

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована система керування промисловим роботом

Назва теми

КвРАКІТ.2021030.01.01

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-21-1

  
Підпис

Олександр БІЛЕНЬКИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

  
Підпис, дата

Юрій ФОРКУН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки

  
Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 18 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

### ЗАВДАННЯ

#### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Біленькому Олександрю Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система керування промисловим роботом

Керівник роботи канд.техн.наук., доцент Юрій ФОРКУН

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

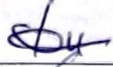
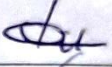

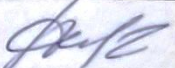
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

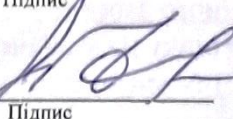
Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2025	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2025	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2025	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2025	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2025	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2025	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2025	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2025	Виконано

Студент

  
Підпис

Олександр БІЛЕНЬКИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

Юрій ФОРКУН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування промисловим роботом».

Автор роботи: Олександр БІЛЕНЬКИЙ

Керівник роботи: Юрій ФОРКУН

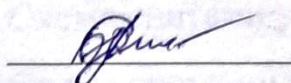
Пояснювальна записка: 62 с., 32 рис., 2 табл., \_ дод., 40 джерел.

Графічна частина: 8 презентаційних слайдів.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ,  
МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА, БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування промисловим роботом.

У бакалаврській роботі показана важливість автоматизації виробництва за допомогою автоматизованих машин. Програмне забезпечення було написано для керування промисловим роботом. Складено структурну схему та схему електричного підключення. Також розроблені блок-схеми для ручного та автоматичного режимів роботи, які покроково демонструють алгоритм роботи системи. Для роботи контролера була написана програма на основі мови програмування C/C++ для пристрою Arduino. Наведено експериментальні випробування та описано їх результати.

  
Підпис студента

18.06.2025  
Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 СТАН ПИТАННЯ.....	6
1.1 Опис об'єкта управління.....	6
1.1.1 Опис конструкції маніпулятора.....	6
1.1.2 Типи датчиків, використовуваних в маніпуляторі .....	8
1.2 Огляд типових рішень для керування реальними промисловими маніпуляторами.....	9
1.3 Приклади промислових маніпуляторів .....	10
1.4 Архітектура системи управління.....	15
1.5 Аналіз ринку управління маніпуляторами і тренди розвитку цього напрямку .....	18
1.6 Огляд рішень для побудови макетів маніпуляторів .....	19
1.7 Висновки до першого розділу .....	19
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	21
2.1 Функціональна схема керування.....	21
2.2 Вибір моделі ПЛК .....	23
2.2 Визначення і вибір необхідних датчиків .....	25
2.3 Розробка драйверів живлення двигунів .....	26
2.4 Схема системи управління маніпулятором .....	32
2.5 Схема живлення.....	39
2.6 Керування з панелі оператора .....	41
2.7 Висновки до другого розділу.....	41
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА.....	43
3.1 Програмне забезпечення для розробки програми .....	43

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування промисловим роботом Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Біленький О.О.		18.08			2	
Перевід.		Форкун Ю.В.		18.08				
Н. Контр.		Корецька Л.О.		18.08				
Затв.		Мартинюк В.В.		18.08				ХНУ, АКІТ-21-1

3.2 Швидке спарювання Weintek і ПЛК Siemens .....	44
3.3 Додавання пристрої Modbus TCP.....	45
3.4 Створення керуючої програми .....	52
3.5 Висновки до третього розділу.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	61

## ВСТУП

Сьогодні робототехніка та автоматизація є ключовими напрямками розвитку промисловості. Технологія автоматизації виробничих процесів і управління роботизованими системами вже не є недосяжною. Однак впровадження роботизованих систем і маніпуляторів у промисловість вимагає великих знань і досвіду, а також висококваліфікованих спеціалістів. Використання роботизованих систем і маніпуляторів може підвищити продуктивність, якість і ефективність виробництва, а також знизити витрати на оплату праці та ризики для працівників. Тривимірні маніпулятори є одними з найбільш часто використовуваних пристроїв у робототехніці та промисловості, які використовуються для переміщення об'єктів у тривимірному просторі. Роботи використовуються в різних галузях промисловості, таких як автомобілебудування, електроніка, харчова промисловість, фармацевтика тощо. Їх можна використовувати для переміщення частин, складання, фарбування, зварювання, механічної обробки та інших завдань.

У даній роботі розглядається використання ПЛК для керування трикоординатним макетом робота.

У даній статті будуть розглянуті основні аспекти проектування системи управління, вибору необхідних компонентів, а також розробки керуючої програми і проекту управління панеллю НМІ. Метою даної роботи є створення функціональної моделі трикоординатного робота, який буде керуватися за допомогою ПЛК на основі вхідних даних.

Виходячи з вищевикладених міркувань, у цій роботі були визначені наступні завдання:

– розроблено 3D-систему керування роботом на основі ПЛК із захопленням, використовуючи навчальну панель для взаємодії з НМІ;

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			4

– створить проект для панелі НМІ, який дозволяє задавати напрямки руху для кожної осі та величину руху вздовж цієї осі (відстані 0-10 см) за допомогою екранної клавіатури;

– забезпечити постійне електричне з'єднання та взаємодію між ПЛК і панеллю НМІ;

Необхідне джерело живлення керування та драйвер двигуна включені в систему керування згідно з наступними початковими даними:

- використовується ПЛК: Siemens серії 1200, вихідна напруга +24В;
- кількість керованих осей: 3;
- на кожній осі є кінцевий вимикач, кількість: 1;
- напруга живлення двигуна, керованого віссю руху, В: 9;
- двигун вбудований енкодер: імпульсний, напруга живлення енкодера 9В, вихід енкодера - відкритий колектор;
- максимальний струм, споживаний осьовим двигуном: 1А;
- напруга живлення ПЛК: 24В;
- обладнання для взаємодії студентів: панель НМІ Weintek MT8071iP;
- напруга живлення всієї системи: напруга мережі 220В 50Гц.

Тому ця робота буде корисна інженерам та експертам у сфері автоматизації та всім, хто цікавиться промисловими технологічними рішеннями.

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			5

## 1 СТАН ПИТАННЯ

У цьому розділі розглядаються типові рішення для керування реальними промисловими роботами, а також підходи до побудови їхніх моделей. Описуються наявні на ринку системи створення моделей роботів, їхній дизайн і функціональність. Наведено компоненти, що застосовуються в цих рішеннях, а також датчики й ПЛК, за допомогою яких здійснюється керування макетом робота. В огляді ринку також проаналізовано існуючі рішення для керування промисловими маніпуляторами, їхню конструкцію та можливості інтеграції в системи управління з урахуванням переваг і недоліків кожного варіанта.

### 1.1 Опис об'єкта управління

У цьому розділі розглядаються основні характеристики маніпулятора, які впливають на вибір оптимального рішення для розробки системи управління.

#### 1.1.1 Опис конструкції маніпулятора

Типовий тривісний робот складається з трьох основних частин: основи, горизонтального балансира та вертикального розширювача. База маніпулятора є основним опорним компонентом маніпулятора. Являє собою круглу або прямокутну платформу, прикріплену до робочої поверхні.

Для забезпечення руху маніпулятора в горизонтальній площині на підставі кріпиться горизонтальний балансир. Залежно від типу робота він може мати різну конструкцію, але зазвичай це конструкція, що складається з декількох частин, які можуть рухатися відносно одна одної. Також

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			6

горизонтальний балансир має кронштейн для кріплення робочого інструменту.

Вертикальний підйомник з'єднаний з горизонтальним балансиrom і забезпечує рух маніпулятора у вертикальній площині. Це може бути реалізовано у вигляді різних механізмів, таких як гідравлічний чи пневматичний циліндр, або механічний механізм для переміщення робочого інструменту вгору та вниз.

Крім того, конструкція маніпулятора може включати різні типи датчиків, таких як кодери, датчики положення, датчики навантаження тощо, які необхідні для зворотного зв'язку в реальному часі та контролю руху маніпулятора.

Тому конструкція маніпулятора є важливою характеристикою керованого об'єкта і повинна враховуватися при розробці системи керування, яка узгоджує компонування маніпулятора.

Для прикладу розглянемо конструкцію трикоординатного маніпулятора типу SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm), який широко використовується в промисловості для маніпулювання об'єктами з високою точністю. Перші дві осі цього типу робота є стандартними конструкціями «плече-ліктьо», а третя вісь розташована вертикально між першими двома осями, що є підйомним механізмом.

Приклад конструкції робота SCARA показано на рисунку 1.1 [1]:

Розмір робота та робоча зона

Щоб розробити систему керування роботом, повинні розуміти розмір робота та його робочу зону. Розмір маніпулятора може залежати від його конструкції та призначення.

Робоча зона робота - це площа, яку він може охопити в просторі. Для цього проекту ми обмежили робочу зону 10 см x 10 см x 10 см, що відповідає розміру маніпулятора та заданим умовам проекту. У цьому проекті ми будемо



Ви також можете використовувати інтерфейс RS232, який забезпечує більш надійний зв'язок на коротких відстанях (до 15 метрів), але не підтримує багаторазове підключення.

Для бездротового зв'язку можна використовувати інтерфейс Bluetooth, який дозволяє передавати дані на відстань до 10 метрів. Для цього потрібно встановити спеціальний модуль на панель НМІ та кодер.

