

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ
ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА МП – 9С НА БАЗІ МІКРО-
КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21

Вишневецький Орест Миколайович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Редько Ростислав Григорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Р.Редько

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Вишневецькому Оресту Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Дослідження та модернізація промислового робота МП – 9С на базі мікро контролера Arduino*

Керівник роботи: *Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент*, затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» січня 2023 р. № 42/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: 1.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: *результати аналізу наявної в літературних джерелах інформації, патентно-інформаційні дослідження щодо нових схем та механізмів промислових роботів, аналіз можливостей модернізації промислових роботів, відгуки промислових підприємств щодо проблем використання роботизованих комплексів.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Загальні відомості. Розділ 2. Конструкторська частина. Розділ 3. Технологічна частина. Розділ 4. Дослідницька частина. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Мета роботи, задачі, наукова новизна – 1 лист ф.А1; загальна будова комплексу – 1 лист ф.А1; електрична схема керування комплексу – 1 лист ф. А1; перший блок програми – 1 лист ф. А1; висновки – 1 лист ф. А.1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

02.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми, огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>15.09.23</i>	
2.	<i>Загальні відомості</i>	<i>01.10.23</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>15.10.23</i>	
4.	<i>Технологічна частина</i>	<i>25.10.23</i>	
5.	<i>Дослідницька частина</i>	<i>01.11.23</i>	
6.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.23</i>	
7.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.23</i>	
8.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.23</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Вишинецький О. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Редько Р.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вишневецький О. М. Дослідження та модернізація промислового робота МП – 9С на базі мікроконтролера Arduino. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

Метою кваліфікаційної роботи є модернізації системи керування промислових роботів МП – 9С, а також організації їх в комплекс для виконання заданої роботи.

В роботі на основі літературних джерел було проаналізовано можливості модернізації промислових роботів. Для її реалізації були підібрані усі необхідні електричні компоненти, спроектовано та виготовлено блок керування, виконано налагодження пневмосистеми та створено комплекс для виконання заданих робіт. Для перевірки функціонування системи було здійснено програмування її роботи з успішною апробацією.

В результаті виконаної роботи отримали роботизований комплекс, який можна застосовувати як в навчальному процесі, так і для виконання технологічних операцій

Ключові слова (терміни): маніпулятор, модернізація, промисловий робот, контролер, системна плата.

ABSTRACT

Vyshnevetskyi O. M. Research and modernization of the industrial robot MP-9C based on the Arduino microcontroller. Manuscript.

Qualification work of the master's degree in Applied Mechanics, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The master's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and suggestions, a list of references.

The purpose of the qualification work is to modernize the control system of industrial robots MP-9C, as well as to organize them into a complex to perform the specified work.

In the work, based on the literature, the possibilities of modernizing industrial robots were analyzed. For its implementation, all the necessary electrical components were selected, a control unit was designed and manufactured, the pneumatic system was adjusted, and a complex was created to perform the specified work. To test the system's functioning, its operation was programmed and successfully tested.

As a result of the work performed, a robotic complex was obtained that can be used both in the educational process and for performing technological operations

Keywords: manipulator, modernization, industrial robot, controller, system board.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	9
1.1. Класифікація промислових роботів.....	9
1.2. Технічні характеристики промислових роботів.....	11
1.3. Системи управління промислових роботів.....	13
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	16
2.1. Опис пневматичного робота МП-9С.....	16
2.2. Підбір системи керування.....	20
2.3. Принципова схема роботизованого комплексу.....	23
2.4. Проектування електричної схеми роботизованого комплексу.....	24
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІІНА ЧАСТИНА.....	26
3.1. Виготовлення блоку системи керування.....	26
3.2. Організація роботизованого комплексу.....	27
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	30
4.1. Структура програми функціонування маніпуляторів.....	30
4.2 Практична реалізація роботи коду.....	35
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Актуальність теми У контексті стрімкого розвитку технологій та постійного прагнення підвищення ефективності виробництва, промислові роботи відіграють ключову роль у сучасному виробничому середовищі. Модернізація промислових роботів дозволяє підвищити продуктивність виробничих процесів шляхом використання передових технологій, удосконалення алгоритмів та розвитку нового функціоналу.

Оновлення та модернізація робототехніки може сприяти покращенню робочих умов, зменшенню втрат часу та ресурсів, а також забезпеченню безпеки працівників.

Сучасні виробничі середовища вимагають гнучких та адаптивних рішень. Модернізація роботів дозволяє створювати системи, які з легкістю адаптуються до змінних виробничих завдань.

Ефективне впровадження нових технологій та модернізація промислових роботів може призвести до значних економічних вигід, зменшення витрат і підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Дослідження та вдосконалення промислових роботів є частиною загального технологічного прогресу. Вони сприяють розвитку нових технологій, матеріалів та інженерних рішень.

Дана тема важлива не лише для виробничих підприємств, а й для наукового співтовариства, яке може зробити свій вклад у розвиток і впровадження передових рішень у сфері промислових роботів. Результати дослідження можуть мати практичний вплив на підвищення ефективності виробництва та розвиток індустрії в цілому.

Завдання кваліфікаційної роботи полягає у проектуванні та програмуванні роботи автоматизованого комплексу з двох роботів маніпуляторів.

Метою досліджень є модернізація системи керування промислових роботів МП – 9С, а також організація та організація їх в комплекс для виконання заданої роботи.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Відновлення роботоздатності двох промислових роботів МП – 9С.
2. Розробка проекту для їх з'єднання в один комплекс. Проект включав такі етапи:

2.1 Підбір електричних компонентів

2.2 Виготовлення блоку керування

2.3 Налагодження роботи пневмосистеми

2.4 Написання програми управління для перевірки роботи здатності комплексу

Об'єкт дослідження: процеси та технологія модернізації промислового робота.

Предмет дослідження: промисловий робот МП – 9С.

Методи дослідження: емпіричний та теоретичний методи дослідження.

Наукова новизна: розроблено новий метод управління електропневматичними роботами МП – 9С на базі мікро контролера Arduino Uno.

Особистий внесок здобувача: в повній мірі розкриті цілі та завдання магістерської роботи.

Апробація результатів роботи. Результати роботи були апробовані на наукових семінарах кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1. Класифікація промислових робіт

За характером операцій, що виконуються, всі промислові роботи поділяють на три групи, що мають певні та різноманітні виробничо-технологічні ознаки.

Технологічні (або виробничі) промислові роботи (ТПР) виконують основні операції технологічного процесу. Вони безпосередньо приймають участь в технологічних процесах як машини, що виробляють чи обробляють різноманітні деталі, а також виконують такі операції, як згинання, зварювання, фарбування, складання тощо.

Допоміжні (підйомно-транспортні) роботи можуть виконувати дії типу взяти-перемістити-покласти. Їх використовують для обслуговування основного технологічного обладнання для автоматизації допоміжних операцій установки-зняття заготовок чи деталей, інструменту та оснащення, для очистки баз деталей і устаткування, для живлення конвейерів, а також на транспортно-складських і інших операціях.

