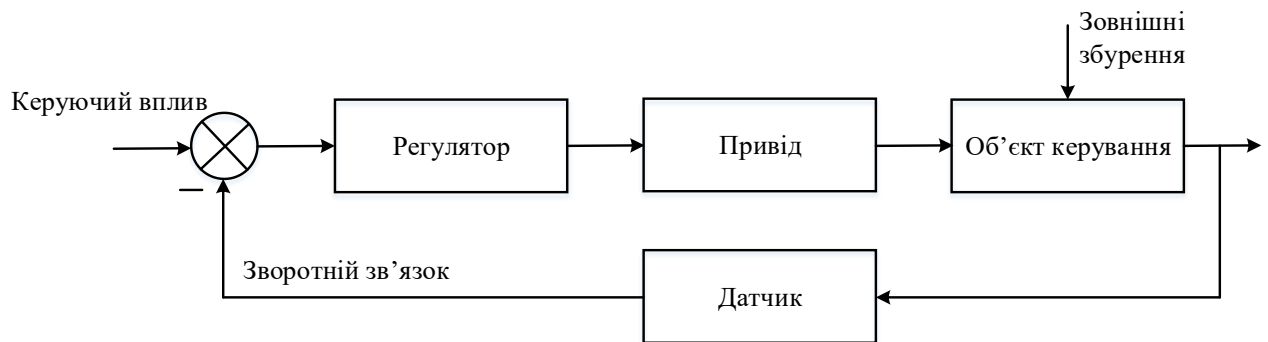


Рисунок 1.1 – Узагальнена структурна схема системи керування роботом-маніпулятором

Так, якщо розглядати робот-маніпулятор з точки зору керування, він являє собою електромеханічну систему, яка включає багатоланкові механічні механізми з відповідним типом приводу та перепрограмований контролер. Зміна характеристик об'єкта з часом є важливим аспектом. Якщо параметри залишаються постійними і не змінюються з часом, система вважається стаціонарною, і її динаміка описується диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами. Якщо ж параметри регулятора змінюються з часом, система є нестаціонарною, і під час дослідження таких систем необхідно враховувати як величину збурення, так і момент його прикладання.

РОЗДІЛ 2

ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Робот-маніпулятор імітує функціональність людської руки, що дозволяє виконувати точні і складні маніпуляції з різними об'єктами. Технологічний процес роботи робота-маніпулятора включає в себе кілька важливих етапів, кожен з яких має критичне значення для успішного виконання завдання. І зараз ми трішки розглянемо кожен з них.

2.1 Ініціалізація та калібрування системи керування

Ініціалізація системи: На цьому етапі проходить вмикання системи і проведення ретельних перевірок всіх її компонентів. Спочатку перевіряються контролери, які відповідають за керування різними процесами та забезпечують правильну взаємодію між частинами системи. Потім проводиться тестування приводів, які забезпечують рух і функціонування механічних частин системи.

Також важливо перевірити датчики, оскільки вони відповідають за збір та передачу інформації про стан системи та її оточення. Датчики відіграють критичну роль у забезпеченні безпеки та ефективності роботи системи. А також, необхідно провести тестування програмного забезпечення, яке координує роботу всіх цих компонентів, забезпечуючи їхню синхронізовану та безперебійну взаємодію.

Під час етапу ініціалізації системи особливо важливо переконатися, що всі компоненти працюють належним чином, без будь-яких помилок або збоїв. Це включає перевірку на відсутність програмних помилок, механічних несправностей та проблем із з'єднаннями. Система повинна стабільно та надійно виконувати свою роботу. Виявлення та усунення будь-яких недоліків на цьому етапі є важливим завданням для забезпечення успішного функціонування системи в майбутньому.

Калібрування: Робот-маніпулятор проводить калібрування для забезпечення високої точності своїх рухів. Калібрування включає кілька важливих етапів. Перш за все, робот виходить у початкові, (тобто нульові), координати для кожної своєї ступені свободи. Це необхідно для встановлення позиції, від якої відраховуватимуться всі подальші рухи та операції.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Наступним етапом є перевірка та налаштування датчиків положення та руху. Ці датчики відіграють ключову роль у визначенні точного положення маніпулятора в просторі та контролі його рухів. Вони повинні бути налаштовані так, щоб надавати найточніші дані про поточний стан кожного сегмента робота.

Таким чином, процес калібрування є складним і багатоступеневим, але необхідним для забезпечення надійної та точної роботи робота-маніпулятора.

2.2 Завантаження програмного забезпечення та налаштування параметрів керування роботом

Завантаження завдання: Програмне забезпечення, яке відповідає за виконання конкретних завдань, завантажується в систему робота. Це можуть бути програми, написані на мовах програмування, таких як C++, або інших. Але кожен оператор повинен налаштувати робота-маніпулятора під конкретні дії, тобто оператор задає завдання з пульта керування – це також відноситься до етапу програмування.

Завантаження і налаштування програмного забезпечення є важливим етапом у процесі підготовки робота до роботи. Воно повинно бути ретельно протестоване для виявлення та виправлення можливих помилок, щоб забезпечити надійну і безперебійну роботу системи. Це включає не лише базові перевірки, але й тестування в реальних умовах, щоб переконатися, що робот здатний ефективно та адекватно виконувати свої завдання [3].

Налаштування параметрів: Оператор налаштовує параметри роботи робота, такі як швидкість руху, прискорення, сила захвату, координати руху, та інші характеристики. Це налаштування може бути автоматизованим або здійснюватися вручну в залежності від складності завдання і вимог до точності. Ці налаштування є важливими для забезпечення ефективної та безпечної роботи робота, особливо при виконанні складних завдань, що вимагають високої точності.

У автоматизованих системах налаштування параметрів може виконуватися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке аналізує завдання та автоматично обирає оптимальні параметри для виконання операцій. Це дозволяє швидко та ефективно підготувати робота до роботи без участі оператора.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Під час ручного налаштування, оператор самостійно вводить необхідні параметри, враховуючи завдання. Наприклад, при налаштуванні швидкості руху робота оператор визначає, з якою швидкістю робот повинен переміщуватися між точками. Прискорення налаштовується для забезпечення плавності рухів та уникнення різких зупинок або стартів, що можуть пошкодити робота або об'єкти, з якими він взаємодіє.

Сила захвату налаштовується залежно від типу об'єктів, які робот має маніпулювати.

Таким чином, налаштування параметрів роботи робота є важливим етапом, що впливає на його продуктивність та безпеку. Автоматизоване налаштування дозволяє швидше підготувати робота до роботи, тоді як ручне налаштування забезпечує більшу гнучкість і точність у специфічних ситуаціях.

2.3 Сканування та ідентифікація об'єктів

Використання сенсорів: Робот використовує різні типи сенсорів для збору інформації про навколишнє середовище. Це можуть бути 2D і 3D камери, лазерні сканери, ультразвукові датчики і т.д. Датчики допомагають виявляти об'єкти, визначати їх розміри, форму і положення.

2D камери дозволяють роботу отримувати зображення в двовимірному просторі, що є корисним для розпізнавання форм і кольорів об'єктів, а також для читання тексту або штрих-кодів. 3D камери надають тривимірну інформацію про навколишнє середовище, що дозволяє роботу точно визначати відстані до об'єктів та їх об'ємні характеристики.

Лазерні сканери використовують промені для створення точних карт місцевості. Вони можуть швидко сканувати великі області, виявляючи перешкоди та детально вимірюючи відстані до об'єктів. Це особливо корисно для навігації в складних або змінних умовах.

Ультразвукові датчики також швидко сканують великі області, виявляючи перешкоди та детально вимірюючи відстані до об'єктів. Вони випромінюють ультразвукові імпульси і вимірюють час, за який відбитий сигнал повертається до датчика. Це дозволяє точно визначати положення об'єктів, навіть якщо вони не видимі для оптичних сенсорів.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі ці датчики допомагають роботу виявляти об'єкти, визначати їх розміри, форму і положення в просторі. Це забезпечує точність і надійність у виконанні завдань, таких як маніпуляція об'єктами, навігація в просторі та взаємодія з людьми. Отже, використання різних типів сенсорів дозволяє роботу адаптуватися до широкого спектру ситуацій і виконувати завдання з високою точністю та ефективністю.

Аналіз зображень: Програмне забезпечення обробляє отримані дані, використовуючи методи машинного зору і машинного навчання для ідентифікації об'єктів. Алгоритми розпізнавання зображень можуть включати використання нейронних мереж для точного визначення об'єктів у складних умовах.

Алгоритми розпізнавання зображень можуть включати кілька етапів. Спочатку дані зі сенсорів обробляються для виділення ключових характеристик об'єктів, таких як контури, текстури та кольори. Потім ці характеристики аналізуються за допомогою нейронних мереж, які визначають, що саме зображено на картинці.

Наприклад, якщо робот працює на виробничій лінії, він може використовувати камери для контролю якості продукції. Машинний зір дозволяє роботу виявляти дефекти на поверхні деталей або перевіряти правильність складання продукту. Використовуючи алгоритми розпізнавання зображень, робот може миттєво ідентифікувати дефектні вироби та відсортувати їх для подальшого аналізу або ремонту [5].

Таким чином, програмне забезпечення, що використовує методи машинного зору та машинного навчання, є невід'ємною частиною сучасних роботів.

2.4 Розрахунок траєкторії руху робота-маніпулятора

Планування рухів: Система розраховує оптимальну траєкторію руху маніпулятора до цільового об'єкта, враховуючи початкове і кінцеве положення та задані координати оператором, а також обмеження робочого простору. Це планування може включати алгоритми кінематики і динаміки для забезпечення плавного і точного руху.

Уникнення зіткнень: Алгоритми планування рухів враховують можливі перешкоди на шляху робота, використовуючи методи виявлення зіткнень і обходу

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перешкод. Система може використовувати карти навколишнього середовища або реальні дані сенсорів для динамічного уникнення зіткнень.

2.5 Виконання завдання від оператора роботом-маніпулятором

Переміщення до об'єкта: Робот починає рух до зазначеного об'єкта за координатами, виконуючи заплановані рухи з урахуванням обчисленої траєкторії. Для точного виконання завдання можуть використовуватися алгоритми управління зворотним зв'язком, які коригують рухи в режимі реального часу.