У проєкті будемо використовувати інтерфейс Ethernet, тому що він забезпечує досить швидкий і надійний зв'язок на великих відстанях.

## 1.2 Огляд типових рішень для керування реальними промисловими маніпуляторами

Механічна конструкція маніпулятора складається з трьох з'єднаних між собою шарнірів (осі), які дозволяють йому переміщатися в тривимірному просторі. Кожне з'єднання може керуватися одним або декількома приводами.

Електроніка керування роботом може базуватися на програмованому логічному контролері (PLC), мікроконтролері (MCU) або персональному комп'ютері (PC). Керуюча електроніка зазвичай відповідає за керування двигуном, обробку сигналів датчиків і зв'язок з інтерфейсом керування.

Програмне забезпечення для керування роботом може бути написано на різних мовах програмування, таких як C++, Python, Matlab тощо. Зазвичай програмне забезпечення дозволяє оператору задавати бажане положення робота, контролювати його рух, контролювати роботу датчиків тощо.

Датчики зворотного зв'язку зазвичай використовуються для вимірювання кута повороту кожного суглоба, а також для вимірювання руху маніпулятора в просторі. Ці дані можуть бути використані для забезпечення точності контролю та моніторингу руху робота.

Роботизований привід зазвичай можна досягти різними способами, наприклад, сервоприводом, кроковим двигуном або гідравлічним приводом. Кожен привод керує одним або кількома суглобами робота.

Приклад промислового робота та опис використовуваного методу керування

Промислові роботи використовуються в різних галузях, включаючи автомобілебудування, електроніку, харчову та медичну промисловість, а також у логістиці та складській логістиці. Залежно від розв'язуваної задачі маніпулятор може мати різну конфігурацію і використовувати різні методи управління.

### 1.3 Приклади промислових маніпуляторів

ABB IRB 1200 (рисунок 1.2) — багатофункціональний робот-маніпулятор, який можна використовувати для вантажно-розвантажувальних робіт, складання, обробки та зварювання. Управління здійснюється за допомогою індустріального контролера ABB, який керує зусиллями та крутними моментами, які прикладаються під час роботи робота [2].

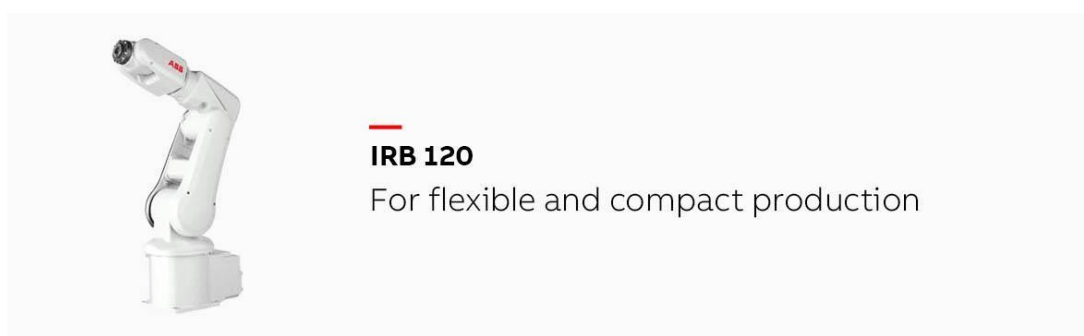


Рисунок 1.2 - Робот ABB IRB 1200

FANUC M-20iA — це гнучкий маніпулятор, розроблений для роботи в обмеженому просторі (рисунок 1.3). Він може виконувати операції складання, палетування та обробки поверхні. Управління здійснюється за допомогою контролера FANUC, який дозволяє точно і плавно контролювати рух маніпулятора [3].



Рисунок 1.3 - Робот FANUC M -20iA

KUKA KR AGILUS — це компактний робот-маніпулятор, який можна використовувати для складання, зварювання, встановлення та завантаження (рисунок 1.4). Має високу швидкість руху і точність, стійкість до зовнішніх впливів. Управління здійснюється за допомогою контролера КУКА, який дозволяє програмно керувати маніпулятором та інтегрувати його з іншими системами [4].



Рисунок 1.4 - KUKA KR AGILUS

Universal Robots UR10e — це легкий і компактний робот, розроблений для виконання операцій зі складання, завантаження та розвантаження, а також обробки складних форм (Рисунок 1.5). Управління здійснюється за допомогою контролера Universal Robots, який використовує технологію Teach & Go [5] для досягнення гнучкого та швидкого керування маніпулятором.



Рисунок 1.5 - Робот Universal Robots UR10e

У кожному прикладі використовується власний метод управління, який вибирається виходячи з поставленого завдання. Однак ці роботи досить великі, і в цьому дослідженні ми будемо використовувати роботів з робочим діапазоном 10 см, а це означає, що вибирати великого робота буде недоцільно, а тому більш коректно будемо оцінювати меншого робота, порівнюючи його зі своїми «старшими братами».

Mecademic Meca500 - 6 осей, вантажопідйомність 0,5 кг, вага 4 кг, розміри 190x190x324 мм. Управління здійснюється за допомогою промислового контролера та програмного забезпечення керування роботом Mecademic [6].

Mecademic Meca500 — це роботизований маніпулятор, який використовує власну систему керування, розроблену Mecademic. Він заснований на режимі реального часу та реалізований на FPGA (Field Programmable Gate Array).

Система керування Meca500 має високу точність, високу надійність, швидкий час відгуку та високу швидкість руху робота. Він також підтримує функції обробки сигналів і зв'язку із зовнішніми пристроями. Усі програми керування Meca500 створюються за допомогою спеціального програмного забезпечення Mecademic RoboStudio, яке дозволяє легко та зручно створювати програми руху та виконувати завдання автоматизації. Mecademic Meca500 оснащений власною електронікою, включаючи вбудований комп'ютер, контролер двигуна, інтерфейси для зв'язку із зовнішніми пристроями та систему безпеки, включаючи захист від перевантаження та автоматичний вимикач. Внутрішня електроніка постачається разом з маніпулятором і управляється програмним забезпеченням, яке також надається виробником.

Franka Emika Panda - 7 осей, навантаження 3 кг, вага 18 кг, розміри 82x82x61 мм. Управління здійснюється за допомогою вбудованої системи



забезпечення Polyscore, яке дозволяє програмувати робота безпосередньо на сенсорному екрані [8].

#### 1.4 Архітектура системи управління

Контролер: UR3 поставляється з контролером, який керує всією системою. Він заснований на процесорі ARM і працює на операційній системі Linux. Контролер обробляє інформацію від усіх датчиків і приймає рішення про рухи робота.

Датчики: UR3 має кілька типів датчиків, включаючи кодери, датчики струму, датчики сили та крутного моменту, датчики дотику та датчики безпеки. Ці датчики використовуються для визначення положення й орієнтації робота, контролю сил і крутних моментів і забезпечення безпеки під час взаємодії робота з людьми.

Інтерфейси: UR3 має кілька інтерфейсів, включаючи USB, Ethernet і RS-485, що дозволяє підключати інші пристрої та дистанційно керувати роботом.

Програмне забезпечення: UR3 поставляється з програмним забезпеченням Polyscore, яке забезпечує інтерфейс користувача для керування роботом і створення програм руху. Polyscore також дозволяє програмувати вашого робота за допомогою Python і C++.

Epson T3 – 6 осей, корисне навантаження 3 кг, вага 20 кг, розміри 260x300x345 мм. Контроль здійснювався за допомогою програмного забезпечення Epson RC+ 7.0, яке дозволяє програмувати робота мовою вихідного коду та створювати програми за допомогою графічного інтерфейсу [9].

Архітектура системи керування Epson T3 заснована на вбудованому контролері RC700-A, який керує всіма функціями робота, включаючи рух, обробку сигналів і зв'язок з іншими пристроями. Контролер оснащений

процесором ARM, а також має різні входи та виходи для зв'язку із зовнішніми пристроями.

Електроніка Epson T3 включає багатофункціональну плату вводу/виводу для керування цифровими та аналоговими сигналами, а також комунікаційну плату для забезпечення зв'язку між контролером та іншими пристроями в системі автоматизації. Для забезпечення точності та надійності руху в роботі також використовуються двигуни, датчики та енкодери.

ABB IRB 120 - 6 осей, вантажопідйомність 3 кг, вага 25 кг, розміри 220x220x595 мм. Управління здійснюється за допомогою контролера IRC5 Compact, який дозволяє програмувати робота як мовою вихідного коду, так і графічним інтерфейсом [10].

Архітектура системи керування роботом ABB IRB 120 включає контролер IRC5 Compact, який є центральним пристроєм керування та зв'язку між компонентами системи.

Контролер IRC5 Compact оснащений мікропроцесором, оперативною пам'яттю і жорстким диском, а також мережевим інтерфейсом для обміну даними з іншими пристроями. Він також містить програмне забезпечення, необхідне для програмування, налаштування та керування роботом.

KUKA LBR iiwa - 7-осьова, вантажопідйомність 7 кг, вага 23 кг, розміри 570x350x520 мм. Управління здійснюється за допомогою контролера KUKA Sunrise Cabinet, який дозволяє програмувати робота як мовою вихідного коду, так і графічним інтерфейсом [11].

Електроніка KUKA LBR iiwa складається з обчислювального блоку, контролера та пристроїв введення/виведення. Обчислювальний блок використовує процесор Intel Core i7 та операційну систему Linux, яка може виконувати складні обчислення та обробку даних. Контролер керує рухом робота та обробляє дані з датчиків. Пристрої введення/виведення

використовуються для підключення зовнішніх пристроїв, таких як камери або датчики.