Універсальні роботи (УТР) виконують різноманітні технологічні операції, як основні так і допоміжні, тобто вони поєднують ознаки перших двох груп.

За ступенем спеціалізації технологічні або допоміжні промислові роботи поділяють (класифікують) на:

1. Спеціальні.
2. Спеціалізовані.
3. Багатоцільові.

Функціональні можливості спеціальних промислових робіт дозволяють їм виконувати певні технологічні операції або обслуговувати конкретну модель основного технологічного обладнання. Спеціалізовані промислові роботи призначені для реалізації технологічних операцій одного роду або типу

(згинання, зварювання, фарбування, складання, штабелювання тощо) або, якщо це допоміжні промислові роботи, то і для обслуговування широкої номенклатури моделей основного технологічного обладнання, з'єднаних спільністю маніпуляційних дій.

Багатоцільові ПР призначені для виконання різних основних (ТПР) або допоміжних (ДПР) операцій, у тому числі і таких операцій, для виконання яких виконуються різноманітні прийоми.

Якщо промислові роботи можуть виконувати і основні, і допоміжні операції, забезпечуючи ознаки багатоцільових ТПР і ВПР, вони відносяться до класу універсальних роботів. Функціональні можливості промислових роботів багато чим визначаються типом системи програмного керування (СПК) і характером відпрацювання програм. Більшість вживаних ПР відноситься до числа жорстко програмованих, програма дій яких містить необхідний набір інформації, яка не змінюється під час роботи. Вони не в змозі забезпечити коригування програми за зміни зовнішнього середовища.

Адаптивні промислові роботи здійснюють свої дії за використання інформації щодо об'єктів і явищ зовнішнього середовища, отриманого в процесі роботи. Вони мають сенсорне забезпечення, що дозволяє коректувати управляючу програму.

Гнучко програмовані (інтегральні) ПР можуть формувати програму своїх рухів згідно поставленої мети та інформації щодо об'єктів і явищ зовнішнього середовища. В ПР застосовується три типи СПК, класифікуються відповідно до характеру і дискретності переміщень ступенів вільності:

- позиційні (від точки до точки);
- контурні (за безперервною траєкторією);
- комбіновані.

По типу представлення заданої інформації СПК можна розділити на:

- циклові (ЦПК),
- аналогові (АПК),

- числові (ЧПК),
- аналого-числові (гібридні).

Роботи з ЦПК є найпростішими типами позиційних ПР. Програма систем ЦПК містить інформацію щодо послідовності переміщень виконавчих механізмів ПР або щодо послідовності та швидкості; шляхи їхніх переміщень задаються настройкою упорів, що впливають на кінцеві перемикачі.

В аналогових СПК інформація задається, у виді значень фізичних (аналогових) величин, що безперервно змінюються.

В системах ЧПК (позиційних чи контурних) інформація представляється у формі цифрових кодів, що зберігаються на швидкозмінному носії.

В гібридних (аналого-числових) СПК можуть використовуватися різні способи представлення інформації [7].

1.2. Технічні характеристики промислових роботів

Основні технічні показники ПР (див. ГОСТ 25378—82) визначаються передбачуваною областю використання ПР, умовами виробництва, для яких призначається робот. Вантажопідйомність ПР визначається як сумарна вантажопідйомність його рук. Вантажопідйомність руки ПР — щонайбільша маса об'єктів маніпулювання (включаючи масу захватного пристрою), які можуть переміщатися рукою при заданих умовах (при максимальній або мінімальній швидкості, при максимальному вильоті руки і т. п.). При виконанні з декількома руками разом з сумарною вантажопідйомністю ПР слід указувати вантажопідйомність однієї руки. Для деяких типів ПР важливим значенням є зусилля (чи крутний момент), що досягається виконавчим механізмом при заданих умовах. До числа таких показників можна віднести зусилля затиску (захоплення, утримання) об'єкту маніпулювання захватним пристроєм; робоче зусилля руки ПР уздовж її подовжньої осі; крутний момент при ротації захватного пристрою.

Число ступенів рухливості ПР — сума можливих координатних рухів об'єкту маніпулювання щодо опорної системи (стійки, підстави) ПР. Похибка позиціонування — це відхилення певної позиції виконавчого механізму від фактичної позиції при багатократному позиціонуванні (повторенні руху). Похибка позиціонування може оцінюватися в лінійних або кутових одиницях. Стосовно ПР важливим показником є сумарна похибка позиціонування всіх виконавчих механізмів, приведена до фактичного положення об'єкту маніпулювання, відмінного від заданого за програмою роботи. Такий показник називають похибкою позиціонування робочого органу ПР. Він визначається як величина відхилення робочого органу ПР від заданого управляючою програмою. Похибка відпрацювання траєкторії робочого органу ПР — відхилення фактичної траєкторії від заданої за програмою. Робочий простір промислового робота (маніпулятора або автооператора) — простір, в якому може знаходитися виконавський орган (пристрій) ПР, маніпулятор або автооператор. Робоча зона — простір, в якому може знаходитися робочий орган (наприклад, рука) при функціонуванні ПР, маніпулятора або автооператора. Зона обслуговування — частина робочої зони, де повністю зберігаються задані (паспортні) значення технічних характеристик ПР, маніпулятора або автооператора. При роботі декількох ПР в якості характеристики робототехнічного комплексу приводиться зона сумісного обслуговування — частина простору, в якому переміщення об'єкту маніпулювання можуть виконуватися декількома ПР. Мобільність ПР визначається його можливістю скоювати рухи. За мобільністю роботи підрозділяють на дві групи: стаціонарні (забезпечуючі орієнтуючі і транспортуючі рухи) і пересувні (забезпечуючі додатково до названих ще і координатні рухи). Додаткові відомості — див. ГОСТ 25378—82, ГОСТ 25685—83, ГОСТ 25686—85, ГОСТ 25204—82.

Щоб вирішити питання про можливість і спосіб використання ПР для автоматизації конкретного технологічного процесу, треба знати основні характеристики ПР: функціональні: кількість, вид, взаємне розташування

степенів вільності; кількість і діапазони встановлення точок позиціонування по кожній степені свободи; форма, розміри і розташування зони обслуговування; кількість і вид програм і команд в програмі; кількість, вид і характеристики каналів зв'язку системи керування з зовнішнім обладнанням; вантажопідйомність; можливі технологічні зусилля на робочих органах; діапазони швидкостей і прискорень робочих органів і точність їх задання; адаптація ПР та його схватів до похибок розташування форми і маси об'єктів маніпулювання; конструктивні: спосіб встановлення; форма, розмір і розташування робочого простору; вид і діапазон регулювання взаємного розташування ступенів свободи; систематичні похибки позиціонування; випадкові статичні і динамічні похибки; максимальні прискорення при розгоні і гальмуванні; податливість маніпулятора; власні частоти і коефіцієнт затухання; габаритні розміри, маса і т.д; експлуатаційні: показники надійності та ремонту здатності; час переналадки на нові об'єкти маніпулювання або режими роботи; використана потужність і джерела живлення; вибухо- та пожежобезпека; вартість та ін. Такий поділ є умовним, при розробці конструкції ПР враховують більш детальні градації характеристик (точності, швидкодії, силові і т.д.)