Захоплення об'єкта: Рука (захват) виконує захоплення об'єкта. Сила захвату регулюється в залежності від типу і матеріалу об'єкта, щоб запобігти його пошкодженню або падінню. Для крихких або тендітних об'єктів потрібна менша сила захвату, щоб уникнути їх пошкодження, але потрібно, щоб сила захвату не була занадто малою для уникнення випадіння об'єкта з захвату.

Переміщення об'єкта: Після захоплення робот переміщує об'єкт до заданого місця. Це може включати транспортування об'єкта на конвеєр, укладання у визначеному місці або виконання інших маніпуляцій, таких як зварювання, склеювання або складання.

Розміщення об'єкта: Робот точно розміщує об'єкт у визначеному місці, виконуючи необхідні рухи для забезпечення правильної орієнтації і позиціонування. Це може включати обертання, нахил або інші дії для точного встановлення об'єкта, або утримання цього об'єкта в потрібному положенні під потрібним кутом (наприклад, в машинобудуванні при зборці авто з готових деталей).

2.6 Контроль якості та корекція рухів маніпулятора

Моніторинг процесу: В процесі виконання завдання робот постійно слідкує за своїми діями за допомогою датчиків (датчики положення або камери). Це дозволяє виявляти будь-які відхилення від запланованого процесу та швидко вносити корективи.

Датчики положення, також відомі як енкодери, вимірюють точне положення та орієнтацію частин робота в просторі. Вони дозволяють роботу контролювати свої рухи з високою точністю, забезпечуючи правильне виконання завдань. Якщо

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робот виявляє відхилення від запланованої траєкторії, він може негайно скорегувати свої рухи для повернення до потрібного курсу.

Корекція: У випадку виявлення відхилень система автоматично коригує рухи робота для забезпечення точного виконання завдання. Це може включати перерахунок траєкторії, налаштування параметрів захвату або повторення певних дій.

Автоматична корекція дій робота-маніпулятора є важливим елементом для забезпечення надійності та ефективності роботи. Вона дозволяє роботу адаптуватися до непередбачуваних ситуацій і змін у навколишньому середовищі, підтримуючи високу якість виконання завдань.

Завдяки такій гнучкості, робот здатний працювати в різних умовах і виконувати завдання з високою точністю, навіть коли виникають непередбачені відхилення. Це робить роботизовані системи надзвичайно цінними в промисловості, медицині, логістиці та багатьох інших сферах, де точність і надійність є критичними. Процес контролю та корекції може включати кілька етапів:

Моніторинг в режимі реального часу: Робот постійно отримує дані від датчиків.

Аналіз відхилень: Якщо виявлено відхилення від запланованого процесу, програмне забезпечення аналізує причини та ступінь цього відхилення.

Корекція дій: На основі отриманих даних робот вносить корективи у свої дії. Це може включати зміну траєкторії руху, регулювання швидкості або сили захвату, або навіть повторення певного етапу завдання.

Перевірка результатів: Після внесення коректив робот перевіряє, чи усунуті виявлені проблеми, і продовжує виконання завдання.

2.7 Завершення роботи робота-маніпулятора

Завершення завдання: Після завершення всіх маніпуляцій робот повертається у вихідне положення або переходить у режим очікування, готовий до виконання наступного завдання. Це дозволяє системі швидко реагувати на нові завдання та ефективно використовувати час простою.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Коли робот завершує виконання поточного завдання, він може повернутися у вихідне положення, що є заздалегідь визначеною точкою, з якої починається його робочий цикл. Це положення може бути оптимальним для початку наступної операції або для зручного розташування у просторі, що полегшує його подальші дії. У деяких випадках робот може переходити у режим очікування, де він перебуває у стані готовності до отримання нового завдання. У цьому режимі всі системи робота залишаються активними, але він не виконує жодних активних дій, що дозволяє швидко розпочати роботу, коли надійде нове завдання.

Діагностика: Робот проводить самодіагностику, перевіряючи стан своїх компонентів, таких як приводи, датчики і контролери. Виявлені несправності або знос компонентів фіксуються і передаються оператору, у вигляді попередження, для подальшого аналізу і технічного обслуговування. Регулярна діагностика дозволяє запобігти можливим збоям підвищити надійність роботи робота, та запобігти бракуванню під час виконання завдань.

Технологічний процес роботи робота-маніпулятора включає в себе кілька складних етапів, починаючи з ініціалізації і калібрування, і закінчуючи контролем якості і діагностикою. Завдяки своїй високій точності, швидкості та надійності, роботи-маніпулятори значно підвищують ефективність виробничих процесів, знижуючи витрати, покращуючи якість продукції та запобігаючи бракуванню продукції. Впровадження роботів-маніпуляторів у виробництво дозволяє автоматизувати рутинні та складні завдання, підвищуючи продуктивність та забезпечуючи стабільно високу якість виконання завдань.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОБОТ-МАНІПУЛЯТОР ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ

Роботи-маніпулятори є ключовими елементами автоматизованих систем, що виконують різноманітні виробничі та технологічні операції. Вони широко використовуються у промисловості для автоматизації таких процесів, як збирання, зварювання, фарбування, пакування та багато інших.

Роботи-маніпулятори — це складні системи, які інтегрують механічні, електронні та програмні компоненти, щоб забезпечити високу точність і надійність виконання завдань. Ефективність роботи таких роботів значною мірою залежить від правильної інтеграції та взаємодії всіх цих компонентів.

3.1 Структура та функціональні компоненти робота-маніпулятора

Механічна структура робота-маніпулятора включає кілька основних елементів, кожен з яких відіграє важливу роль у функціонуванні та виконанні завдань робота. Ці елементи забезпечують рухливість, стабільність і точність дій робота. Розглянемо ці компоненти детальніше:

1) База:

Фіксована база: Це стаціонарна основа, до якої кріпиться робот-маніпулятор. Вона забезпечує стабільність і підтримку для всієї конструкції. Фіксована база зазвичай використовується в стаціонарних роботах, які виконують завдання в обмеженому робочому просторі і їм не потрібно змінювати своє місцезнаходження.

Рухома база: Це мобільна платформа, що дозволяє роботу пересуватися в просторі. Рухома база може включати колеса, гусениці або інші механізми пересування, що дозволяють роботу виконувати завдання в різних точках робочої області.

2) Ланки:

Ланки є жорсткими елементами конструкції, які з'єднуються між собою за допомогою шарнірів. Вони утворюють механічну руку робота, що може мати різну довжину і конфігурацію в залежності від завдань, які потрібно виконувати.

Кількість ланок визначає ступінь свободи робота, що є важливим параметром для складних маніпуляцій і досягнення віддалених точок робочої області.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Жорсткість і конфігурація ланок, разом із типами шарнірів, визначають робочі можливості робота. Кількість ланок, а отже і ступінь свободи, є визначальними факторами, що впливають на гнучкість і функціональність робота, дозволяючи йому досягати віддалених точок і виконувати складні маніпуляції в різних умовах.

3) Шарніри:

Обертальні шарніри: Це з'єднання, які дозволяють ланкам обертатися навколо осей. Обертальні шарніри забезпечують гнучкість і рухливість робота, дозволяючи йому виконувати складні маніпуляції. Вони можуть повертати ланки навколо однієї або декількох осей, що дає змогу роботу змінювати напрямок і орієнтацію своїх рухів. Наприклад, робот може обертати свій "лікоть" або "зап'ястя", щоб досягти бажаної позиції або орієнтації об'єкта, з яким він працює.

Лінійні шарніри: Це з'єднання, які забезпечують прямолінійні переміщення ланок відносно одна одної. Лінійні шарніри використовуються для завдань, що вимагають точних лінійних рухів. Вони дозволяють роботу здійснювати рухи вздовж прямої лінії, що є важливим для виконання завдань, таких як підйом і опускання об'єктів, або пересування по прямій траєкторії. Наприклад, робот може використовувати лінійні шарніри для точного розміщення деталей на конвеєрній стрічці або для руху в обмеженому просторі з високою точністю.

4) Виконавчий орган:

Інструмент: Це спеціалізовані пристрої, які встановлюються на кінці робота для виконання конкретних завдань. Прикладами є зварювальні головки, різальні інструменти, фарбувальні пістолети та інші. Інструменти допомагають роботу виконувати різні операції, такі як з'єднання матеріалів, різка, фарбування тощо, забезпечуючи різноманітність та універсальність його застосування у виробничих та технологічних процесах.

Маніпулятор: Це пристрій, що дозволяє роботу захоплювати, утримувати та переміщувати об'єкти. Маніпулятори можуть бути різних типів, включаючи пневматичні, гідравлічні та електричні, і вони можуть мати різні захвати, адаптовані до конкретних завдань. Маніпулятори є ключовими компонентами для забезпечення ефективності та точності робота-маніпулятора в процесі виконання завдань, оскільки вони відповідають за правильне захоплення та рух об'єктів у

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочій області. За допомогою маніпуляторів робот може взаємодіяти з різними типами об'єктів, виконуючи різноманітні завдання в промислових, виробничих та логістичних середовищах.

Функціональна частина системи роботів-маніпуляторів представлена у вигляді актуаторів, датчиків та системи керування.

Актуатори є приводними механізмами, які забезпечують рух ланок робота. Залежно від типу приводу, актуатори можуть бути: електричними, гідравлічними та пневматичними.

Електричні актуатори: Використовуються електромотори, які забезпечують високу точність і швидкість руху. Електричні актуатори дозволяють контролювати рух ланок робота з високою точністю і динамікою. Вони широко використовуються у різноманітних застосунках, де потрібне точне позиціонування і динамічні рухи, таких як промислові роботи, автоматизовані виробничі лінії та робототехнічні системи.

Гідравлічні актуатори: Використовують рідину під тиском для передачі енергії, забезпечуючи велику потужність і силу. Гідравлічні актуатори дозволяють роботам виконувати завдання, які вимагають великої сили та потужності, такі як підйом важких навантажень або виконання робіт у важкодоступних умовах. Вони знаходять застосування у важких промислових середовищах, будівництві, гірництві, самоскидних напівпричепках і причепах, та інших галузях, де потрібна велика сила для виконання завдань.

Пневматичні актуатори: Використовують стиснене повітря, що дозволяє досягати високої швидкості руху при меншій потужності. Пневматичні актуатори є ефективними для виконання швидких і легких рухів у виробничих та автоматизованих системах. Вони зазвичай застосовуються в ситуаціях, де важлива швидкість реакції і зміна позицій, таких як вакуумні захоплення, лінії збору-розподілу та інші виробничі процеси.