KUKA LBR iiwa також має вбудовану систему безпеки, що дозволяє йому безпечно працювати серед натовпу. Він також може використовуватися з різними програмними платформами, такими як ROS, MATLAB, Simulink тощо, і може бути легко інтегрований у різні програми.

Yamaha YK400XR - 6 осей, вантажопідйомність 3 кг, маса 14 кг, розміри 200x200x400 мм. Він дозволяє програмувати робота за допомогою мови вихідного коду або за допомогою графічного інтерфейсу [12].

Він поставляється з контролером YRC1000, який має процесор 1,4 ГГц і 4 ГБ оперативної пам'яті, а також широкий спектр підтримкою вводу/виводу, Ethernet і USB для зв'язку із зовнішніми пристроями.

Робот має максимальне корисне навантаження 6 кг, робочу зону 562 мм по осі X, 762 мм по осі Y і 190 мм по осі Z. Максимальна швидкість переміщення може досягати 8000 мм/с, а точність позиціонування може досягати 0,03 мм.

Yamaha YK400XR використовує технологію інвертованої коробки передач, яка зменшує висоту робота до 980 мм, одночасно підвищуючи точність і надійність роботи робота.

З розглянутих «маленьких» промислових роботів можна зробити невітійний висновок: в залежності від конкретного завдання і вимог до роботи використовуються різні методи управління. Деякі роботи, такі як Mecademic Меса500, використовують динамічне керування, яке дозволяє їм працювати з високою точністю та швидкістю. Інші роботи, такі як Universal Robots UR3, мають технологію спільного керування, яка дозволяє їм безпечно працювати поруч з людьми. Однак усіх роботів об'єднує одна спільна мета – підвищити продуктивність і ефективність у різноманітних промислових завданнях.

## 1.5 Аналіз ринку управління маніпуляторами і тренди розвитку цього напрямку

Ринок керування роботами є висококонкурентним і динамічним, оскільки нові технології та інновації в цій галузі продовжують з'являтися. Розробка нових методів керування роботизованими системами та маніпуляторами стає дедалі актуальнішим завданням, оскільки це може підвищити ефективність, підвищити безпеку, зменшити витрати на обслуговування та підвищити керованість маніпуляторів [13].

Однією з ключових тенденцій у сфері управління роботами є розробка нових методів програмування та управління робототехнічними системами, включаючи методи штучного інтелекту та машинного навчання. Це може підвищити гнучкість і автономність маніпулятора, підвищити якість і точність роботи.

Також зростає проникнення сенсорних систем і систем обробки даних, що дозволяє маніпуляторам точніше виконувати завдання та реагувати на зміни зовнішнього середовища. [14]

Ще одна тенденція – все більша доступність і універсальність маніпуляторів. В даний час на ринку доступні різні типи і моделі маніпуляторів, починаючи від великих і складних промислових роботів і закінчуючи компактними і доступними маніпуляторами для освітніх і наукових цілей.

Також варто відзначити зростаюче використання мобільних і колаборативних роботів, які можуть працювати разом з людьми та виконувати завдання разом.

Загалом ринок керування роботами — це динамічна сфера, яка постійно розвивається та вдосконалюється, постійно з'являються нові методи, технології та моделі роботів.

## 1.6 Огляд рішень для побудови макетів маніпуляторів

Для побудови моделі робота можна використовувати різні інструменти та техніки. Найбільш поширеним є.

САПР (Computer Aided Design) — це програмний засіб, який дозволяє проектувати та моделювати об'єкти в тривимірному просторі. Модель робота може бути побудована за допомогою систем САПР, таких як SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA тощо.

3D-принтер — це пристрій, який створює фізичні об'єкти з цифрових моделей. Модель робота може бути побудована за допомогою 3D-принтерів різних типів і технологій (наприклад, FDM, SLA, SLS тощо).

Робототехнічний набір — це набір, який містить усі необхідні компоненти для складання робота, включаючи двигуни, контролери, датчики та інші елементи. Такі набори можна використовувати для швидкого створення прототипів і експериментів.

Онлайн-сервіси – Останнім часом з'явилося багато онлайн-сервісів, які дозволяють створювати тривимірні моделі та дистанційно замовляти 3D-принтери для їх друку.

Усі ці інструменти та прийоми мають свої плюси та мінуси, і вибір підходу залежить від конкретного завдання та можливостей розробника [15].

## 1.7 Висновки до першого розділу

У цьому розділі детально аналізуються сучасні рішення для керування промисловими роботами, особливо маніпуляторами, а також описується їх конструкція, компоненти та функціональні можливості. Особливий інтерес викликають роботи SCARA, які часто використовуються в промисловості завдяки своїй високій точності та ефективності. Визначення розміру робота та

його робочої зони є важливими особливостями проектування системи керування.

Огляд датчиків показує, що ефективне керування роботом вимагає використання кодерів, датчиків навантаження та комунікаційних інтерфейсів, таких як Ethernet. Проаналізовано типові підходи до реалізації систем керування з використанням ПЛК, мікроконтролерів або ПК та відповідного програмного забезпечення. Наведено приклади реальних промислових роботів, таких як ABB IRB 1200, FANUC M-20iA, KUKA KR AGILUS, Universal Robots UR10e, описано їх функціональні можливості та системи керування. Невеликі маніпулятори, такі як Mecademic Meca500 і Franka Emika Panda, вважаються більш придатними для завдань мікророботизованих систем.

У цьому розділі підкреслюється важливість узгодження технічних характеристик робота з обраною архітектурою системи керування. Також підкреслюється актуальність відкритих архітектур, таких як ROS, для спрощення системної інтеграції, розширення та налаштування. Висновок: для невеликих роботизованих систем зручніше використовувати компактні маніпулятори з вбудованими інтерфейсами та гнучким програмуванням.

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			20



– ДП1 ÷ ДПn - датчики переміщень.

Системи керування роботами можуть бути побудовані за різними принципами. Ось деякі з них:

– програмне керування системами керування роботами на основі програмного керування є найпоширенішим і найпростішим варіантом. У цьому випадку оператор видає команди через інтерфейс користувача, які потім виконуються роботом. Програмне керування часто використовується в промислових і лабораторних умовах, де маніпулятор виконує стандартні завдання, що вимагають мінімальної адаптації до мінливих умов;

– сенсорні системи керування маніпулятором використовують датчики для забезпечення зворотного зв'язку маніпулятора з навколишнім середовищем. Це дозволяє роботу реагувати та адаптуватися до змін навколишнього середовища.

– управління на основі моделювання Системи керування маніпулятором базуються на математичному моделюванні, використовуючи модель маніпулятора для керування його рухом. На основі моделі оператор може вказати точні рухи, необхідні роботі. Цей принцип управління враховує фізичні обмеження маніпулятора та його динамічні характеристики, що дозволяє більш точне керування;

– гібридне керування Системи керування маніпулятором, які використовують гібридний підхід, поєднують декілька методів керування маніпулятором. Це дає змогу використовувати найкращі аспекти кожного методу та досягати найкращих результатів. Наприклад, система може використовувати керування на основі симуляції, щоб призначати спільні рухи маніпулятору, і керування на основі датчиків, щоб адаптуватися до змін у навколишньому середовищі;

– автоматичне керування: система керування маніпулятором повністю автоматизована, не потребує втручання оператора та може бути запрограмована на виконання певних завдань і процесів без потреби в мішку для кісток;

– управління на основі штучного інтелекту: сучасні системи керування роботами все частіше використовують методи штучного інтелекту для підвищення точності керування та адаптації до середовища. [16]

Вибір принципу керування роботом залежить від вимог і цілей конкретної ситуації. Наприклад, у деяких випадках може бути достатнім використання простого програмного керування, тоді як в інших випадках може знадобитися гібридне керування, що поєднує декілька підходів. У нашому випадку ми будемо використовувати гібридне керування, коли програмна складова отримує дані як від оператора, так і від датчиків зворотного зв'язку.

## 2.2 Вибір моделі ПЛК

Обрання ПЛК відбувається на основі наступних вихідних даних:

- використаний ПЛК: Siemens 1200 серії;
- вихідна напруга +24В;
- кількість керованих осей: 3
- кожна вісь має кінцевий вимикач, кількість: 1
- напруга живлення  $V$  керованого двигуна на осі руху: 9.

SIMATIC S7-1200 — це нова серія мікроконтролерів, розроблена компанією Siemens для вирішення широкого спектру завдань автоматизації низького рівня. Контролери мають модульну конструкцію та підходять для широкого спектру застосувань. Вони здатні працювати в реальному часі та

підтримують обмін даними через мережі Industrial Ethernet/PROFINET і з'єднання PtP (точка-точка). [17]

Програмований контролер S7-1200 має компактний пластиковий корпус із захистом IP20 і може бути встановлений на стандартну DIN-рейку 35 мм або монтажну пластину. Вони працюють в широкому діапазоні температур від 0 до +50°C. Контролер може обслуговувати від 10 до 284 дискретних каналів введення/виведення та від 2 до 51 аналогового каналу введення/виведення. У порівнянні з попередніми моделями S7-200 контролери S7-1200 мають порівнянну конфігурацію вводу-виводу, але займають на 35 відсотків менше місця для установки.