1.3. Системи управління промислових роботів

Певними системами управління обладнані всі маніпулятори, у яких переміщення рухомих елементів здійснюються за використання різних немеханічних приводів.

Переважає система управління сучасного маніпулятора містить декілька підсистем, які виконують визначені інформаційні, управляючі, захисно-попереджувальні, обмежуючі та багато інших функцій.

З аналізу літератури відомо, що використовують три основні види управління: циклове, позиційне та контурне управління. При цикловому управлінні програмується послідовність виконання рухів, а також умови початку та закінчення рухів; положення, до якого відбувається рух, задається на самому

роботі, а не у програмі. Швидкість переміщення ланок визначається характеристиками приводу, що також не вказується в програмі. За позиційного управління команди надаються так, що переміщення робочих органів відбувається від однієї точки до іншої, причому положення точок задаються самою програмою. Швидкість переміщення між положеннями не контролюється і не реалізується роботом. За контурного управління рух робочого органу відбувається по визначеною траєкторією і тут вже задається швидкість. У програмі також задаються траєкторії і режими переміщень. Контурне управління використовується переважно у технологічних роботах.

Пристрій управління та інші модулі системи управління за циклового, позиційного і контурного управління можуть бути реалізовані за однаковими або різними принципами і елементними базами. В особливий тип переважно виділяють адаптивне управління, за якого здійснюється автоматична зміна управляючих програм.

Адаптація, або пристосованість, системи управління може визначатись тим, що пристрої системи керування за допомогою певних датчиків визначають конфігурацію, структуру об'єкта та його положення. [1]

Об'єктом керування виступає виконавчий пристрій (маніпулятор, а також пристрій для пересування, якщо він наявний). У виконавчий пристрій також входять приводні механізми. Все інше обладнання ПР використовується для формування і видачі керуючих команд для виконавчого пристрою. Таким чином, пристрій керування отримує сигнали (від різних датчиків) і надає команди на приводи маніпулятора.

В пульті ручного керування основним є його зв'язок з пристроєм управління. З пульта ручного керування оператори здійснюють введення програм та налагодження. На пульт управління передаються сигнали про виконання різноманітних рухів, а також передається інформація про можливі недоліки, збої режимів роботи та про відмови. Потрібно брати до уваги, що в пристрій управління переважно надходять сигнали від зовнішніх (по

відношенню до ПР) датчиків та систем (наприклад, від систем керування обладнанням, що обслуговується). Пристрій управління промисловим роботом також може бути з'єднаний з ПК, що координує роботу кількох одиниць обладнання, наприклад всього комплексу обладнання технологічної ділянки або лінії. У даних випадках цей ПК, можна сказати, знаходиться на більш високому рівні, на черговому рівні управління. Така багаторівнева система керування є типовою для сучасних гнучких виробничих систем [1].

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Опис пневматичного робота МП-9С

Пневматичний робот МП-9С (рис. 2.1) [6] призначений для обслуговування технологічного обладнання, виконання операцій з навантаження-розвантаження та встановлення деталей, а також автоматизації інших технологічних процесів. При цьому виконавчий пристрій робота (маніпулятор) здійснює захват, переміщення та встановлення деталі по запрограмованих координатах робочої зони. До складу робота входять пневматичний маніпулятор, керуючий пристрій ЗЦПУ – 6030, вузол підготовки повітря та кабелі з'єднання.

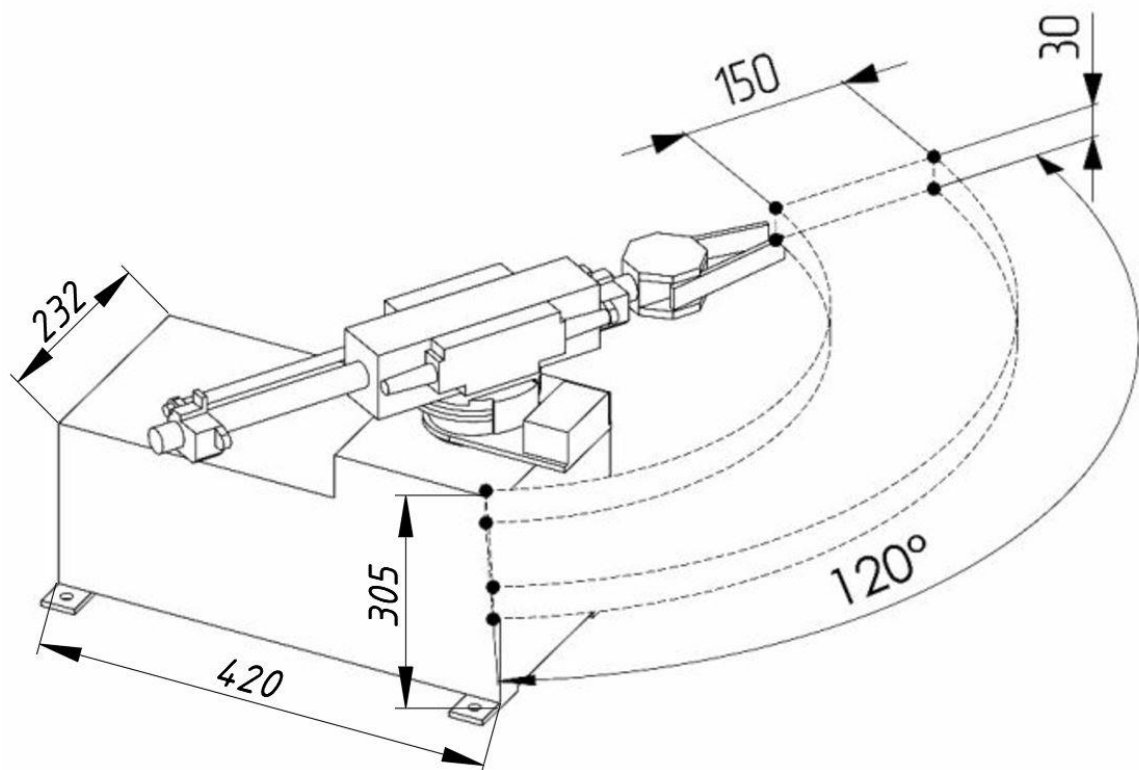


Рисунок 2.1 Загальний вигляд маніпулятора

Маніпулятор отримує постійний струм напругою 24 В від керуючого пристрою ЗЦПУ-6030, який, в свою чергу, живиться від мережі змінного струму напругою 220 В. Стиснуте повітря подається до електропневматичних клапанів маніпулятора через вузол підготовки повітря. Останній регулює тиск, постачає повітря та забезпечує змащення в пневмоциліндрі.