Датчики забезпечують зворотний зв'язок, збираючи дані про різні параметри системи.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енкодери: Вимірюють кутове положення або швидкість обертання шарнірів. Енкодери надають точну інформацію про рух і позицію ланок робота, що дозволяє контролювати і керувати їхнім рухом з високою точністю.

Гіроскопи та акселерометри: Вимірюють кутову швидкість і прискорення ланок робота. Гіроскопи визначають зміну орієнтації, а акселерометри - прискорення руху. Ці датчики допомагають роботу визначати своє положення в просторі і контролювати свій рух.

Датчики сили та моменту: Вимірюють прикладені до робота сили та моменти. Ці сенсори дозволяють роботу взаємодіяти з оточуючими об'єктами, визначаючи силу, яку вони вправляють, а також моменти, що виникають під час руху.

Візуальні датчики: Камери, лазерні сканери, ультразвукові датчики потрібні для отримання інформації про навколишнє середовище та об'єкти, з якими взаємодіє робот. Візуальні сенсори дозволяють роботу розпізнавати об'єкти, визначати їх розміри, форму і положення, що робить можливим виконання точних маніпуляцій у просторі.

Система автоматизованого керування роботом-маніпулятором складається з таких основних компонентів, як: контролери, алгоритми планування траєкторії, методи керування.

Контролери: Мікропроцесори або мікроконтролери, що виконують обчислювальні операції та генерують сигнали керування. Контролери відповідають за обробку вхідних даних з датчиків, виконання алгоритмів керування та відправлення відповідних сигналів до актуаторів для керування рухом робота.

Алгоритми планування траєкторій: Програмне забезпечення, що розраховує оптимальні траєкторії руху виконавчого органу. Ці алгоритми враховують обмеження робота і вимоги завдання для розрахунку оптимального шляху руху, що дозволяє роботу ефективно виконувати задачі.

Методи керування: Реалізація алгоритмів керування, які забезпечують точне слідування траєкторії, адаптацію до змінних умов та компенсацію зовнішніх збурень. Ці методи включають в себе регулювання підсилення, PID-контролери, адаптивні алгоритми та інші стратегії керування, що допомагають роботу досягати потрібної точності та стійкості в процесі виконання завдань.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Моделювання та аналіз системи робота-маніпулятора

Моделювання та аналіз кінематики і динаміки робота-маніпулятора є важливими аспектами для розробки та керування ним. Розглянемо деякі з ключових пунктів цих процесів.

Пряма кінематика: Цей процес полягає в розрахунку положення та орієнтації виконавчого органу на основі відомих положень шарнірів. Він допомагає визначити точне місце робота в просторі в залежності від умов.

Зворотна кінематика: Це визначення необхідних кутів шарнірів для досягнення заданого положення та орієнтації виконавчого органу. Особливо важливою стає для багатоланкових роботів, де розрахунок може бути складним завданням.

Моделювання динамічних систем: Це включає складання рівнянь руху на основі законів Ньютона або Лагранжа. Цей процес дозволяє розрахувати сили та моменти, необхідні для забезпечення потрібного руху робота [16].

Аналіз стійкості: Це оцінка, як система реагує на збурення та зміни параметрів. Важливо забезпечити, щоб робот був стійким під час виконання завдань, і аналіз стійкості допомагає визначити, наскільки добре система впорається з такими ситуаціями.

3.3 Планування траєкторій руху маніпулятора

Планування траєкторій для роботів-маніпуляторів є ключовим етапом в їхньому керуванні та виконанні завдань. Розглянемо деякі методи та алгоритми, які використовуються в цьому процесі.

Спочатку розглянемо метод прямого планування, до якого відносяться метод проб і помилок та метод потенціальних полів.

Метод проб і помилок: Це простий підхід, де робот перевіряє різні можливі траєкторії, доки не знайде оптимальний шлях. Цей метод може бути ефективним для простих завдань, але не завжди гарантує знаходження найкращого рішення.

Метод потенціальних полів: Використовує штучні силові поля для направлення руху робота до цілі та уникнення перешкод. Цей метод дозволяє роботу ефективно орієнтуватися в середовищі, але може мати проблеми з локальними мінімумами.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер розглянемо алгоритми оптимізації.

Генетичні алгоритми: Використовують еволюційний підхід, щоб знаходити оптимальні траєкторії шляхом випадкового пошуку та відбору найкращих рішень. Цей метод може бути ефективним для складних задач з багатьма варіантами вирішення.

Метод рою частинок: Імітує поведінку рою для пошуку глобально оптимальних рішень. Він дозволяє роботу-маніпулятору ефективно вивчати простір можливих рішень та знаходити оптимальні траєкторії [2].

Динамічне програмування: Розбиває складну задачу на менші підзадачі для поетапного знаходження оптимального рішення. Цей метод особливо корисний для задач з багатьма змінними параметрами.

3.4 Алгоритми керування роботом-маніпулятором

Алгоритми керування грають важливу роль у забезпеченні ефективності та точності роботів-маніпуляторів. Розглянемо кілька ключових методів.

Пропорційно-інтегрально-диференціальні (PID) регулятори є одним з найпоширеніших методів керування, що забезпечують стабільність і точність:

- 1) Пропорційний компонент – враховує поточну помилку.
- 2) Інтегральний компонент – враховує накопичену помилку.
- 3) Диференціальний компонент – враховує швидкість зміни помилки.

Адаптивне керування передбачає модифікацію параметрів регулятора в режимі реального часу для компенсації зміни динамічних властивостей робота:

- 1) Методи самоорганізації – робот самостійно визначає оптимальні параметри керування.
- 2) Методи зворотного зв'язку – використання сенсорних даних для адаптації параметрів керування.

Інтеграція методів штучного інтелекту, таких як нейронні мережі та алгоритми навчання, дозволяє роботам-маніпуляторам самостійно адаптуватися до нових умов:

- 1) Нейронні мережі – використовуються для навчання робота складним задачам керування.

2) Підкріплювальне навчання – робот вчиться на основі винагород і покарань за виконання певних дій.

Ці алгоритми та методи сприяють покращенню продуктивності, точності та стійкості роботів-маніпуляторів у різних умовах та завданнях.

3.5 Системи зворотного зв'язку робота-маніпулятора

Системи зворотного зв'язку є критичним елементом керування роботами-маніпуляторами, оскільки вони дозволяють коригувати дії робота на основі реальних даних. Розглянемо закрити та відкрити системи керування.

Закрита система керування:

- 1) Використовує дані з датчиків для постійної корекції рухів робота.
- 2) Перевіряє реальний стан системи та порівнює його з бажаним результатом, надаючи зворотний зв'язок для коригування дій.

Відкрита система керування:

- 1) Здійснює керування без зворотного зв'язку.
- 2) Не використовує реакції на реальні дані для корекції рухів, що може бути менш ефективним у змінних зовнішніх умовах.

У багатьох випадках використовується комбінація обох підходів для досягнення оптимального керування роботами-маніпуляторами, де закрити система керування забезпечує точність та стійкість, а відкрита система дозволяє швидко реагувати на нові умови або завдання.

3.6 Переваги та недоліки системи керування роботами-маніпуляторами

Кожна система завжди має свої переваги та недоліки. А система керування роботами-маніпуляторами не виключення. Тому використання роботів-маніпуляторів у сучасній промисловості та інших галузях, як і всі системи, надає значні переваги, але також супроводжується певними недоліками, які потребують уваги.

Перевагами автоматизованих систем керування маніпуляторами є:

- 1) Інтеграція машинного навчання, тобто використання методів штучного інтелекту для покращення адаптивності та автономності роботів.
- 2) Нові матеріали та технології – використання нових матеріалів для підвищення ефективності та гнучкості роботів.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Розвиток інтерфейсів взаємодії – створення інтуїтивних та зручних інтерфейсів для взаємодії людини з роботом, включаючи віртуальну та доповнену реальність.

Супровідні недоліки даним перспективам є:

1) Нелінійність системи, а отже, нелінійні динамічні властивості робота ускладнюють його моделювання та керування.

2) Зовнішні збурення, тобто зміни в навколишньому середовищі та взаємодія з іншими об'єктами впливають на роботу маніпулятора.

3) Висока точність та швидкість – необхідність досягнення високої точності та швидкості виконання завдань в умовах змінних навантажень та складної динаміки руху.

Розгляд цих аспектів є важливим для збалансованого підходу до впровадження та використання роботів-маніпуляторів у різних сферах.

3.7 Розроблені частини системи керування роботом-маніпулятором «ТУР-10»

Під час виконання проекту було виконано декілька розробок електричних шаф керування роботом-маніпулятором «ТУР-10». Розробка електричних шаф системи керування роботом маніпулятором є складним і багатогранним процесом. Цей процес включає проектування, розміщення та з'єднання електричних компонентів, таких як контролери, перетворювачі частоти, блоки живлення та засоби комунікації. Електрична шафа повинна забезпечувати надійну і безперебійну роботу всіх систем робота, захищаючи чутливу електроніку від зовнішніх впливів, таких як пил, волога та механічні пошкодження. Особливу увагу приділяють вибору відповідних компонентів і кабелів, а також їх правильному розміщенню всередині шафи, щоб забезпечити мінімальні електромагнітні завади і максимальну зручність обслуговування. Крім того, важливо дотримуватися стандартів безпеки, зокрема, належного заземлення і ізоляції всіх високовольтних частин. Були розроблені силова шафа керування та шафа драйверів керування:

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

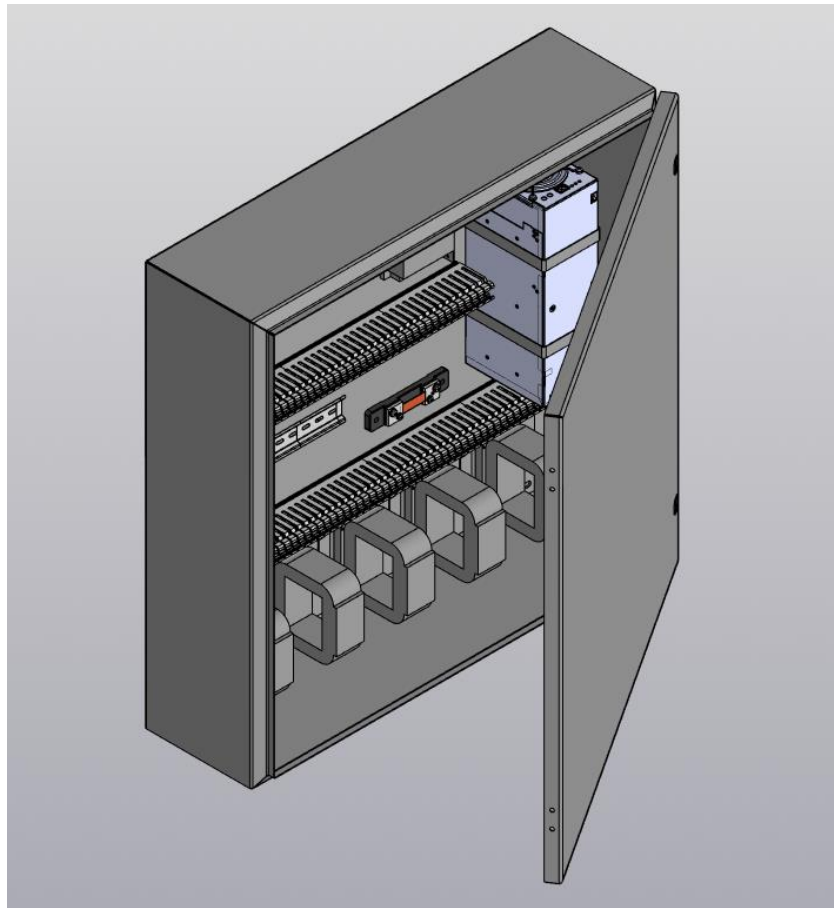


Рисунок 3.1 – Силова шафа системи керування «ТУР-10»

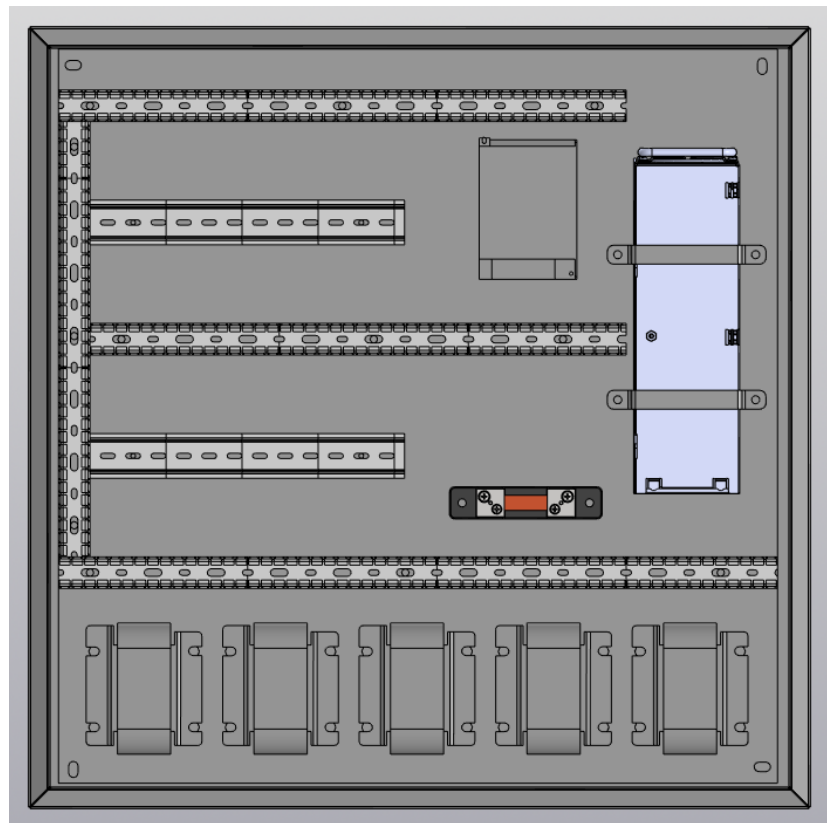


Рисунок 3.2 – Силова шафа системи керування «ТУР-10»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.05.ПЗ

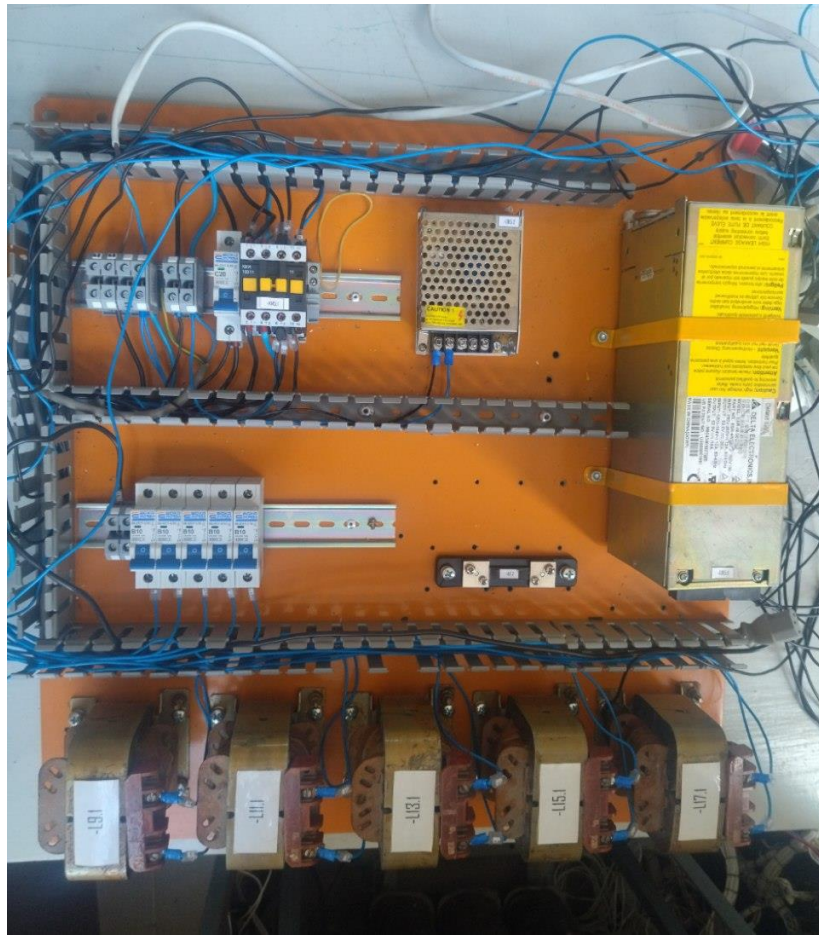


Рисунок 3.3 – Розробка силової шафи керування

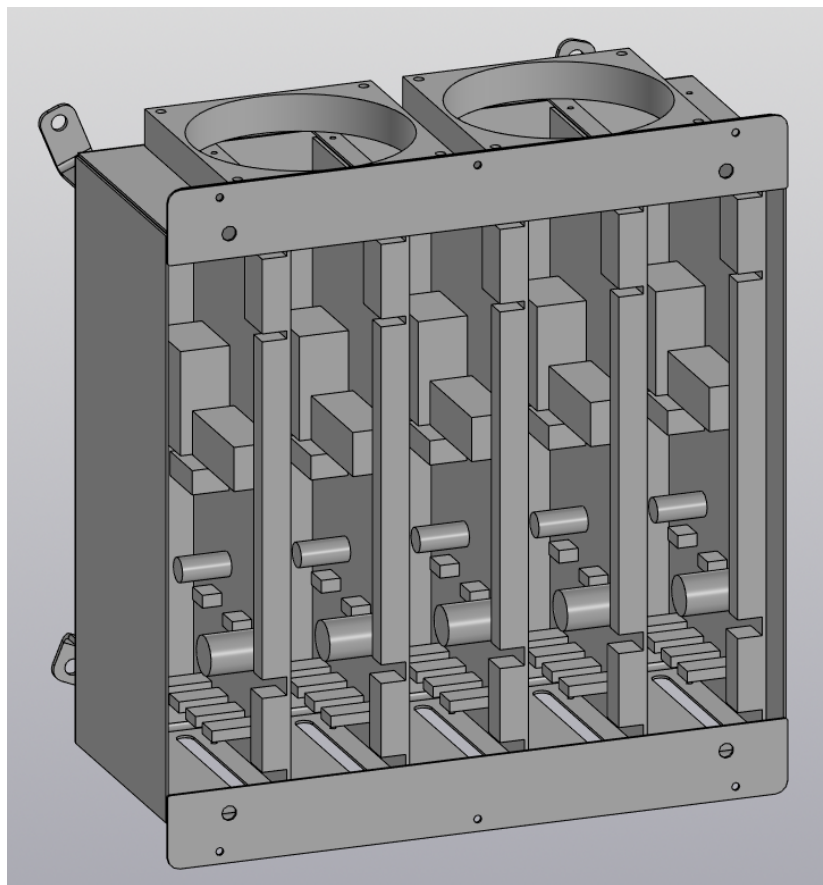


Рисунок 3.4 – Шафа драйверів керування ДПС приводів «ТУР-10»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.05.ПЗ



Рисунок 3.4 – Шафа драйверів керування ДПС приводів «ТУР-10»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01.6.151.05.ПЗ

Лист

28

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ОБГРУНТУВАННЯ

Проектування сучасних систем автоматизації вимагає комплексного підходу та врахування багатьох факторів для забезпечення їхньої ефективності, надійності та відповідності конкретним вимогам. Одним із ключових етапів у цьому процесі є правильний та оптимальний вибір апаратної частини та засобів автоматизації. Для досягнення цієї мети необхідно чітко слідувати технічному завданню (ТЗ), яке визначає основні параметри та характеристики майбутньої системи [11].

Технічне завдання є основоположним документом, що встановлює вимоги до проекту та визначає його ключові аспекти. Це включає функціональні вимоги, обмеження по часу та бюджету, а також специфічні умови експлуатації. Особливу увагу слід звернути на вибір датчиків (сенсорів), які є критичними елементами будь-якої автоматизованої системи. Вони забезпечують збір даних про різні параметри процесу або об'єкта керування, такі як температура, тиск, швидкість, положення та інші. Від якості та точності датчиків залежить здатність системи адекватно реагувати на зміни в умовах експлуатації та забезпечувати необхідний рівень керування. Таким чином, вибір датчиків повинен базуватися не лише на їхніх технічних характеристиках, але й на відповідності вимогам конкретного застосування.