Центральний процесор (CPU) програмного контролера S7-1200 можна розширити за допомогою модулів зв'язку (CM), сигнальних модулів (SM) і сигнальних плат (SB) для підключення дискретних і аналогових сигналів. Промисловий комутатор Ethernet (CSM 1277) і модуль живлення (PM 1207) [17]. На рисунку 2.2 показано Siemens S1200.



Рисунок 2.2 - Siemens S1200

Усі ЦП мають високу продуктивність і підтримують широкий спектр функцій:

- програмування мовами LAD і FBD з комплексним набором команд;
- висока продуктивність зі скороченням часу виконання логічних операцій до 0,1 мкс;
- вбудована пам'ять максимум 2 МБ з можливістю розширення до 24 МБ за допомогою карти пам'яті;
- об'єм оперативної пам'яті до 50 КБ;
- 2 Кб енергонезалежної пам'яті для зберігання даних, які не можуть бути обслуговані під час відключення живлення контролера;
- вбудований дискретний вхід загального призначення, що дозволяє вводити потенційні або імпульсні сигнали.

## 2.2 Визначення і вибір необхідних датчиків

Виходячи з вихідних даних двигуна і відгуків, наданих в технічних характеристиках, можна зробити висновок, що вибір датчика зводиться до вибору кінцевих вимикачів для зупинки двигуна на осі.

Кінцевий вимикач — це електромеханічний пристрій, який використовується для керування електричним ланцюгом і приводиться в дію безпосередньою механічною дією механізму або частини машини [18].

Це пристрій керування, який механізовано шляхом зміни електричних з'єднань між його внутрішніми клемами. Приклад кінцевого вимикача показано на рисунку 2.3.



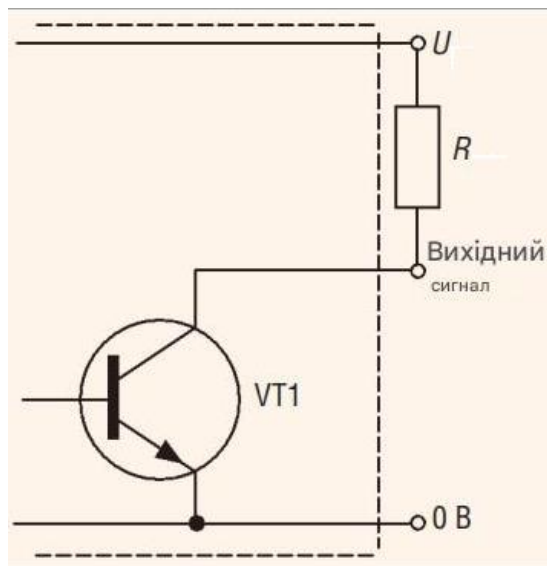


Рисунок 2.4 - Тип виходу з відкритим колектором

Основна проблема під час підключення до програмованого логічного контролера (ПЛК) залежить від відповідності частоти вихідних імпульсів кодера ( $f_1$ ) і частоти опитування на вході контролера ( $f_2$ ). Частота опитування ( $f_2$ ) має бути вищою за частоту імпульсів ( $f_1$ ) і достатньо високою для правильного підрахунку імпульсів. Значення частоти  $f_2$  обмежене тривалістю робочого циклу ПЛК, який включає фази читання входів, виконання програми користувача та запису вихідних значень. Час виконання програми користувача залежить від вмісту програми та є найбільшим внеском у загальний час циклу ПЛК. Без урахування спеціалізованих кодерів з більш високою точністю частота імпульсів, випромінюваних оптичними інкрементальними кодерами, може змінюватися від 100 імпульсів на оборот до 2500 імпульсів і навіть більше [19].

Розрахунок швидкості двигуна може вимагати обробки десятків тисяч обертів на секунду, що перевищує типовий час циклу ПЛК. Тому використання стандартних функціональних блоків лічильників у програмі користувача може бути складним або порушити робочий цикл ПЛК.





або вимикаються сигналами на ENA та ENB відповідно. Таким чином, L298N забезпечує повний контроль живлення, напрямку й увімкнення двох двигунів одночасно.

Застосування логічної «1» до цих контактів дозволяє двигуну обертатися, а застосування логічного «0» блокує обертання двигуна. Для зміни швидкості обертання щіткового двигуна на ці контакти подається сигнал ШІМ. Для роботи з кроковими двигунами на цих контактах зазвичай розміщують перемички, що забезпечують постійну підтягувальну напругу +5 В. [двадцять один]

Щоб керувати трьома двигунами постійного струму, ми можемо використовувати 2 драйвера L298N у режимі Н-мост, підключити живлення двигуна до контактів OUT1,2 або OUT3,4 і підключити контакти кодера безпосередньо до контактів контролера.

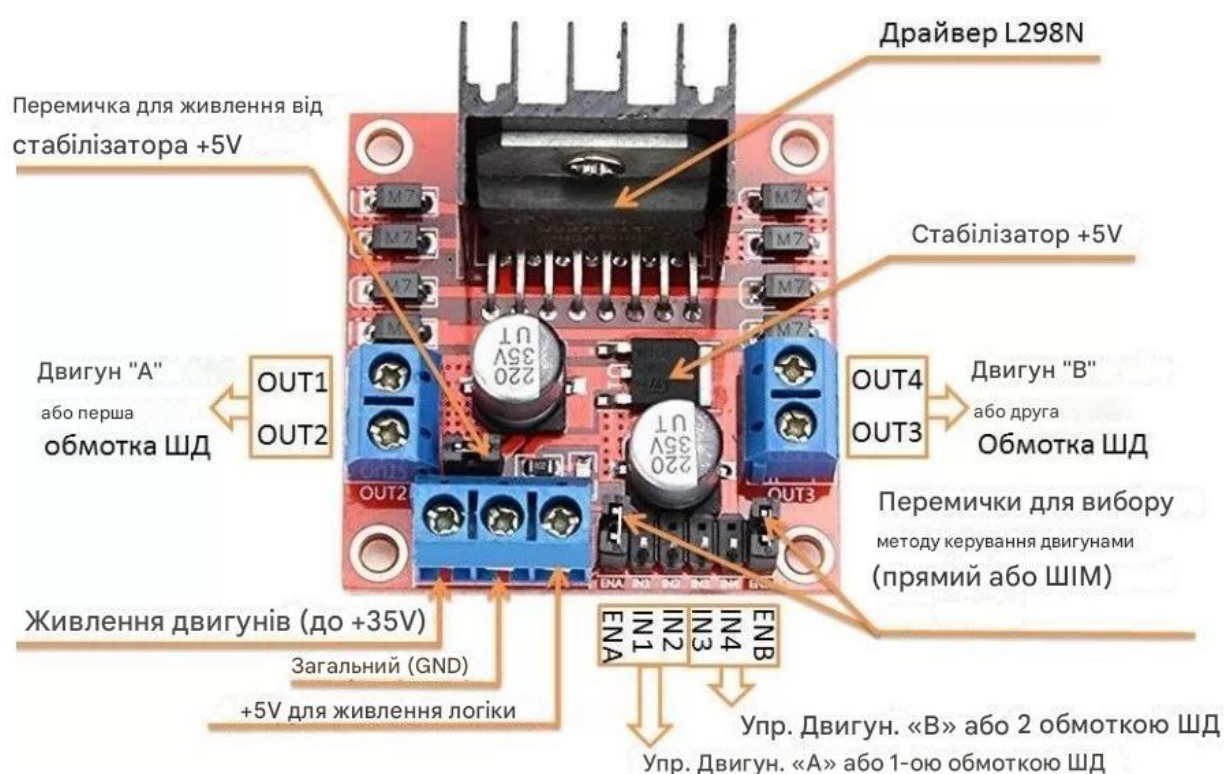


Рисунок 2.6 - Драйвер l298N



Модуль керування роботом використовує чіп L298N, який містить два зрілих Н-моста. Кожен Н-міст складається з чотирьох транзисторних ключів і обмотки двигуна в центрі. Це дозволяє змінювати полярність обмоток і напрямок обертання двигуна, по чергово вмикаючи і вимикаючи ключ. рисунок 2.8 ілюструє цей процес.

На схемі показана схема двох транзисторних мостів Н-типу. У першому випадку на один із входів (IN1) надходить логічна «1», а на інший вхід (IN2) надходить логічний «0». Через різну провідність транзисторів, при такому вхідному сигналі транзистори T1 і T4 залишаються вимкненими, а через T2 і T3, через обмотку двигуна буде протікати струм, змушуючи його рухатися в певному напрямку. У другому ланцюзі вхід IN3 встановлений на логічний нуль, а вхід IN4 встановлений на логічну одиницю, що змушує струм текти в протилежних напрямках, в результаті чого другий двигун обертається в протилежному напрямку.

#### 2.4 Схема системи управління маніпулятором

Система керування роботом складається з кількох основних компонентів, які описані нижче.

Структурна схема управління показана на рисунку 2.9.

Програмований логічний контролер (ПЛК) є основним елементом системи керування, який обробляє інформацію, отриману від датчиків та інших пристроїв, і надсилає сигнали виконавчим механізмам. ПЛК часто використовується в промислових системах керування, оскільки він забезпечує надійну та точну роботу. [22]

Людино-машинний інтерфейс (НМІ): це пристрій, який забезпечує взаємодію між оператором і системою керування роботом. НМІ надає користувачеві зручний інтерфейс для введення команд, моніторингу та

відображення інформації про стан роботи, а також відстеження процесів і налаштування.