В маніпуляторі кожен рух керується електропневматичним клапаном, причому для кожного клапану передбачений запасний для заміни або для виконання додаткових команд. Кожен клапан має дросель на виході, який регулює швидкість руху.

Рух маніпулятора обмежується кінцевими упорами, які можна регулювати. Послідовність і кількість рухів визначається програмою на пульті ЗЦПУ-6030. Сигнали для виконання кожного руху передаються КЕМа, і кожен рух активується відповідно до програми.

Якщо не отримано відповіді від КЕМа про виконання руху, маніпулятор зупиняється. Амортизація висування та повороту руки маніпулятора здійснюється дроселюванням подачі та відводу повітря.

Корпус 7 (рис. 2,2) та 10 (рис. 3.2) маніпулятора є основою маніпулятора, в якому розташований вузол розподілу повітря – 14 (рис. 2,2) і 8 (рис. 3.2), який складається з 8 електропневматичних клапанів, які оснащені дроселями 15 (рис. 3.1), і проведене все електро - та пневмо розведення. Для зручного обслуговування корпус має з'ємний кожух 5 (рис. 3.2) та дві бокові кришки 3 (рис. 3.2). Назадній стінці корпусу розміщені штуцер 7 (рис. 3.2) для підводу повітря до вузла розподілу та два роз'єкти 8 і 3 (рис. 3.2) для підключення через кабелі електроживлення до ЗЦПУ-6030.

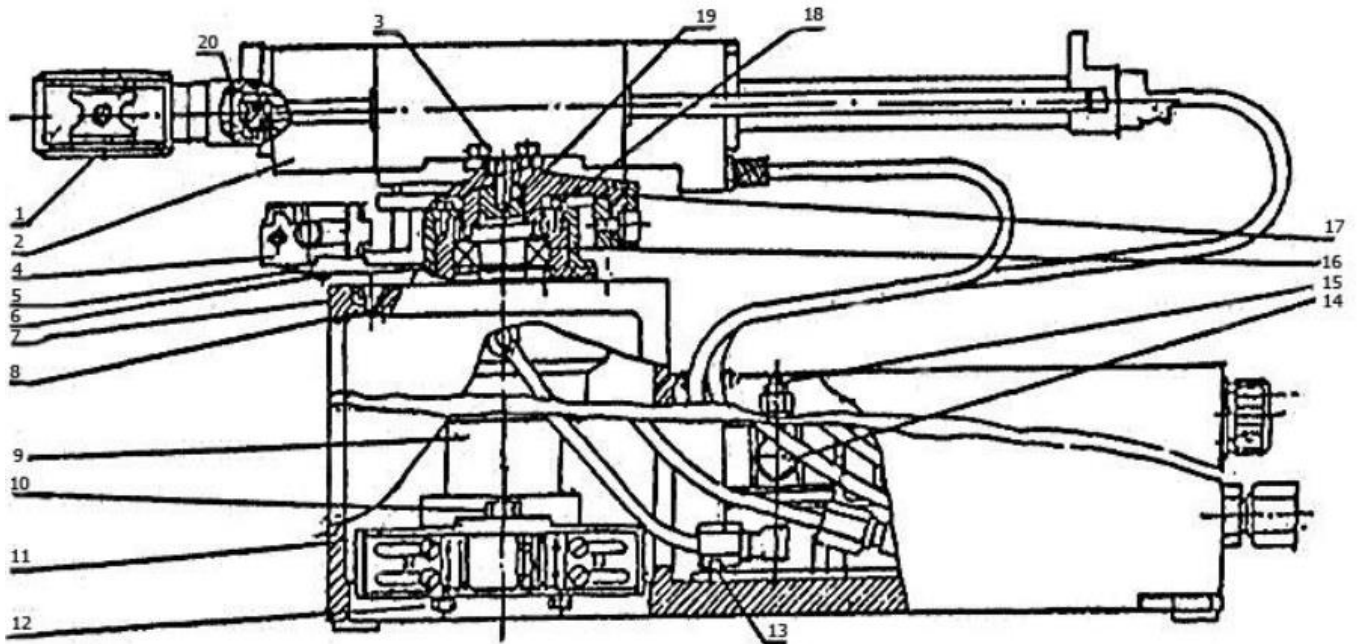


Рисунок 2.2 Головний вигляд пневматичного робота МП-9С: 1 – захват, 2 – рука, 3 – болт, 4 – амортизатор повороту, 5 – кронштейн, 6 – гвинт, 7 – корпус, 8 – гвинт, 9 – механізм підйому, 10 – планка, 11 – механізм повороту, 12 – болт, 13 – гвинт, 14 – вузол розподілу, 15 – дросель, 16 – підшипник, 17 – муфта з упорами, 18 – гвинт, 19 – вал, 20 – пряме кінцеве з’єднання

Таблиця 2.1. – Технічні характеристики маніпулятора

Назва параметру	Величина
Максимальна вантажопід’ємність	0,8 кг
Максимальне вертикальне переміщення	30 мм
Тиск у пневмосистемі	0,5 МПа
Максимальний кут повороту	120 град
Максимальна величина витягування руки	150 мм

Маса маніпулятора	57 кг
Габаритні розміри	570x305x232

Пневматична схема живлення приводів промислового робота МП-9С наведена на рис. 2.3. Пневматичну схему живлення приводів маніпулятора умовно можна розділити на наступні вузли:

1. Вузол підготовки стисненого повітря;
2. Вузол розподілу стисненого повітря;
3. Вузол виконавчих двигунів;
4. Система розподілу стисненого повітря між пристроями приводу.

Стиснене повітря через вхідний штуцер 1, запірний клапан 2, вологовідділювач 3, регулятор тиску 4, масло-розпилювач 6 по магістралях поступає до відповідних пневмо-розподільників.

За допомогою регулятора тиску 4 здійснюється регулювання тиску стисненого повітря, що поступає до елементів приводу.

Масло-розпилювач 6 забезпечує розпилення в потоці стисненого повітря масла, яке необхідне для змащування елементів, що підлягають тертю, виконавчих двигунів і розподільників.

Контроль тиску стисненого повітря, що поступає до пристроїв робота, виконується візуально, за допомогою манометра 5. Манометр встановлений за регулятором тиску.