Умови експлуатації системи також мають вирішальне значення при проектуванні. Середовище, в якому буде працювати система, може включати різноманітні фактори, такі як температура, вологість, наявність пилу, вібрації та інші. Ці фактори можуть значно впливати на роботу апаратної частини та засобів автоматизації. Наприклад, датчики, що використовуються в агресивних середовищах, повинні мати підвищену стійкість до корозії, вібрацій та інших несприятливих умов. Неврахування цих умов може призвести до швидкого зносу обладнання та його виходу з ладу.

Таким чином, для успішного проектування систем автоматизації необхідно комплексно підходити до вибору апаратної частини та засобів автоматизації, ретельно дотримуючись вимог технічного завдання, звертаючи особливу увагу на

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибір давачів та враховуючи умови експлуатації. Це дозволить створити надійну, ефективну та економічно доцільну систему, яка буде здатна відповідати поставленим завданням та працювати в заданих умовах без збоїв і з максимальною продуктивністю. Проектування системи з урахуванням всіх цих аспектів забезпечує не лише відповідність технічним вимогам, але й довготривалу експлуатацію з мінімальними витратами на обслуговування та ремонт.

Автоматизація роботів-маніпуляторів включає використання різноманітних засобів, що дозволяють реалізувати складні задачі з високою точністю та ефективністю. Засоби автоматизації можна класифікувати на кілька основних категорій: апаратні компоненти, сенсори та виконавчі механізми. Кожна з цих категорій відіграє ключову роль у забезпеченні надійної та ефективної роботи робота-маніпулятора.

4.1 Апаратні компоненти системи керування роботами-маніпуляторами

До апаратних компонентів ми можемо віднести – контролери, електроприводи та актуатори, електронні компоненти.

Контролери є основними елементами системи керування роботами-маніпуляторами. Вони здійснюють обробку сигналів від сенсорів, виконують обчислення та генерують команди для виконавчих механізмів. Сучасні контролери можуть бути програмованими логічними контролерами (PLC), промисловими комп'ютерами або спеціалізованими мікроконтролерами.

У нашому випадку автоматизована система керування роботом-маніпулятором не дуже складна, тому вона буде реалізована на мікроконтролерах. Драйвери керування електроприводами маніпулятора реалізовані на мікроконтролерах – Arduino NANO.

Arduino Nano – це мікроконтролерна плата на основі ATmega328, яка є компактною і потужною версією класичної плати Arduino. Вона спеціально розроблена для зменшення розмірів, що робить її ідеальною для використання в обмежених просторах та портативних проектах.

Розглянемо даний мікроконтролер (рис. 4.1):

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

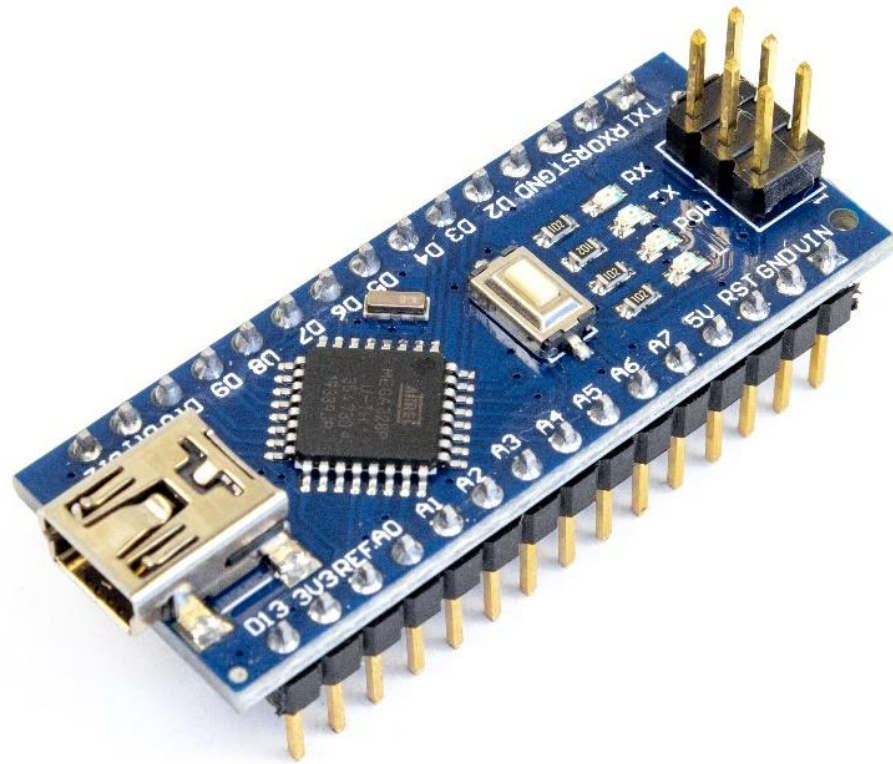


Рисунок 4.1 - Мікроконтролер Arduino NANO

Розглянемо основні характеристики Arduino Nano:

Таблиця 4.1 - Основні характеристики Arduino Nano:

Найменування параметра	Значення параметра
Мікроконтролер	ATmega328 (8-бітний AVR)
Робоча напруга (рекомендована)	5 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть бути використані як PWM виходи)
Аналогові входи/виходи	8
Постійний струм на вході/виході	40 мА
Швидкість тактової частоти	16 МГц
Розміри	15 × 45 мм

На мій погляд Arduino Nano має свої переваги:

- 1) Компактність: тобто малий розмір робить її ідеальною для невеликих проєктів, де простір є обмеженим.

- 2) Простота використання: плата сумісна з середовищем розробки Arduino IDE, що дозволяє легко програмувати та завантажувати коди.
- 3) Широкий вибір пінів: наявність 14 цифрових та 8 аналогових пінів забезпечує значну гнучкість для підключення різних датчиків та модулів.
- 4) Гнучкість живлення: Плата може живитися через Mini-B USB роз'єм або зовнішнє джерело живлення, що робить її зручною для різних сценаріїв використання.

Пульт керування ми вирішили реалізувати на мікроконтролері STM32F103C6T6A, так як даний контролер буде обробляти інформацію швидше, і нам потрібен контролер який може видавати та приймати більшу кількість сигналів. Розглянемо даний мікроконтролер (рис. 4.2):



Рисунок 4.2 - Мікроконтролер STM32

Розглянемо основні характеристики STM32:

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 4.2 – Основні характеристики STM32

Найменування параметра	Значення параметра
Мікроядро	ARM Cortex-M3
Частота процесора	До 72 МГц
Робоча напруга	2 – 3.6 В
АЦП	10-канальний 12-бітний
PWM канали	4 канали (3 таймери)
Кількість таймерів	7
Порти вводу/виводу (GPIO):	до 37 портів

Мені здається STM32 також має свої переваги:

- 1) Висока продуктивність: ARM Cortex-M3 ядро забезпечує швидке оброблення даних та ефективне виконання задач.
- 2) Енергозбереження: Низьке енергоспоживання робить його ідеальним для портативних та енергоефективних пристроїв.
- 3) Широкий набір периферії: Різноманітні інтерфейси (SPI, I2C, USART, USB, CAN) дозволяють підключати безліч зовнішніх пристроїв та сенсорів.
- 4) Аналогові можливості: Вбудований АЦП з високою роздільною здатністю дозволяє точно вимірювати аналогові сигнали.
- 5) Розширені можливості вводу/виводу: До 37 портів GPIO забезпечують гнучкість у підключенні до інших компонентів.

Приводи та актуатори виконують функцію перетворення електричних сигналів контролера в механічний рух, що дозволяє реалізувати різноманітні дії і завдання в автоматизованих системах.

Електричні приводи використовують електричну енергію для створення (постійного або змінного струму), соленоїдів, або крокових двигунів. Їх головними перевагами є точність, швидкість та можливість легкого контролю. Вони зазвичай використовуються в застосуваннях, де потрібна висока точність позиціонування та швидке реагування.

Вибір приводу залежить від факторів, таких як:

- 1) Потужність;

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) Швидкість;
- 3) Точність;
- 4) Середовище використання.

Ми в своєму випадку будемо використовувати двигун постійного струму ПЯ-250Ф – це двигун який встановлений на роботі-маніпуляторі «ТУР-10», і ми не будемо його замінювати (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Електродвигун ПЯ-250Ф

Розглянемо основні характеристики даного електродвигуна:

Таблиця 4.3 – Основні характеристики електродвигуна ПЯ-250Ф

Найменування параметра	Значення параметра
Тип двигуна	Колекторний
Напруга живлення	36 В
Частота обертання	3000 об/хв
Номінальний момент	0,8 Н*м

Струм споживання	до 12 А
Корисна потужність	250 Вт
Вага	8 кг
Гарантійне напрацювання	8000 годин

4.2 Сенсори та датчики

У нашій автоматизованій системі керування використовуються датчики: струму та напруги, для контролю споживання та навантаження системи; датчики струму для керування кожною ступінню свободи; кінцеві вимикачі – використані як датчики крайнього положення, енкодери – в ролі датчиків швидкості та положення.

Для вимірювання постійної напруги та струму всієї керованої системи ми взяли готовий модуль – вольтамперметр (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Вольтамперметр

Розглянемо основні характеристики даного вольтметра:

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 4.4 – Основні характеристики вольтметра

Найменування параметра	Значення параметра
Напруга живлення	4.5 – 30 В
Вимірювана наруга	0 – 100 В
Крок вимірювання напруги	0.1 В
Частота оновлення	2 рази на секунду
Похибка вимірювання	1%
Крок вимірювання струму	0.01 А
Струм споживання	20 мА
Вимірюваний струм	10 А
Розмір	48 × 29 × 21 мм
Монтажний виріз	45.5 × 26.5 мм

Для керування ланками у нас використовується запаяний на платі SMD датчик струму – ACS712ELCTR-30A-T (рис. 4.6).