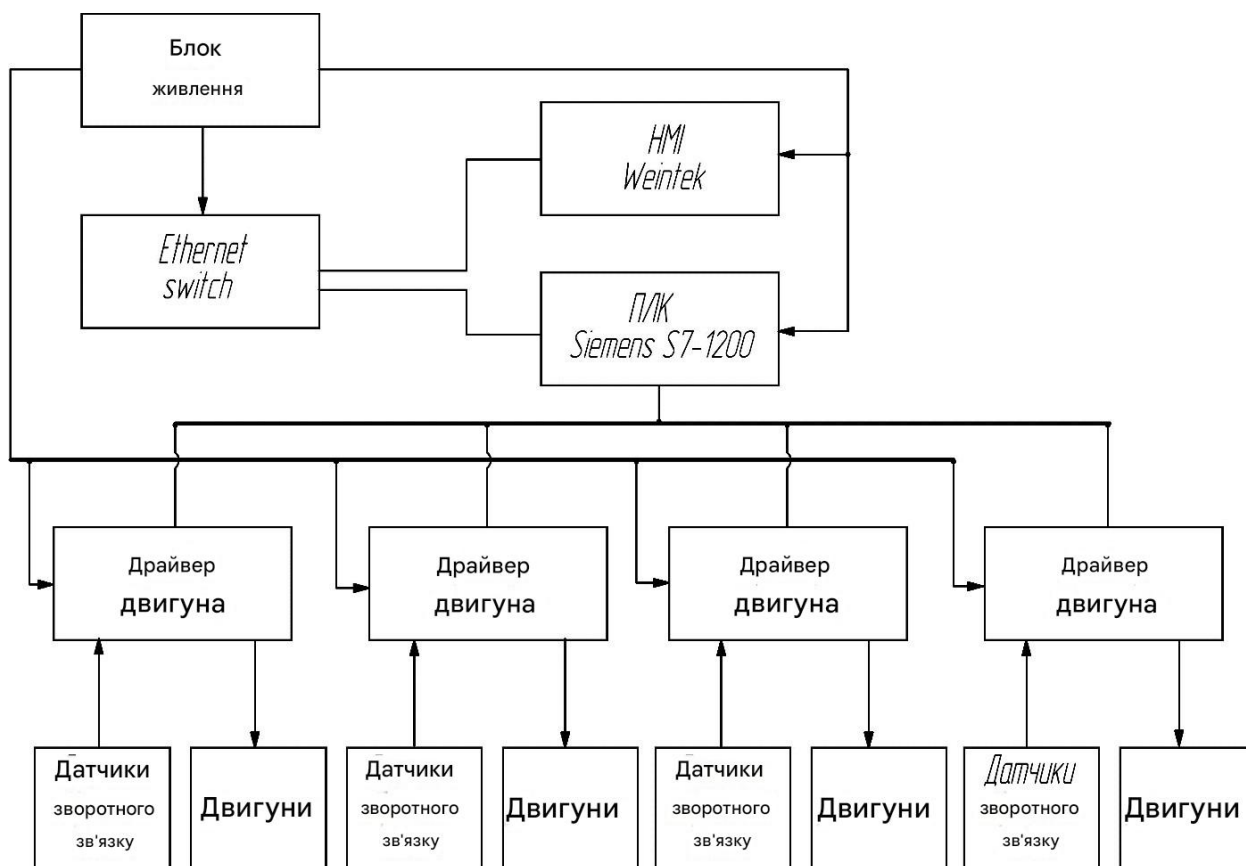


Рисунок 2.9 - Структурна організація архітектури системи

Мережевий комутатор — це пристрій, який забезпечує зв'язок між компонентами системи керування, включаючи ПЛК, приводи та датчики. Це дозволяє передавати дані в реальному часі між пристроями та забезпечує стабільний і надійний зв'язок.

Блок живлення (БП) - це пристрій, який забезпечує електричним живленням всю систему управління та виконавчі механізми. Він повинен бути достатньо потужним, щоб забезпечити достатню потужність для всіх пристроїв, підключених до системи керування.

Драйвер – це пристрій, який керує двигуном робота. Вони перетворюють сигнали від ПЛК у сигнали керування для двигуна, щоб двигун рухався у правильному напрямку та швидкості. Двигуни — це приводи робота, які дозволяють рухати об'єкти та маніпулювати ними. Двигун повинен бути достатньо потужним, щоб забезпечити необхідне навантаження і швидкість.

Датчики ОС — це пристрої, які вимірюють положення, швидкість, прискорення та інші параметри руху робота.

З'єднувальні кабелі – це кабелі, які з'єднують компоненти системи керування, включаючи ПЛК, приводи та датчики.

Таким чином розглядається структурна організація архітектури системи.

## 2.4 Вибір компонентної бази

У роботі використовується програмований логічний контролер S7-1200.

### Контролер S7-1200

Програмований контролер S7-1200 призначений для вирішення логічних задач, виконання математичних операцій і створення систем автоматизації. Вони можуть бути використані як заміна релейних контактних систем і для побудови складних структур автоматизації. На рисунку 2.10 показаний приклад для програмованого логічного контролера S7-1200. [23]

Контролер Siemens S7-1200 забезпечує різні версії центральних процесорів, які можна вибрати відповідно до потреб розробників. На базі контролера S7-1200 можуть бути встановлені різні процесори, наприклад CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C та ін. Вони відрізняються продуктивністю, об'ємом пам'яті, кількістю вбудованих аналогових і дискретних входів і виходів. У нашому прикладі ми будемо використовувати контролер з CPU 1212C, оскільки в цій версії вже є необхідна кількість входів і виходів для підключення клемників. Ми будемо використовувати версію з





- налагодити програму в режимі симуляції, щоб перевірити її роботу без реального пристрою;
- завантажити програму в контролер через з'єднання Ethernet.



Рисунок 2.12 - Комунікаційний модуль

Важливо враховувати особливості Siemens S7-1200, такі як обмеження використання пам'яті, принципи адресації та зв'язку з пристроями в мережі. [25]

У проекті було б зручніше реалізувати керування шляхом експорту даних датчика зворотного зв'язку на панель НМІ та імпорту звідти ефекту керування, щоб не потрібно було двічі писати програму керування на різних типах контролерів, а просто об'єднати їх в одну систему.

Щоб керувати двигуном через ПЛК за допомогою НМІ, необхідно позначити адресні області та зареєструвати програмні теги та блоки даних.







Рисунок 2.14 - Блок живлення PM1207 =24В

Це блок живлення, рекомендований Siemens для забезпечення успішної роботи всієї системи.

Модуль РМ 1207 не має інтерфейсу для підключення до внутрішньої шини контролера і тому повинен бути встановлений в крайньому лівому або правому положенні відносно модуля контролера.

На рисунку 2.15 нижче показано регульоване джерело живлення HZY-009 [27].



Рисунок 2.15 - Блок живлення HZY-009

Блок живлення HZY-009 використовується в ланцюгах живлення двигуна постійного струму 9 В для живлення драйверів цих двигунів. Використовуючи перемички (розглянуті раніше), ми можемо забезпечити драйвер L298N будь-яким діапазоном від 5 до 35 вольт.

## 2.6 Керування з панелі оператора

Панелі Weintek підтримують такі інтерфейси:

- RS-232;
- RS-485 (2-провідний, 4-провідний);
- шина CAN (деякі моделі, наприклад cMT3072X, cMT3092X, cMT3102X тощо);
- USB-хост (наприклад, для підключення зчитувача штрих-кодів);
- Ethernet.

Список підтримуваних панелями Weintek протоколів досить великий (завантажити інструкцію можна на сайті Weintek). Панель спілкується із зовнішнім світом через інтерфейс Ethernet. [28-30]

## 2.7 Висновки до другого розділу

У цьому розділі представлено функціональну схему системи динамічного керування роботом, яка включає ключові модулі: комп'ютер, модулі введення/виведення, датчики та виконавчі механізми. Розглянуто основи управління робототехнічними системами, включаючи програмне забезпечення, датчики, моделі, гібридне, автоматичне та управління на основі штучного інтелекту. Для реалізації керування було обрано гібридний підхід, який поєднує програмне керування та зворотний зв'язок із датчиками. Для

забезпечення надійності, масштабованості та високої продуктивності в якості основи керування було обрано програмований логічний контролер Siemens S7-1200. Контролер S7-1200 підтримує до 284 цифрових і 51 аналогових входів/виходів і має вбудовані можливості реального часу та Ethernet. Кінцеві вимикачі використовуються для зупинки двигуна на кінці осі, забезпечуючи просту та ефективну реалізацію обмеження ходу. Система використовує кодери з відкритим колектором для зворотного зв'язку за швидкістю та положенням, що вимагає врахування частоти опитування ПЛК. Для підвищення точності підрахунку імпульсів використовується модуль HSC (High Speed Counter), який працює незалежно від основного циклу ПЛК. Драйвер живлення двигуна реалізований на основі модуля L298N і підтримує керування двома двигунами постійного струму через H-міст. Розроблена система управління є гнучкою, ефективною та придатною для подальшої модернізації або розширення в залежності від завдання автоматизації.

					КВРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			42



- налаштувати властивості елемента, такі як колір, розмір, положення, текст тощо. Це допомагає зробити інтерфейс більш привабливим і зручним для користувача;

- прив'язати елементів до адрес блоку даних ПЛК (БД). Для цього вам потрібно створити теги в EasyBuilder Pro і зв'язати їх з адресами блоків даних ПЛК. Таким чином, ми можемо читати та записувати значення наших ПЛК безпосередньо через панель керування Weintek;

- написати логіку програми за допомогою вбудованої мови програмування під назвою «Сценарій». Мова «Script» дуже схожа на мову програмування С і дозволяє виконувати різні операції, такі як читання та запис значень, обробка даних тощо. Ми використовуємо мову «сценаріїв» для написання обробників подій та іншої логіки, яка дозволяє нам керувати нашими ПЛК за допомогою панелей оператора Weintek.

- зберегти програми на панелі оператора Weintek і завантажуйте їх на панель через Ethernet або USB-порт. Ми вибрали підключення Ethernet, тому що нам було зручніше.

- перевірити роботу програми на нашій операційній панелі та за потреби внесіть у програму необхідні зміни. [32]

### 3.2 Швидке спарювання Weintek і ПЛК Siemens

Щоб додати до системи програмований логічний контролер (ПЛК) з абсолютною адресацією, необхідно вибрати відповідний драйвер Siemens S7-1200 / Siemens S7-1500 (абсолютна адресація) (Ethernet) від Siemens AG і вказати IP-адресу та номер порту пристрою. Після цього ви можете почати прив'язувати адреси блоків даних (БД) до графічних об'єктів за допомогою бібліотек адресних тегів або шляхом імпорту тегів із самого ПЛК. [33]

Якщо використовується символічну адресацію, ви повинні вибрати драйвер Siemens S7-1200 (символьна адресація) (Ethernet) від Siemens AG. У цьому випадку також можна імпортувати теги з ПЛК, але замість створення адресних тегів приєднуються теги безпосередньо до об'єктів. При вибірці даних із символічною адресою необхідно створити масив.

Коли входите в систему вперше та створюєте проект, буде запропоновано вибрати модель, для якої необхідно створити проект [8].

Після створення проекту з'явиться вікно «Налаштування системи», де можна вибрати, до чого та як панель підключатиметься. Існує два способи підключення до Siemens S7-1200: абсолютна адресація та символічна адресація.

### 3.3 Додавання пристроїв Modbus TCP

Щоб додати пристрій, який може спілкуватися з контрольною панеллю за допомогою протоколу Modbus TCP через інтерфейс Ethernet, необхідно виконати наступні кроки: [34]

- відкрити вікно «Параметри системи» в панелі керування;
- натиснути на кнопку «Новий пристрій/сервер»;
- у групі драйверів "Modbus IDA" виберіть драйвер "Modbus TCP";
- продовжити налаштовувати такі параметри пристрою, як IP-адреса та номер порту, щоб встановити з'єднання з пристроєм із підтримкою Modbus TCP.

Таким чином, після додавання пристрою з обраним драйвером Modbus TCP, ПЛК буде готовий до обміну даними з цим пристроєм за вказаним протоколом та інтерфейсом Ethernet.

Говорячи про Modbus, не можна ігнорувати такі поняття, як «реєстр Modbus» і «функція Modbus» (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Реєстри Modbus

Bit/Word	Device type	Format	Range	Memo
B	0x	DDDDD	1 ~ 65535	Output bit
B	1x	DDDDD	1 ~ 65535	Input bit (read only)
B	0x_single_Bit	DDDDD	1 ~ 65535	
B	1x_single_Bit	DDDDD	1 ~ 65535	
B	3x_bit	DDDDDdd	100 ~ 6553515	Input Register bit(read only)
B	4x_bit	DDDDDdd	100 ~ 6553515	Output Register bit
B	6x_bit	DDDDDdd	100 ~ 6553515	Output Register bit
B	0x_multi_coils	DDDDD	1 ~ 65535	Write multiple coils
W	3x	DDDDD	1 ~ 65535	Input Register
W	4x	DDDDD	1 ~ 65535	Output Register
DW	5x	DDDDD	1 ~ 65535	4x double word swap
W	6x	DDDDD	1 ~ 65535	4x single word write

Найбільш повний опис драйвера міститься у відповідному файлі PDF на офіційному сайті або в елементі довідки EasyBuilder Pro.

З'єднання між клієнтським пристроєм (ПЛК Siemens S7-1200) і командами управління налаштовано в середовищі розробки TIA Portal V15.1. Для написання програмного коду, що відповідає за протокол зв'язку та систему керування, використовувалася мова сходової ланки програмування [26].

Основні команди, пов'язані з робочим режимом промислового комунікаційного протоколу Modbus TCP/IP, включають:

– MB\_MODE: містить інформацію про режим роботи протоколу Modbus;

– MB\_DATA\_ADDR: вказує початкову адресу пам'яті інформаційного повідомлення пошуку;

– MB\_DATA\_LEN: визначає довжину інформації, яку клієнтський пристрій повинен обробити [35].

Дозволяється налаштовувати підключення та керування даними між клієнтським пристроєм і іншими вузлами мережі за протоколом Modbus

TCP/IP. Для читання та запису даних у блоці «Читання/Запис» слід обрати з розкривного списку пристрій «Modbus TCP/IP» та вказати адресу відповідного типу регістра згідно з документацією ПЛК.

У разі використання драйвера MODBUS RTU та наявності кількох пристроїв у лінії необхідно призначити кожному регістру унікальний номер, що відповідає машинному слову (WORD) заданого формату (наприклад, 16-біт без знаку або 16-біт зі знаком).

Формат даних для передаваних значень визначається у вікні властивостей об'єкта «Число» на вкладці «Формат даних» шляхом вибору відповідного пункту зі списку.

При встановленні 32-розрядного формату передавання змінних із плаваючою комою виконується послідовне зчитування двох регістрів на стороні ПЛК, що спрощує налаштування у порівнянні з адресацією суміжних регістрів. Однак при застосуванні більш ніж чотирьох-п'яти адрес регістрів ускладнюється запам'ятовування відповідностей між номерами регістрів і технічними параметрами, особливо для 32-розрядних змінних, що потребують зсуву адреси на +1 для другої частини. З цією метою EasyBuilder Pro пропонує бібліотеку адресних міток, яка дозволяє оперувати символічними іменами змінних; теги, пов'язані з проектом, підсвічуються червоним кольором у галереї тегів.

Для ПЛК S7-1200/S7-1500 передбачено два способи адресації: абсолютний (блок БД) та за символічними назвами тегів. При абсолютній адресації блоків БД адресація здійснюється безпосередньо через вікно прив'язки адреси до графічного об'єкта, проте переважно застосовується створення адресних міток у галереї.

Імпорт тегів може виконуватися як із проекту (файли \\*.scl, \\*.db, \\*.xlsx або \*.ar\*), так і безпосередньо з ПЛК за допомогою кнопки «Отримати інформацію про теги». Символічна адресація не вимагає створення нових



індикатора для кожного стану. Щоб перевірити роботу, встановимо одну і ту ж локальну адресу і для кнопки, і для індикатора - LB 1.

Щоб зчитувати дані з інтерфейсного модуля, цей проект використовує робочий режим номер 103, який називається «Читання реєстру зберігання». Цей режим дозволяє читати інформаційні повідомлення, що зберігаються в області пам'яті за адресами від 0 до 65535. Максимальна кількість повідомлень, які можна прочитати, становить 125, а розмір кожного повідомлення - 2 байти. [37]

Для запису команд керування в інтерфейсний модуль потрібен номер робочого режиму 106 (так званий «запис у реєстр зберігання»). Цей режим дозволяє записати 2-байтове інформаційне повідомлення в область пам'яті за адресами від 0 до 65535.

Таким чином, ці режими роботи дозволяють обмінюватися даними між системою керування та інтерфейсним модулем за допомогою певних адрес пам'яті та певних форматів повідомлень.

На рисунках 3.3 – 3.4 відповідно показано програмні модулі, які реалізують функції читання та запису інформації.

Крім того, для кожного програмного блоку необхідно створити відповідний блок даних, який містить параметри підключення та режим роботи. У цьому блоці даних необхідно вказати ID клієнтського пристрою, IP-адресу серверного пристрою для підключення та іншу необхідну інформацію про режим роботи, тип протоколу зв'язку та порт підключення. На малюнках 26 і 27 показано налаштування програмних блоків, відповідальних за читання і запис даних відповідно [38].



	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static								
2	REQ	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	DISCONNECT	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	MB_MODE	USInt	103	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ERROR	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	MB_DATA_ADDR	UDInt	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	MB_DATA_LEN	UInt	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	CONNECT	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	InterfaceId	HW_ANY	64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HW-identifier of IE-interface submodule
10	ID	CONN_OUC	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	connection reference / identifier
11	ConnectionType	Byte	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
12	ActiveEstablished	Bool	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	active/passive connection establishment
13	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	remote IP address (IPv4)
14	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
15	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
16	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
17	ADDR[3]	Byte	31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
18	ADDR[4]	Byte	240	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
19	RemotePort	UInt	502	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	remote UDP/TCP port number
20	LocalPort	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	local UDP/TCP port number
21	DONE	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	BUSY	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	STATUS	Word	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 3.5 - Налаштування блоку читання інформації

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static								
2	REQ	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	DISCONNECT	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	MB_MODE	USInt	106	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ERROR	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	MB_DATA_ADDR	UDInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	MB_DATA_LEN	UInt	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	CONNECT	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	InterfaceId	HW_ANY	64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HW-identifier of IE-interface submodule
10	ID	CONN_OUC	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	connection reference / identifier
11	ConnectionType	Byte	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
12	ActiveEstablished	Bool	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	active/passive connection establishment
13	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	remote IP address (IPv4)
14	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
15	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
16	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
17	ADDR[3]	Byte	31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
18	ADDR[4]	Byte	240	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
19	RemotePort	UInt	502	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	remote UDP/TCP port number
20	LocalPort	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	local UDP/TCP port number
21	DONE	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	BUSY	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	STATUS	Word	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 3.6 - Налаштування блоку записи інформації

При створенні цих блоків даних необхідно вказати всі необхідні параметри для забезпечення належного з'єднання та обміну даними між клієнтським і серверним пристроєм (рисунки 3.5-3.6).