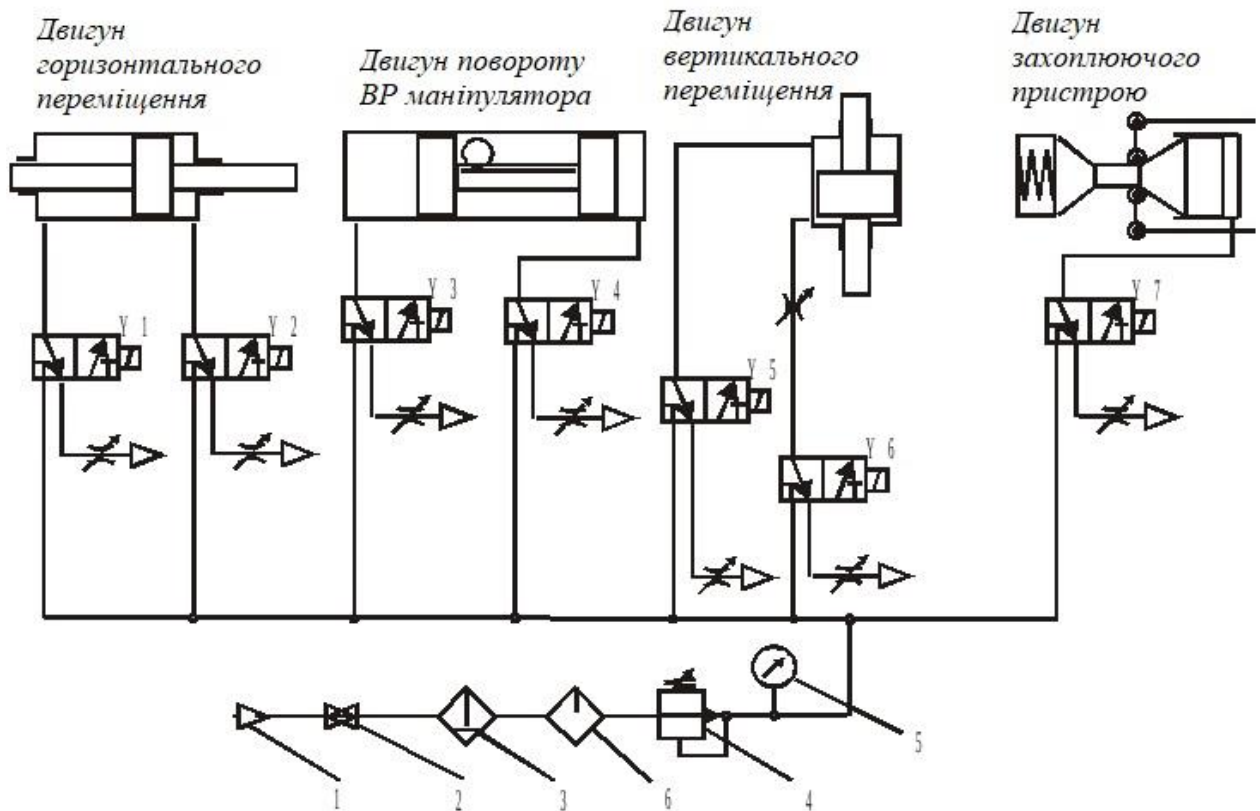


Рисунок 2.3 Пневматична схема приводів маніпулятора МП – 9С

2.2. Підбір системи керування

На момент початку роботи розглядалися два можливі варіанти модернізації.

Перший був на програмовано логічному контролері ОВЕН ПЛК110[М02] [9] зображений на рисунку 2.4. Він є оптимальним для можливості побудови систем автоматизації середнього рівня, а також розподілених систем керування.

Контролер може керувати виділеними локальними об'єктами, локальним об'єктом у складі комплексної інформаційної мережі, групою локальних об'єктів у складі комплексної інформаційної мережі. Логіка роботи приладу програмується за допомогою CODESYS v2.3. Підтримуються всі мови програмування стандарту MEK 61131-3:



Рисунок 2.4 Контролер ОВЕН ПЛК110

1. LD: Релейно-контакторі схеми;
2. FBD: функціональні блокові діаграми;
3. SFC: послідовні функціональні діаграми;
4. ST: Структурований текст;
5. IL: Список інструкцій

Другим варіантом була системна плата Arduino UNO (рис. 2.5.) [8]. Дана плата заснована на мікроконтролері ATmega328, який використовується в оригінальних платах Arduino Uno. Контролер створений на основі відкритої архітектури Arduino, і представляє з себе 100% аналог Arduino Uno Rev3 SMD. Збережена сумісність з усією лінійкою оригінальних контролерів і плат розширень.



Рисунок 2.5 Системна плата Arduino UNO

Основною відмінністю цього контролера є встановлення спеціалізованого чіпа CH340G замість Atmega16U2, який виконує роль USB-UART перетворювача. Разом з драйверами він дозволяє Arduino Uno підключатися до комп'ютера і взаємодіяти з зовнішніми пристроями через Serial UART. Так як CH340G значно дешевше інших USB-UART перетворювачів, підсумкова вартість Arduino Uno істотно знизилася. Ще одна особливість, це встановлення мікроконтролера ATmega328P в корпусі SMD.

Контролер містить 14 цифрові входи/виходи (6 з них можуть бути використані як виходи ШІМ), 6 аналогових входи, кварцовий генератор частотою 16 МГц, 1 роз'єм USB, 1 роз'єм живлення, 1 роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Для живлення можна використовувати як USB роз'єм (5В), так і роз'єм живлення (7В - 12В).

Провівши аналіз цих контролерів вибір припав на користь плати Arduino UNO. В свою чергу вона значно дешевша (разів в 10) порівняно з ОБЕН ПЛК110[M02]. Краще підходить для навчальних цілей, оскільки проста та

доступна в освоєнні через велику доступність до інформаційних матеріалів по її використанню та програмуванню. Такий стан речей закладає фундаментальні навички в роботі з контролерами.

2.3. Принципова схема роботизованого комплексу

Проектний комплекс (рис. 2.6) буде складатися з двох промислових роботів МП – 9С (ПР1 та ПР2 зображено на рисунку 2.6), компресора та системи керування. Живитися комплекс буде від мережі 220В.