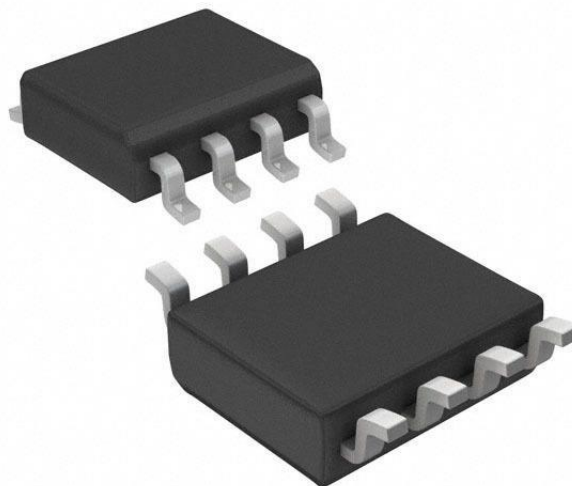


Рисунок 4.5 - Датчик струму ACS712ELCTR-30A-T

Розглянемо його основні характеристики:

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 4.5 – Основні характеристики давача струму

Найменування параметра	Значення параметра
Тип датчика	Лінійний
Напруга живлення	4.5 – 5.5 В
Струм споживання	10 мА
Вимірюваний струм	30 А

Також в автоматизованій системі використовуються кінцеві вимикачі АСКО МЕ-8112. Вони використовуються для крайнього мінімального, та крайнього максимального положення кожної ступені свободи (рис. 4.7).



Рисунок 4.6 - Кінцевий вимикач АСКО МЕ-8112

Розглянемо основні характеристики даного кінцевого вимикача:

Таблиця 4.6 – Основні характеристики кінцевого вимикача АСКО МЕ-8112

Найменування параметра	Значення параметра
Тип контактів	1NO+1NC
Ступінь захисту	IP65
Робоча температура	-15 – 70 °С
Максимальна робоча напруга:	250 VAC / 110 VDC
Номінальний струм	AC 5 A / DC 0,4 A

Також ми використовуємо до кожного двигуна інкрементальний енкодер LPD3806-600BM-G5-24C (рис. 4.8):



Рисунок 4.7 - Енкодер LPD3806-600BM-G5-24C

Розглянемо основні характеристики даного енкодера:

Таблиця 4.7– Основні характеристики кінцевого вимикача АСКО ME-8112

Найменування параметра	Значення параметра
Тип	Інкрементальний
Робоча напруга	DC 5-24 В
Робоча температура	-30 – 85 °С
Точність	600 імпульсів на оберт
Максимальна механічна швидкість	5000 об/хв

4.3 Виконавчі механізми

Роботи-маніпулятори безпосередньо взаємодіють з об'єктами. Тому всі вони обладнані захватами, присосками, інструментами для зварювання або навпаки різання, фарбування і т.д.

В нашому випадку робот-маніпулятор повинен переміщати об'єкти, тому він обладнаний захватом. Він приводиться в рух завдяки соленоїду JF-1264.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Даний соленоїд має такий вигляд (рис. 4.9):



Рисунок 4.8 - Соленоиду JF-1264

Розглянемо основні характеристики даного соленоїда:

Таблиця 4.8– Основні характеристики кінцевого вимикача АСКО ME-8112

Найменування параметра	Значення параметра
Тип	Тяговий електромагніт
Хід штоку	10 мм
Зусилля на втягування	5.5 кгс (55 N)
Напруга	12 В
Струм	2.5 А
Розмір	64 × 38 × 30 мм

Засоби автоматизації робота-маніпулятора є багатокомпонентною системою, яка включає апаратні компоненти, програмне забезпечення, сенсори та виконавчі механізми. Кожен з цих елементів відіграє важливу роль у забезпеченні ефективної, надійної та точної роботи робота. Вибір відповідних засобів автоматизації та їх інтеграція є критичними для успішного впровадження роботизованих систем у виробничі та інші процеси, забезпечуючи при цьому високу продуктивність, гнучкість і адаптивність до змінних умов експлуатації.

РОЗДІЛ 5

SCADA-СИСТЕМИ

SCADA-системи є не обов'язковим, але бажаним компонентом автоматизації промислових процесів, включаючи керування роботами-маніпуляторами. Вони забезпечують централізоване спостереження та керування за допомогою збору, обробки та відображення даних в реальному часі. Використання SCADA-систем у роботах-маніпуляторах підвищує ефективність, безпеку та точність виконання завдань, а також сприяє швидкому реагуванню на зміни в умовах експлуатації.

5.1 Основні функції SCADA-систем у роботах-маніпуляторах

Завдяки використанню SCADA-систем та їх функціоналу під час керування роботами-маніпуляторами підвищується ефективність, безпека та точність виконання завдань, а головне полегшується сам процес керування. Для того щоб будувати майбутню SCADA-систему, треба спочатку розглянути її функціонал.

1) Моніторинг в реальному часі: SCADA-системи забезпечують безперервний моніторинг стану робота-маніпулятора, включаючи положення, швидкість, температуру, навантаження та інші параметри. Це дозволяє оператору швидко реагувати на будь-які відхилення від норми та запобігати можливим несправностям.

2) Збір та обробка даних: SCADA-системи збирають дані з різних сенсорів та датчиків, встановлених на роботі-маніпуляторі. Дані можуть включати інформацію про рух, сили взаємодії з об'єктами, стан кінцевих ефекторів та інші параметри. Зібрані дані обробляються і зберігаються для подальшого аналізу.

3) Візуалізація: Візуалізація даних є однією з ключових функцій SCADA-систем. Вона дозволяє операторам бачити стан робота-маніпулятора на графічному інтерфейсі у вигляді графіків, таблиць, схем та інших візуальних елементів. Це значно полегшує процес прийняття рішень та діагностику.

4) Керування: SCADA-системи надають можливість дистанційного керування роботом-маніпулятором. Оператори можуть змінювати параметри роботи, запускати або зупиняти процеси, а також здійснювати ручне керування у разі необхідності.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Аварійне сповіщення: У разі виникнення несправностей або аварійних ситуацій, SCADA-системи автоматично генерують сповіщення для операторів. Це можуть бути звукові сигнали, повідомлення на екрані або інші форми сповіщень, що дозволяють швидко вжити заходів для вирішення проблеми.

5.2 Переваги використання SCADA-систем

Переваги використання SCADA-систем у роботах-маніпуляторах, як і в любых системах можуть значно підвищити ефективність роботи та легкість її виконання, покращити рівень безпеки, підвищити точність та надійність системи, і допомогти досягти зниженню витрат енергії, фінансів та відходів або браку.

1) Підвищення ефективності: Завдяки автоматизації процесів і можливості моніторингу в реальному часі, SCADA-системи дозволяють значно підвищити ефективність роботи роботів-маніпуляторів.

2) Покращення безпеки: Попереджувальні сповіщення і можливість швидкого реагування на несправності сприяють підвищенню безпеки експлуатації роботів-маніпуляторів та позбавляють можливості потрапити в аварійну ситуацію.

3) Точність і надійність: Використання датчиків високої точності разом із потужними алгоритмами обробки даних допоможе забезпечувати високу точність і надійність роботи системи.

4) Зниження витрат: Автоматизація дозволяє знизити витрати на ручну працю та мінімізувати ризики, пов'язані з людським фактором, що веде до загального зниження витрат на експлуатацію та обслуговування.

SCADA-системи є невід'ємною частиною сучасних роботів-маніпуляторів, забезпечуючи їхню ефективну і безпечну роботу. Вони надають інструменти для моніторингу, керування, візуалізації та аналізу даних, що дозволяє оптимізувати роботу системи і підвищити її продуктивність. Завдяки SCADA-системам, роботи-маніпулятори можуть виконувати складні завдання з високою точністю і надійністю, що робить їх незамінними в багатьох галузях промисловості та автоматизації.

5.3 Завдання для побудови SCADA-системи робота-маніпулятора

Для того щоб розробити, зрозумілий та легкий для оператора робота-маніпулятора інтерфейс, треба побудувати конкретне завдання, у кому

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

описати що контролювати та які данні задавати повинен оператор для роботи маніпулятора. Наша SCADA-система буде мати три вікна: головне вікно, вікно ручного режиму та вікно автоматичного режиму. Спочатку опишемо що буде в головному вікні:

1) Першим і головним нам потрібно відображати чи готовий наш робот-маніпулятор до роботи. Для цього ми робимо поле – «Стан». В ньому розміщуємо два текстових поля «Готовий до роботи» та «Аварія» і додаємо біля текстових полів зелену та червону лампочки відповідно.

2) Наступне поле, яке ми додаємо – «Стан електроприводів». В цьому полі ми додаємо текстові поля «Двигун 1» – «Двигун 5» і біля кожного зелену та червону лампочку, що буде значити «В робочому стані» та «Аварія» відповідно.

3) І останнім вікном буде – «Оберіть режим роботи», де оператор зможе обрати в якому режимі «Автоматичному» чи «Ручному» буде працювати. Але головне, ці дві кнопки функціонують лише тоді, коли стан робота та електроприводів готовий до роботи і немає аварій.

Якщо це перший запуск системи робота-маніпулятора, то в системі немає ніяких запам'ятованих координат, а отже в автоматичному режимі він не зможе рухатися і на головному вікні оператору буде доступна лише кнопка «Ручний режим». Тому згідно даної логіки, ми зараз розглянемо вікно ручного режиму:

1) В вікні ручного режиму, ми будемо оператору відображати постійно стан робота та електроприводів, як і в головному вікні – для запобігання аварійних ситуацій

2) Також оператор повинен слідкувати за навантаженням на електроприводи, так як у нас забезпечене обмеження по струму на кожен двигун, щоб не спалити їх. Тому ми додаємо – «Навантаження» біля кожного двигуна і відповідно біля кожного поле, в якому буде постійно оновлюватися значення навантаження на двигун.

3) Далі ми додаємо поле «Швидкість» і в ньому ми додаємо чотири кнопки режимів швидкості.

4) Також ми додаємо кнопку «Пауза» для того, щоб ставити маніпулятора та SCADA-систему на паузу у випадку, коли потрібно відволіктися.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Далі ми додаємо поле «Поточні координати», в якому будуть відображатися координати руки маніпулятора в просторі.