Все вищезазначене необхідно для правильного підключення та обміну даними між клієнтськими та серверними пристроями.

### 3.4 Створення керуючої програми

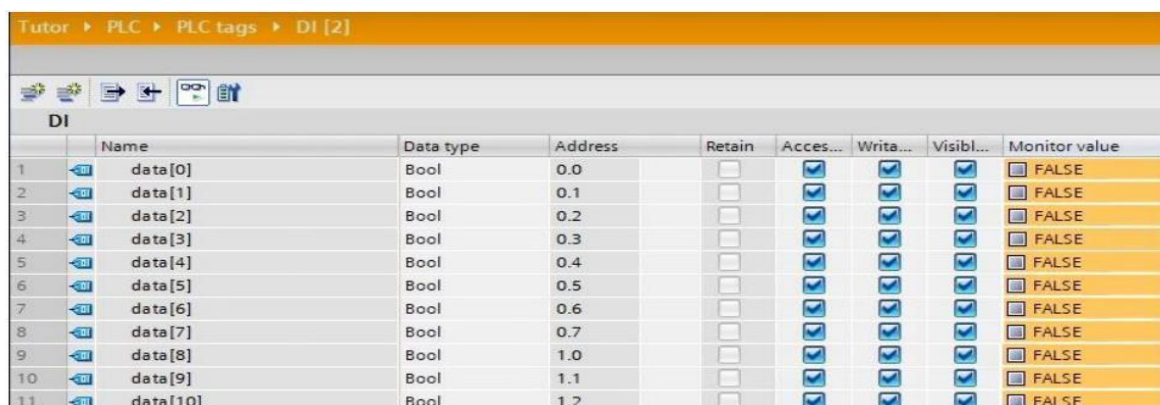
Щоб кнопка виконувала потрібну функцію при натисканні, необхідно вказати адресацію, яка використовується на порталі TIA (Рисунок 3.7).

Також вказуємо ці адреси для індикаторів [39].

Вигляд створеного блоку даних з адресами показано на рисунку 3.7.

Щоб кнопка виконувала потрібну функцію при натисканні, необхідно вказати адресу, яка використовується на порталі TIA. Ці адреси також повинні бути вказані на індикаторі.

Коли ви натискаєте кнопку на панелі, що відповідає адресі блоку даних на порталі TIA, статус змінюється з «false» на «true», як показано на рисунку нижче. Перші три блоки даних не вимагають призначення адреси, оскільки вони зарезервовані системою (рисунок 3.9).



	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Monitor value
1	data[0]	Bool	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
2	data[1]	Bool	0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
3	data[2]	Bool	0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
4	data[3]	Bool	0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
5	data[4]	Bool	0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
6	data[5]	Bool	0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
7	data[6]	Bool	0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
8	data[7]	Bool	0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
9	data[8]	Bool	1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
10	data[9]	Bool	1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
11	data[10]	Bool	1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE

Рисунок 3.7 - Теги в TIA Portal

Екран ручного керування роботом має виглядати так, як на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 - Панель оператора

Tutor > PLC > PLC tags > DI [2]

DI									
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Monitor value	
1	data[0]	Bool	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
2	data[1]	Bool	0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
3	data[2]	Bool	0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
4	data[3]	Bool	0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
5	data[4]	Bool	0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
6	data[5]	Bool	0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
7	data[6]	Bool	0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
8	data[7]	Bool	0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
9	data[8]	Bool	1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	
10	data[9]	Bool	1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE	

Рисунок 3.9 - Зміна стану виходу при натисканні на кнопку

Щоб прочитати статус адреси, скористаємося функцією GetData.

«У результаті ми маємо таку програму:

```
short Stop, j //Установити тип даних
```

GetData(Stop, "Local HMI", LB, 31, 1) // Перевірка статусу вказаної адреси

if Stop == 1 then //Умова запуску макросу j = 0 //Перевірити всі адреси

Дані набору Siemens (j, "Siemens", M, 555.3, 1)

встановити дані (j,"Siemens",M,555.4,1)

набір даних (j, "Siemens", M, 555.5, 1)

встановити дані (j, "Siemens", M, 555.6, 1)

набір даних (j, "Siemens", M, 555.7, 1)

встановити дані (j, "Siemens", M, 555.8, 1)

i = 1

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 3, 1)

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 4, 1)

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 5, 1)

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 6, 1)

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 7, 1)

SetData(i, "Локальний HMI", LB, 8, 1)

Програма перевіряє адресацію двигунів і їх переміщення, а також подальший контроль руху зчепів робота. Нижче наведено блок-схему подальшого керування роботом. У цьому випадку кнопки керування роботом розташовані на панелі HMI (як показано вище), а алгоритм автоматичної роботи реалізує наступний крок керування роботом шляхом послідовного натискання відповідних кнопок на панелі керування відповідно до заданого алгоритму. Алгоритм налаштований таким чином, що робот циклічно переміщує свою рукоятку захоплення до заданих координат, введених користувачем, доки не буде вичерпано введені користувачем дані. [40]

Тут усе управління відбувається всередині панелі HMI, а ПЛК Siemens S7-1200 діє як передавач даних у тегах, передаючи дані на необхідні входи/виходи. Протокол Modbus TCP використовується для передачі через

мережу Ethernet через комутатор (позначений комутатором Ethernet на рисунку 3.10) і працює, як описано раніше.

Алгоритм управління маніпулятором реалізовано у вигляді циклічної послідовності дій, що повторюються до виконання всіх заданих точок траєкторії. На початку ініціалізуються змінні та список координат, по яких слід перемістити інструментальний вузол. Після цього запускається основний цикл: поки не досягнуто останньої цільової позиції, з пам'яті послідовно зчитується поточна координата. Спочатку виконується підйом стріли маніпулятора до необхідного значення висоти. Після кожного переміщення контролюється, чи досягнуто заданого положення: якщо так — переходимо до наступного етапу; якщо ні — перевіряється сигнал від кінцевого вимикача для запобігання виїзду за межі допустимого діапазону. У разі спрацьовування кінцевика підйом припиняється, а позиція стріли встановлюється у максимально допустиме значення, і виконання повертається до перевірки положення.

Після успішного підйому стріли ініціюється висування візка (або секції) у горизонтальному напрямку до заданої координати. Після команди на висування відстежується досягнення потрібного положення: у разі невідповідності знову перевіряється сигнал кінцевого вимикача і, обмежується максимальне значення ходу. Виконується встановлення захватного пристрою у заданий стан: відкриття чи закриття захвату до визначеного геометричного угруповання об'єкта. Після кожної команди також здійснюється перевірка зворотного зв'язку та спрацьовування кінцевика, що захищає механізм від перевантажень.





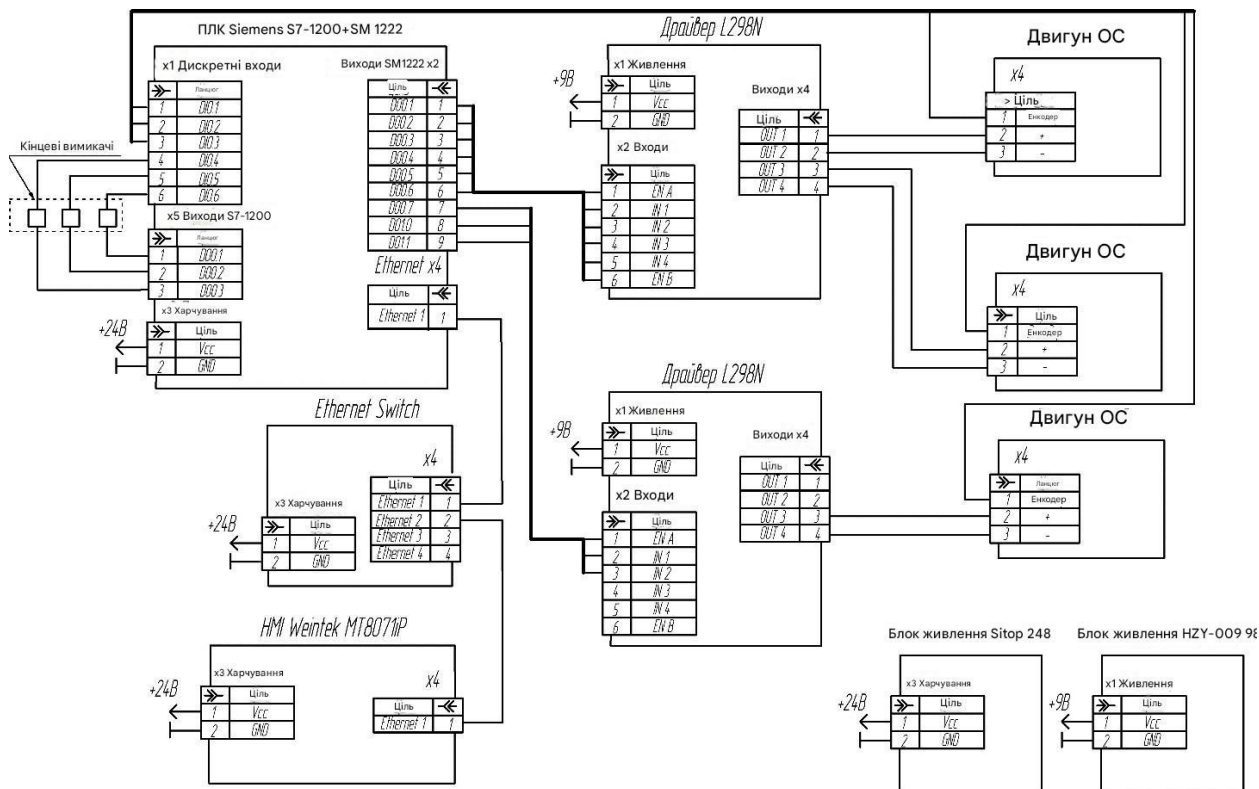


Рисунок 3.12 - Схема принципова електрична

### 3.5 Висновки до третього розділу

Для розробки програми Weintek HMI panel ми використовували середовище EasyBuilder Pro, яке надає зручний інтерфейс для створення графічних елементів і налаштування логіки управління.