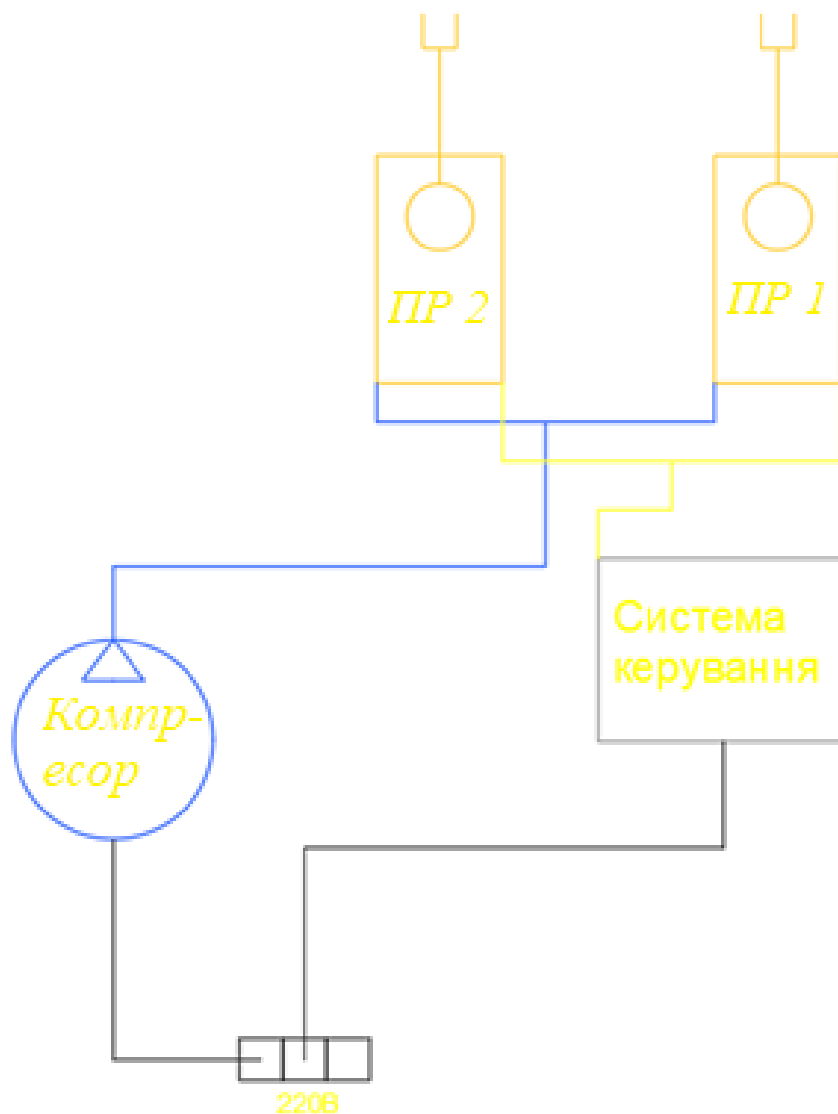


Рисунок 2.6 Схематичне зображення роботизованого комплексу на базі промислових роботів МП – 9С

Працювати комплекс буде за рахунок стисненого повітря яке буде подаватися на електромагнітні клапани. Робочий тиск становить 4 атмосфери.

Система керування даного комплексу буде базуватися на контролері Arduino UNO.

2.4. Проектування електричної схеми роботизованого комплексу

Аналізуючи рисунок 2.6 було розроблено електричну схему керування двома промисловими роботами. Дана схема представлена на рисунку 2.7.

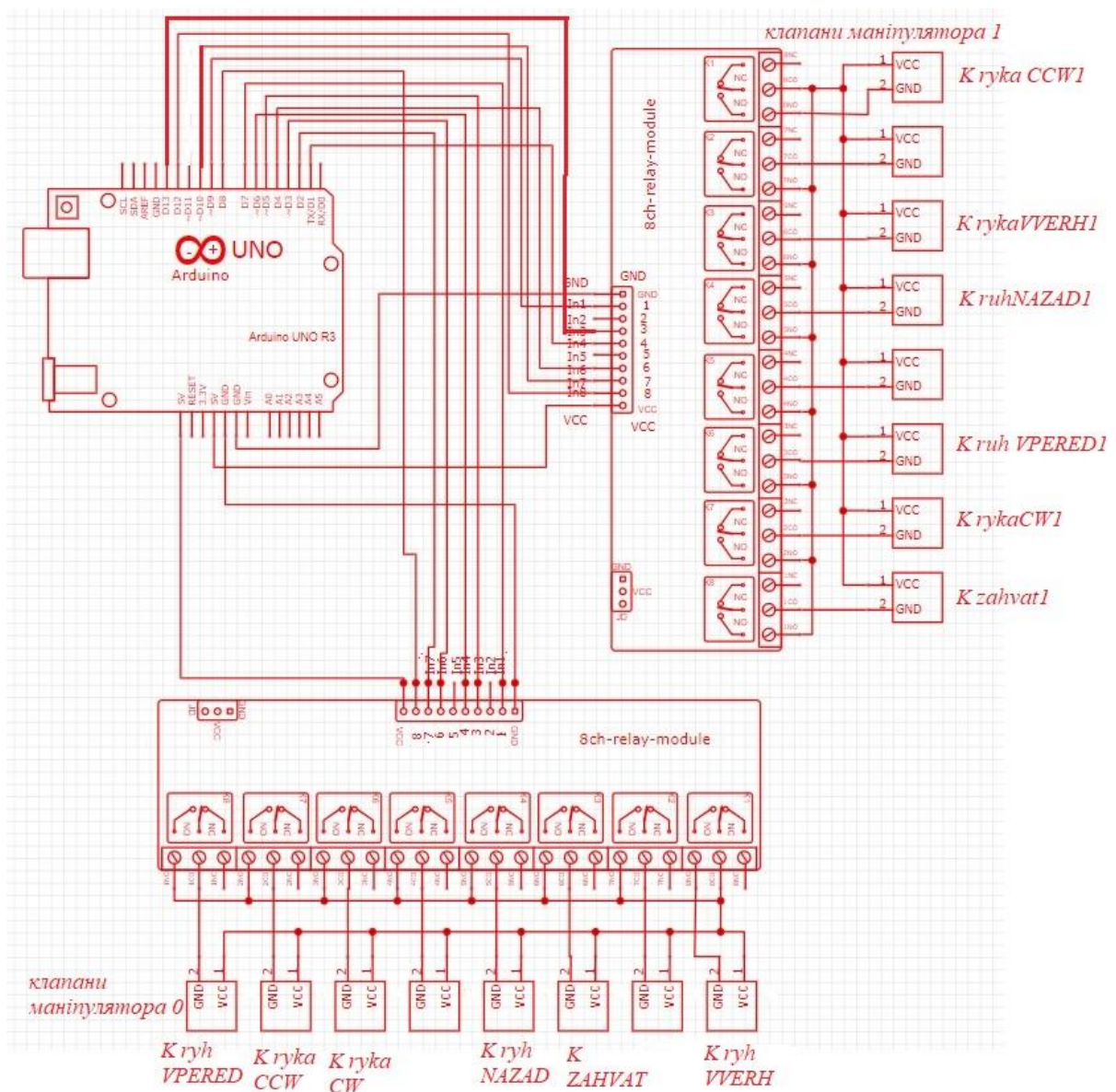


Рисунок 2.7 Електрична схема керування промислових роботів МП-9С

В якості контролера керування було обрано Arduino UNO. Враховуючи те що клапани живляться від напруги +24 В, виникла необхідність у використанні модульних реле в які якраз і буде подаватися необхідна нам напруга. А робота контролера буде полягати в тому щоб за необхідним сценарієм вмикати та вимикати реле. Варто зауважити, що Arduino подає сигнал з напругою 5В і модулі реле були підібрані таким чином щоб при подачі даної напруги вони спрацьовували.