6) Далі ми додаємо джойстик, за допомогою якого можна керувати маніпулятором натискаючи відповідні кнопки. Ліва частина джойстика кнопки вліво та вправо керують основою робота – крутять його навколо осі, кнопки вгору та вниз керують плечем – вперед та назад. Права частина джойстика кнопки вліво та вправо керують зап'ястю робота – вперед та назад, кнопки вгору та вниз керують передпліччям – вперед та назад. Окремо робимо дві кнопки які будуть обертати затиск навколо осі, одна кнопка крутить вліво, інша – вправо. І додаємо кнопку затиску – вона буде затискати об'єкт, який переносить. А поруч дві лампочки червона та зелена – що демонструють стан затиску – затиснутий чи відпущений.

7) Далі додаємо поле «Задані координати» - там ми можемо вводити координати та натиснути кнопку «Записати» і ми можемо перейти в автоматичний режим, та робот буде виконувати цикли переміщення за заданими координатами.

Далі ми логічно переходимо до вікна автоматичного режиму, в якому оператор лише слідкує за процесом робота-маніпулятора. Ми додали:

1) Як і у вікні ручного режиму ми додаємо поле постійного відображення стану робота та електроприводів, – для запобігання аварійних ситуацій. Та додаємо поле для слідкування за навантаженням на електроприводи.

2) Далі ми додаємо три поля «Поточні координати» «Задані початкові координати» та «Задані кінцеві координати»

3) Ми додаємо кнопки «Старт циклу», «Пауза» та «Стоп». «Старт циклу» - логічно для початку роботи робота-маніпулятора. «Пауза» - для того, щоб ставити маніпулятора та SCADA-систему на паузу у випадку, коли потрібно відволіктися. «Стоп» - для закінчення циклу роботи маніпулятора або перезапису координат.

4) Далі ми додаємо поле «Затиск». У ньому ми розміщуємо текстове поле «Затиснув» та «Відпустив» і відповідно зелену та червону лампочки.

5) Далі ми додаємо поле в якому є траєкторія виконання завдання роботом-маніпулятором. В ній є чотири етапи «Відправився до об'єкта», «Взяв об'єкт», «Переносить об'єкт» та «Поставив об'єкт» і біля кожного етапу зелена лампочка, які демонструють на якому етапі виконання знаходиться маніпулятор.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо мнемосхему робота-маніпулятора:

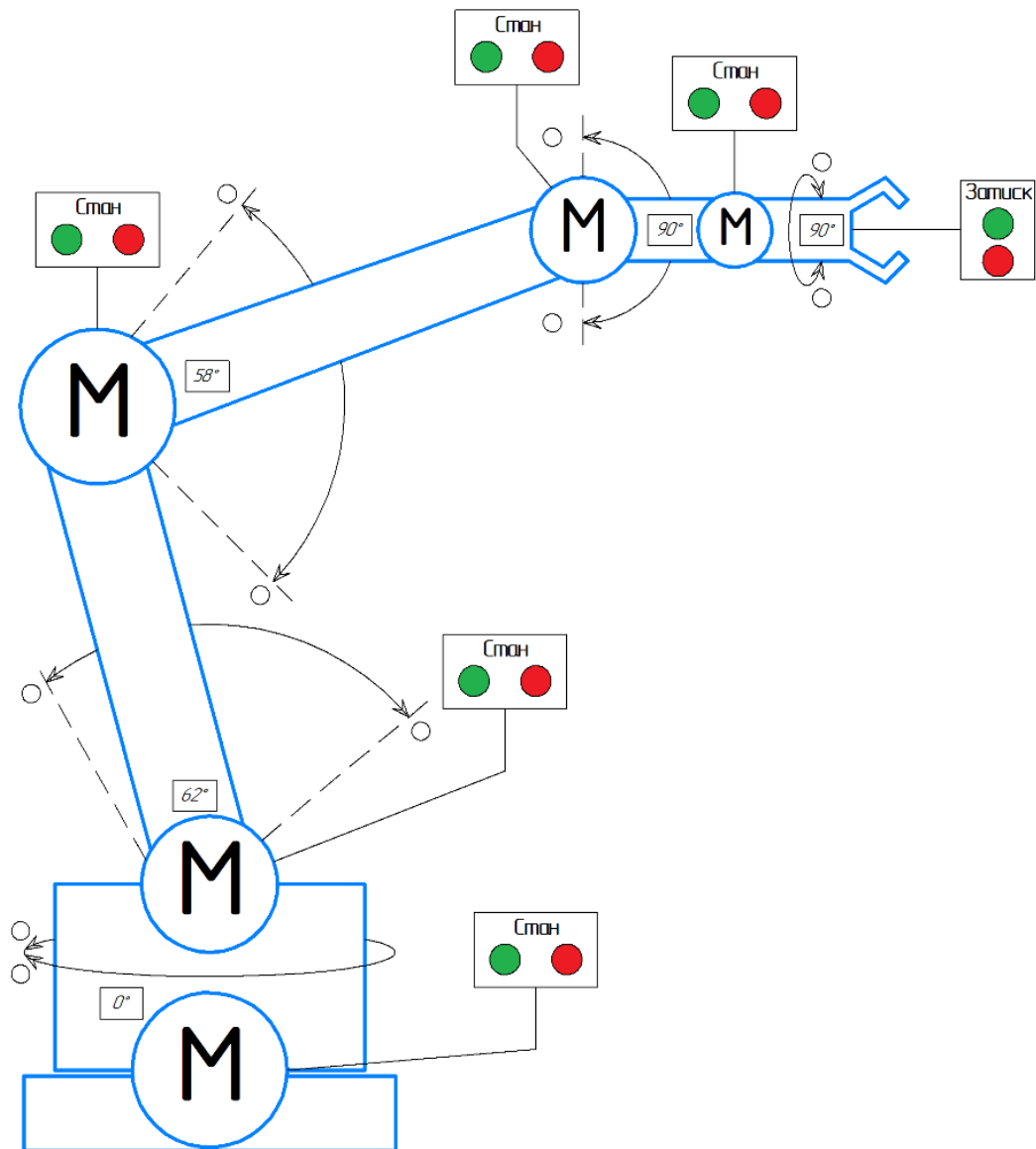


Рисунок 5.1 – Мнемосхема робота-маніпулятора

5.4 Огляд SCADA-системи робота-маніпулятора

Першим коли ми запускаємо НМІ-панель у нас відкривається головне вікно, воно має такий вигляд:

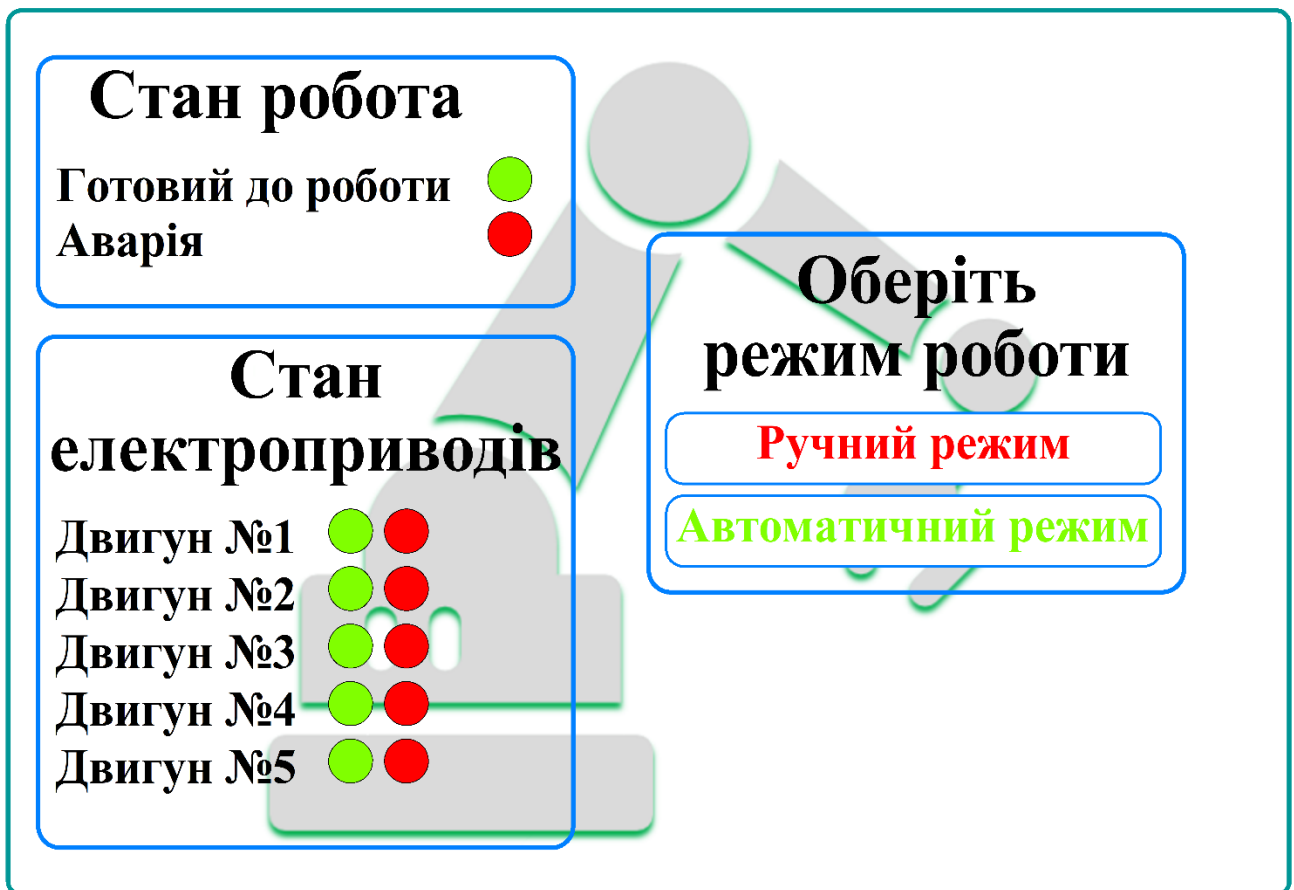


Рисунок 5.2 – Головна сторінка SCADA-системи робота-маніпулятора

Тут ми можемо побачити стан робота та електроприводів. Якщо світять всі зелені індикатори тоді робот готовий до роботи і доступні до вибору режими роботи. Якщо хоча б один індикатор світить червоним кольором, то рекомендовано і необхідно перевірити стан – для запобігання тяжких та неприємних аварійних ситуацій. Якщо це перший запуск робота-маніпулятора, тоді доступна лише кнопка ручного режиму керування.