Інтерфейс програми створюється за допомогою елементів візуалізації, які можна зв'язати зі змінними ПЛК за допомогою системи тегів. ПЛК Siemens підтримує два режими адресації: абсолютну адресацію та символну адресацію, які можуть гнучко спілкуватися із зовнішніми пристроями. Для обміну даними з пристроями, які підтримують протокол Modbus TCP, необхідно налаштувати відповідний драйвер і параметри підключення. Обмін даними здійснюється за допомогою спеціальних методів читання та запису регістрів, які відповідають стандарту Modbus.

Теги з порталу ТІА можна імпортувати в EasyBuilder Pro у вигляді файлу або безпосередньо з проекту, що значно спрощує прив'язку даних. Для кожного функціонального елемента створюється відповідний блок даних з параметрами підключення, типом протоколу та ІD пристрою. Логіка взаємодії реалізована у вбудованій мові сценаріїв, яка схожа на С і дозволяє обробляти події. Візуальні елементи, такі як кнопки та індикатори, пов'язані з відповідними локальними або глобальними адресами, що робить панель інтерактивною. Завдяки гнучким налаштуванням і підтримці кількох протоколів створюються рішення НМІ, які забезпечують ефективний зв'язок між операторами та системами керування.

## ВИСНОВКИ

Метою роботи було створення єдиної системи інтерфейсу оператора для лабораторного стенду, яка відповідатиме за контроль та керування трикоординатним маніпулятором.

У процесі виконання випускної кваліфікаційної роботи було варіації операторських панелей, здійснено зв'язок між програмованим логічним контролером Siemens S7-1200 та панеллю оператора Weintek Weintek MT8071iP. У ході розробки програми було створено алгоритми управління трикоординатним маніпулятором. Так ж було детально розібрано програмне забезпечення EasyBuilder Pro з описом інтерфейсних особливостей програми, щоб студенти під час лабораторних робіт могли змінювати сценарії роботи маніпулятора.

У рамках роботи були виконані нижченаведені завдання.

- аналіз вимог та функціональних можливостей системи. Було проведено огляд існуючих інтерфейсів управління маніпуляторами, вивчено основні принципи та підходи до розробки подібних систем;
- проектування інтерфейсу. Був розроблений дизайн інтерфейсу;
- розробка програмного забезпечення. Був розроблений програмний код, що забезпечує взаємодію з маніпулятором та обробку команд оператора.

У процесі роботи були використані сучасні методи програмування та інструменти розробки.

Результати роботи можуть бути використані в різних галузях, де потрібне керування трикоординатними маніпуляторами, таких як промисловість, медицина, робототехніка та інші.

					КвРАКІТ.2021030.01.01 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			60

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ABB Robotics. IRB 1200 Product Data Sheet. ABB, 2018. 56 с.
2. FANUC Robotics. M-20iA Specification Manual. FANUC, 2019. 48 с.
3. KUKA. KR AGILUS Datasheet. KUKA, 2020. 52 с.
4. Universal Robots. UR10e Product Overview. Universal Robots, 2021. 40 с.
5. Mecademic. Meca500 Specifications. Mecademic, 2019. 12 с.
6. Franka Emika. Panda Technical Data. Franka Emika, 2018. 24 с.
7. Universal Robots. UR3 Datasheet. Universal Robots, 2020. 30 с.
8. Epson Robots. Epson T3+ Robot Manual. Epson, 2021. 80 с.
9. Yamaha Robotics. YK400XR Specs. Yamaha, 2019. 20 с.
10. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 System Manual. Siemens, 2017. 900 с.
11. Weintek. EasyBuilder Pro Manual. Weintek, 2022. 300 с.
12. L298N Driver Datasheet. STMicroelectronics, 2015. 16 с.
13. Modbus Organization. Modbus TCP Spec. 2019. 40 с.
14. IEC 61131-3:2013. Programmable Controllers. Geneva: IEC, 2013. 120 с.
15. O'Malley P.W., Kassell D.J. Residential Design for Aging in Place. Routledge, 2018. 248 с.
16. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 System Manual. Siemens, 2017. 900 с.
17. L298N Driver Datasheet. STMicroelectronics, 2015. 16 с.
18. STMicroelectronics. L298N Application Notes. ST, 2016. 24 с.
19. Weintek. EasyBuilder Pro Manual. Weintek, 2022. 300 с.
20. MODBUS Organization. Modbus TCP Spec. 2019. 40 с.
21. IEC 61131-3:2013. Geneva: IEC. 120 с.

22. Al-Ameen S., Liu J., Kwak H. Security and Privacy in WSN for Healthcare. Int. J. Security and Networks, 2012, Vol. 7, № 2, pp. 88–101.
23. Deshpande D.A. Human–Machine Interface Design. CRC Press, 2015. 224 с.
24. Granito A.M., Faulhaber C.E. HMI Design Patterns. .NET Guild, 2014. 142 с.
25. Ogata K. Modern Control Engineering. 5th ed. Prentice Hall, 2010. 792 с.
26. Patterson D.A., Hennessy J.L. Computer Organization and Design. 5th ed. Morgan Kaufmann, 2013. 784 с.
27. Thomas D., Knight J. Mechatronics Handbook. CRC Press, 2018. 1248 с.
28. Sen P.C., Chakraborty A. Distribution System Modeling and Analysis. CRC Press, 2017. 456 с.
29. Vallero D.A. Building Control System Design. ASHRAE, 2017. 672 с.
30. Malhotra T.K. Refrigeration and Air Conditioning. 2nd ed. McGraw-Hill, 2018. 816 с.
31. Weintek. EasyBuilder Pro Manual. Weintek, 2022. 300 с.
32. Siemens AG. TIA Portal V15.1 User Manual. Siemens, 2020. 650 с.
33. Universal Robots. UR3 Manual. Universal Robots, 2020. 200 с.
34. ABB. IRC5 Compact Manual. ABB, 2019. 400 с.
35. KUKA. Sunrise Cabinet Programming Guide. KUKA, 2018. 350 с.
36. Epson. Epson RC+ 7.0 Manual. Epson, 2021. 250 с.
37. Modbus Organization. Modbus TCP Spec. 2019. 40 с.
38. L298N Driver Datasheet. ST, 2015. 16 с.
39. IEC 61131-3:2013. Geneva: IEC. 120 с.
40. STMicroelectronics. L298N Application Notes. ST, 2016. 24 с.

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Біленький Олександр Олександрович

Тема: Автоматизована система керування промисловим роботом

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування промисловим роботом для автоматизації виробництва за допомогою автоматизованих машин
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо керування реальними промисловими маніпуляторами. У другому розділі проведено розробку автоматизованої системи керування промисловим маніпулятором та обґрунтовано вибір технічних засобів. У третьому розділі розроблено програмне забезпечення для програмованого логічного контролера та панелі оператора для автоматизованої системи керування промисловим маніпулятором.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

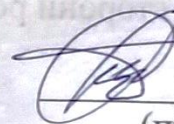
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4.00/5)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Стецюк Віктор Іванович, к.т.н., доцент  
каф. ТМІТ ХНУ

"18" 06 2025 р.

  
Стецюк В.І.  
(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Олександр БІЛЕНЬКИЙ

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

### ЗАЯВА


З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06 2022р.

дата



підпис

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Олександр БІЛЕНЬКИЙ

**Співавтор:**

**Назва:** Біленький антиплагіат

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

**Коефіцієнт подібності 1:** 0.5%

**Коефіцієнт подібності 2:** 0%

**Мікропробіли:** 0

**Заміна букв:** 6

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-18 01:47:14.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-18

Доцент Микола Федупа

Дата

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 8%**

ID: 246612 Title: БКР Автоматизована система керування промисловим роботом Added in a DB: 2025-06-17 Authors: Олександр БІЛЕНЬКИЙ Heads: Юрій ФОРКУН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	52058	809	760 (1%)	10 (1%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система керування промисловим роботом

Автор: Біленький Олександр Олександрович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Юрій Вікторович, к.т.н., доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,52% і адресується до 16 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Юрій ФОРКУН