Для реалізації широкого спектру сценаріїв роботи маніпуляторів було вирішено під'єднати по шість електромагнітних клапанів кожного з маніпуляторів. З рисунку 2.7 можна побачити, що кожен клапан має відповідність свого руху.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЙНА ЧАСТИНА

3.1. Виготовлення блоку системи керування

В результаті практичного під'єднання всіх складових електросхеми було створено блок керування, який представлений на рис. 3.1

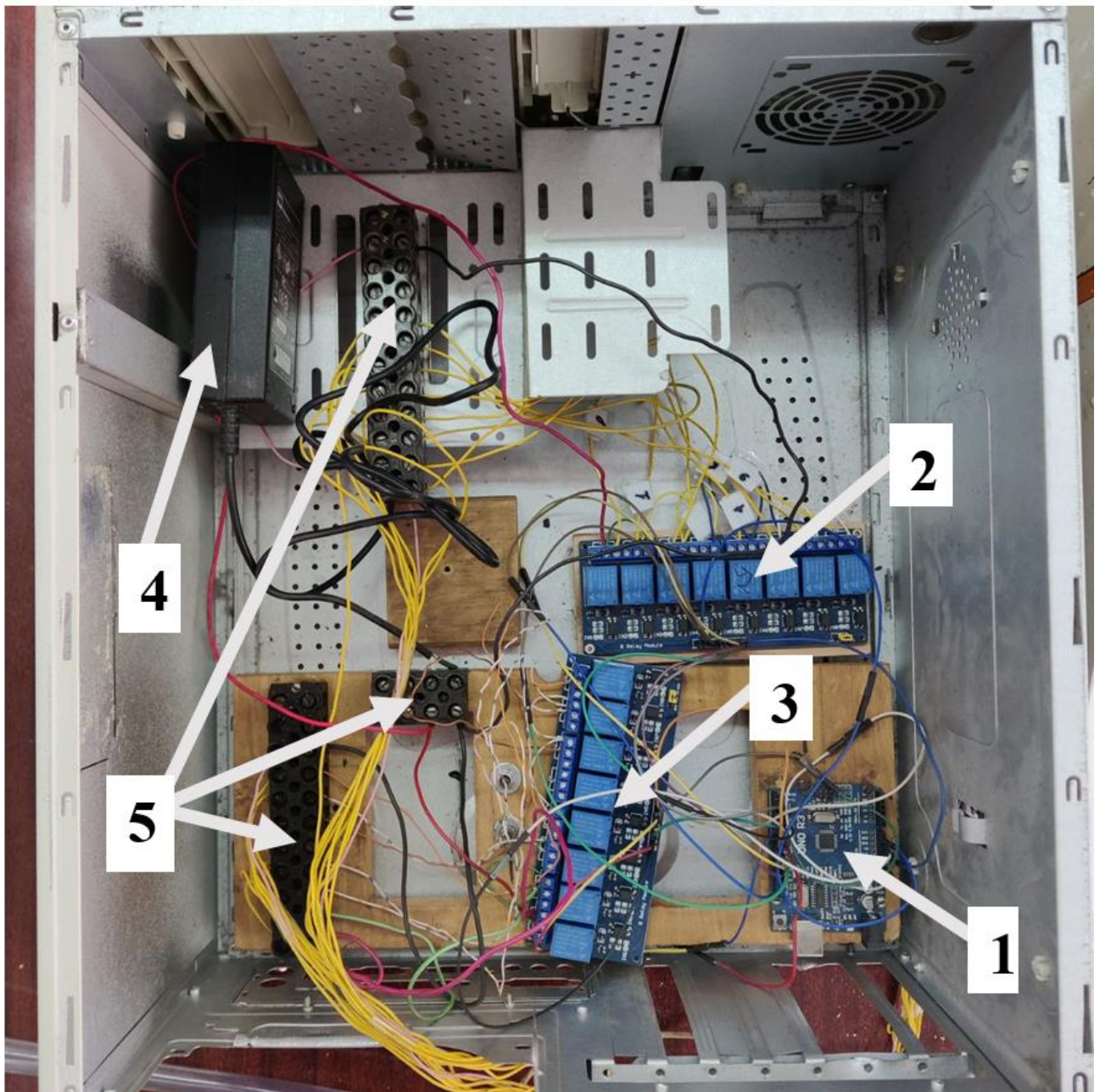


Рисунок 3.1 Системи керування

Також було обрано системний блок ПК в якому було змонтовано всі елементи, такі як:

- Arduino UNO (позиція 1);
- Блок реле (позиція 2) що керує клапанами Маніпулятора 1;
- Блок реле (позиція 3) що керує клапанами Маніпулятора 0;
- Блок живлення на 24В (позиція 4);
- Клемники (позиції 5) для з'єднання проводів.

Варто зауважити що блок живлення живиться від мережі 220В а Arduino UNO живиться через USB порт на 5В

3.2. Організація роботизованого комплексу

Наступним етапом була організація основних виконавчих вузлів в спільний функціональний комплекс результат роботи представлений на рис 3.2