Наступним ми розглянемо вікно ручного режиму керування роботом-маніпулятором, воно призначене для керування роботом в ручну джойстиком та для моніторингу всієї керованої системи робота-маніпулятора. Дане вікно має такий вигляд:

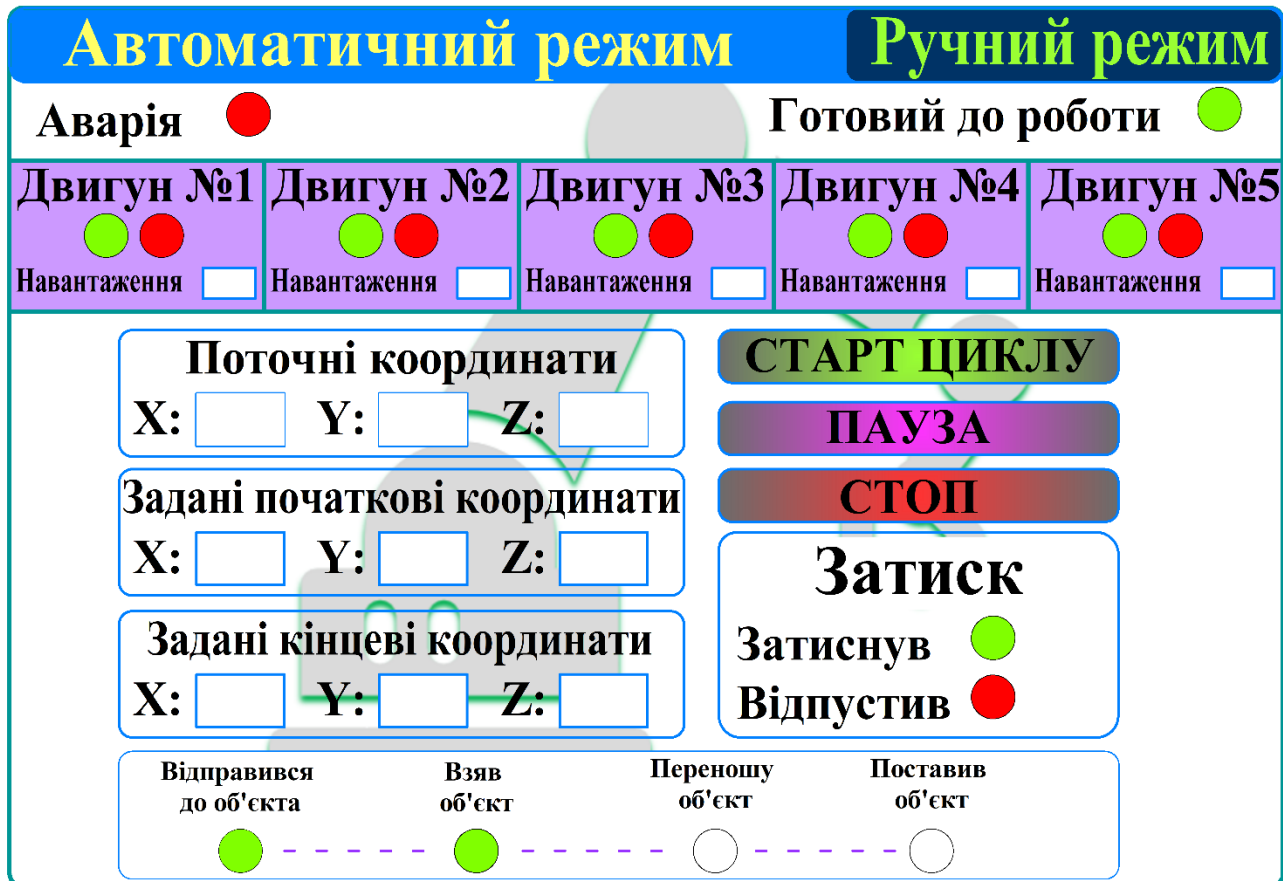


Рисунок 5.4 – Сторінка автоматичного режиму SCADA-системи робота-маніпулятора

Тут ми можемо побачити стан робота та електроприводів. Навантаження на електроприводи. Поточні координати руки робота маніпулятора. Задані початкові та кінцеві координати робота-маніпулятора. Початкові – це координати де маніпулятор буде брати об'єкт, а кінцеві – де він буде об'єкт класти. Тут є індикатори для контролю стану затиску. Є кнопки для старту роботи маніпулятора, для паузи та закінчення роботи, або для переналаштування кінцевих та початкових координат. Також тут демонструється на якому етапі виконання робота-маніпулятор в даний момент часу.

ВИСНОВОК

У даному проекті була розроблена та спроектована система автоматизованого керування роботом-маніпулятором «ТУР-10». Розроблена система керування повністю відповідає технічному завданню. Дана система має основні частини: силову шафу, шафу керування, пульт керування та звісно сам маніпулятор.

Проаналізувавши процес керування роботами-маніпуляторами та загальні принципи побудови автоматизованих систем даних маніпуляторів, було прийняте рішення використовувати лише високоточні датчики положення, що встановлені на кожному ступінь свободи – ці датчики забезпечують точне визначення кута повороту, швидкості руху та положення в просторі. Також було прийнято рішення розробити власні драйвери керування двигунами постійного струму. За рахунок даних драйверів ми можемо керувати роботом-маніпулятором не лише за швидкістю, а й за струмом для більш точного керування. Також забезпечити обмеження не лише за положенням, а й за струмом – щоб забезпечити коректну роботу і поменше аварійних ситуацій.

Особливостями даної системи керування є те, що робот-маніпулятор може замінити людину в складних та небезпечних задачах, також особливістю є те, що робот-маніпулятор має високу точність і повторюваність завдань, що забезпечує довге можливо навіть безперервне виконання завдання з високою точністю та малими затратами на брак та відходи. Робот має гнучкість та програмованість, що забезпечує виконання роботи в тісних приміщеннях, або де є багато об'єктів які потрібно оминати.

Система спроектовано згідно з поставленими умовами експлуатації технічного завдання, отже більшість засобів автоматизації мають ступінь захисту не менше IP54. Для пристроїв, що можуть грітися, для постійного охолодження забезпечений обдув та охолодження.

Для зручного керування оператору робота-маніпулятора розроблена SCADA-система, що складається з трьох вікон. Перше і вікно головне, в ньому відображаються стан робота та електроприводів та стан електродвигунів, що

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приводять в рух маніпулятор. Наступне вікно – вікно ручного режиму керування роботом-маніпулятором, де оператор може керувати ним джойстиком та кнопками, також контролювати при цьому стан та навантаження на електроприводи. Наступне вікно автоматичного режиму керування, де оператор просто запускає циклічну роботу роботи маніпулятора і він постійно виконує переміщення об'єктів, наприклад, на конвеєрну стрічку, або з неї.

Описано ключові контури регулювання. Розроблено структурну, та принципову електричну схему, також принципову електричну схему драйвера двигуна постійного струму. Обрано засоби автоматизації, такі як датчики, електроприводи, мікроконтролери та обґрунтовано їх вибір. Розроблені схеми компоновки силової шафи та шафи керування.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Advanced Applications of Industrial Robotics: New Trends and Possibilities / A. Dzedzickis et al. Applied Sciences. 2021. Vol. 12, no. 1. P. 135. URL: <https://doi.org/10.3390/app12010135>
- 2) Gad A. G. Correction to: Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications: A Systematic Review. Archives of Computational Methods in Engineering. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09762-3>
- 3) Kaltsoukalas K., Makris S., Chryssolouris G. On generating the motion of industrial robot manipulators. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2015. Vol. 32. P. 65–71. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2014.10.002>
- 4) Бондар Є. С. Автоматизація системи керування електроприводом руки-маніпулятора промислового робота : кваліфікаційна робота бакалавра : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Є. С. Бондар ; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2023. – 75 с.
- 5) Бондареко М. В. Промисловий робот. Розробка алгоритму керування маніпулятором : бакалаврська робота. Київ, 2019. 50 с.
- 6) Гармаш Т. О. «Система автоматичного керування приводом робота-маніпулятора» дипломний проект на здобуття освітнього ступеню «Бакалавр» зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» 2019 р. – 42 с.
- 7) Гармаш Т. О. «Система автоматичного керування приводом аеропортового робота-маніпулятора обробки багажу» дипломний проект на здобуття освітнього ступеню «Магістр» зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» 2020 р. – 36 с.
- 8) Збірник центру наукових публікацій: «Формування підґрунтя для державного розвитку: роль науки»: збірник статей (рівень стандарту, академічний рівень). - К. : Центр наукових публікацій, 2014. – 122с
- 9) Михайлов, Є. П. Навчальний посібник з дисципліни "Маніпулятори та промислові роботи": для студентів бакалаврів / Є. П. Михайлов, В. М. Лінгур; Одес. нац. політехн. ун-т. Одеса, 2019. 232 с.

					СУ-01.6.151.05.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- 10) Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2016.-182 с.
- 11) Проць. Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. – 234с.
- 12) Репнікова Н. Б. Теорія автоматичного керування: класика і сучасність; підручник / Н. Б. Репнікова. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 328 с.
- 13) Робототехніка. Підручник / [В. І. Костюк, Г. О. Спину, Л. С. Ямпольський, М. М. Ткач.] - К.: Вища школа. - 1994. - 447 с.
- 14) Синтез адаптивного електропривода для маніпулятора промислового робота ТУР-10 [Текст] / В. В. Москаленко, А. О. Панич // Матеріали та програма науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету електроніки та інформаційних технологій : Суми, 19-23 квітня 2010 року / Відп. за вип. С.І. Проценко. — Суми : СумДУ, 2010. — с. 37.
- 15) Система позиціонування ступенів свободи промислового робота ТУР-10 [Текст] / М. І. Балала, А. В. Павлов // Інформатика, математика, автоматика : матеріали та програма науково-технічної конференції, м. Суми, 17-21 квітня 2017 р. / Відп. за вип. С.І. Проценко. — Суми : СумДУ, 2017. — С. 132.
- 16) Хусаїнов Д. Я., Харченко І. І., Шатирко А. В. Математичне моделювання динамічних процесів // Введення в моделювання динамічних систем, — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010. — с. 13-14