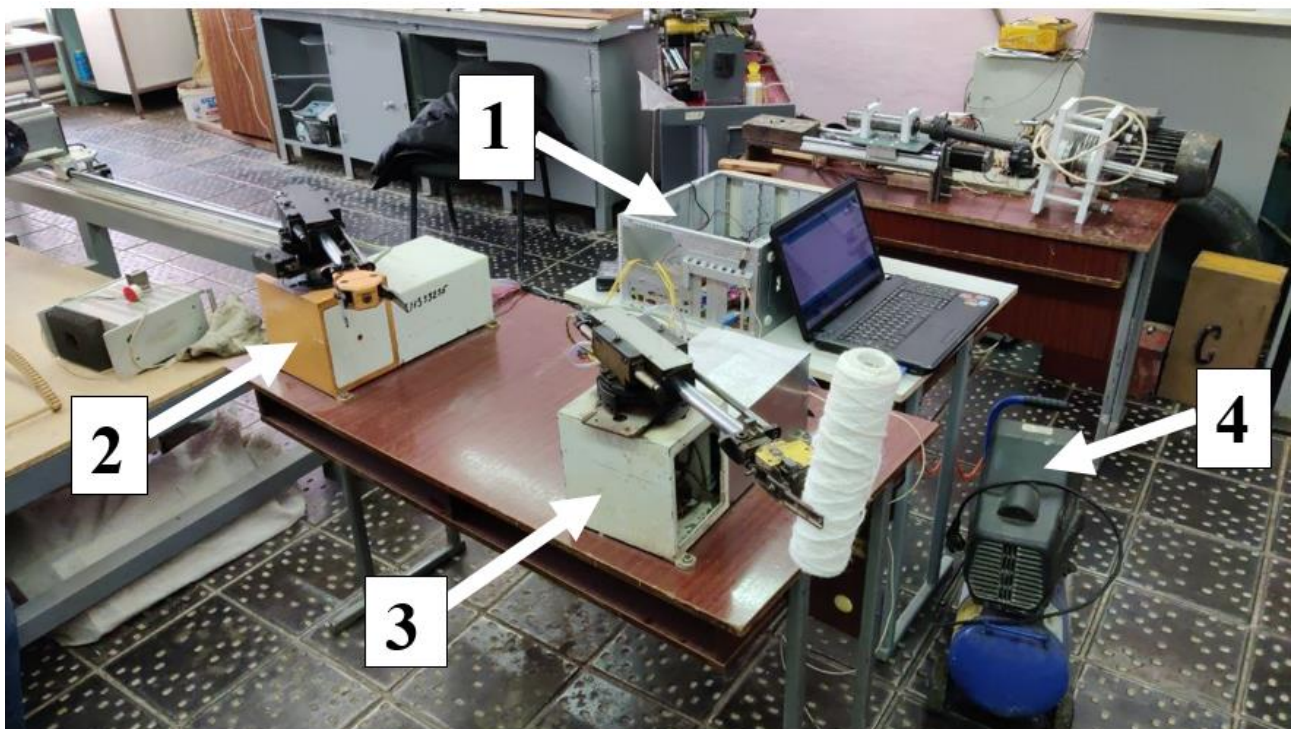


Рисунок 3.2 Комплекс з двох роботів маніпуляторів МП – 9С

Після завершення роботи з системою керування позиція 1, було організовано комплекс який складається з роботів маніпуляторі позиція 2

(Маніпулятор 1) та 3 (Маніпулятор 0), які живляться стисненим повітрям, яке подається через компресор 4. Для тестування роботи комплексу було вирішено виконати роботу по передачі циліндричної деталі від одного робота до іншого.

Відповідно алгоритм роботи буде наступним:

- Робот маніпулятор 1 займає початкове положення
- Робить рух за годинниковою стрілкою в крайнє положення
- Висувається та відкриває хват руки для взяття заготовки
- Захоплює деталь
- З деталлю робить рух назад
- Повертається проти годинникової стрілки в крайнє положення
- Одночасно відбувається піднімання та висування руки в крайнє

положення

- Маніпулятор 1 очікує Маніпулятора 0
- Маніпулятор 0 займає початкове положення
- Робить рух за годинниковою стрілкою в крайнє положення
- М 0 висувається та захоплює деталь
- Маніпулятор 1 розкриває хват
- Маніпулятор 0 повертає руку з деталлю в заднє положення
- З деталлю робить рух назад та повертається проти годинникової

стрілки в крайнє положення

- Маніпулятор 0 висуває руку та відпускає деталь
- Маніпулятор 1 опускається(дія опускання та відпускання та затиску

хвату відбувається одночасно)

- Робить рух руки назад
- Займає початкову позицію
- Цикл повторюється

В загалі алгоритм даного комплексу обмежується лише фантазією технолога. І на місці даного алгоритму може бути будь який, що обмежується лише технічними характеристиками контролера та маніпуляторів

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

4.1. Структура програми функціонування маніпуляторів

Програма умовно поділена на три блок. Кожен блок має свою задачу.

В першому блоці (рис. 4.1) показанні змінні. Змінні - це об'єкт програми, що має ім'я та певне значення. В нашому випадку є класом пам'яті який визначає місце в пам'яті контролера тобто піна який буде відповідати за перший рух. Для прикладу на рисунку 4.1 позиція 1 – дії які ПР буде виконувати і позиція 2 – піни на платі які відповідатимуть за здійснення даних рухів. Функція `int` є основним типом даних для зберігання чисел [4].

```

int rykaVVERH1 = 13;
int rykaCW1 = 10;
int rykaCCW1 = 9;
int ryhNAZAD1 = 1;
int zahvat1 = 12;
int ryhVPERED1 = 4;
int rykaVVERH = 7;
int rykaCW = 3;
int rykaCCW = 2;
int ryhNAZAD = 6;
int zahvat = 5;
int ryhVPERED = 8;

```

Рисунок 4.1 Перший блок програми (змінні)

Другий блок `Setup()`. Оператори в даному блоці призначені для виконання процесу ініціалізації значень змінних до початку запуску, а також відповідають за налаштування портів на платі Arduino. Після завершення обробки `setup()` Arduino починає здійснювати циклічне виконання інструкцій в блоці `loop()`. Після завершення виконання всіх операндів цикл знову повторюється.

Виходи, налаштовані функцією `pinMode()` як виходи (OUTPUT), забезпечують зовнішні ланцюги великим струмом. Мікроконтролер ATmega передає (позитивний струм) або приймає інформацію (негативний) струм до 40 мА (міліампер) від зовнішніх пристроїв/ланцюгів. Такий режим зручний для живлення світлодіодів, але марний при зчитуванні сигналів із датчиків. Вивод, конфігурований як вихід, також можуть бути виведені з ладу при короткому замиканні на землю або ланцюг живлення 5В. Крім того, вихідного струму мікроконтролера ATmega недостатньо для живлення більшості реле та двигунів, що потребує додаткових інтерфейсних кіл. Оскільки функція `pinMode` виведення та налаштована як вхід (INPUT), то при зчитуванні з нього даних (функція `digitalRead`) мікроконтролер відповідь HIGH у тому випадку, коли на виведенні є напруга 3В або більше [4]

Здійснимо пояснення програмування блоку `void setup()`:

```
void setup() {
    pinMode(rykaCCW1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який
    відповідає за рух проти годинникової стрілки
    pinMode(rykaCW1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який
    відповідає за рух за годинниковою стрілкою
    pinMode(ryhNAZAD1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який
    відповідає за рух руки назад
    pinMode(zahvat1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який відповідає
    за захват
    pinMode(rykaVVERH1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який
    відповідає за рух руки вверх
    pinMode(ryhVPERED1, OUTPUT); // подає струм на клапан М1 який
    відповідає за рух вперед
    pinMode(rykaCCW, OUTPUT); // подає струм на клапан М0 який
    відповідає за рух проти годинникової стрілки
```

pinMode(rykaCW, OUTPUT); // подає струм на клапан M0 який відповідає за рух проти годинникової стрілки

pinMode(ryhNAZAD, OUTPUT // подає струм на клапан M0 який відповідає за рух проти годинникової стрілки

pinMode(zahvat, OUTPUT); // подає струм на клапан M0 який відповідає за захват

pinMode(rykaVVERH, OUTPUT); // подає струм на клапан M0 який відповідає за рух руки вверх

pinMode(ryhVPERED, OUTPUT); // подає струм на клапан M0 який відповідає за рух руки в перед

digitalWrite(rykaCCW, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(rykaCW, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(ryhNAZAD, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(zahvat, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(rykaVVERH, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(ryhVPERED, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(rykaCCW1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(rykaCW1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(ryhNAZAD1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(zahvat1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(rykaVVERH1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

digitalWrite(ryhVPERED1, HIGH); // початкове вимкнення клапана

Третій блок loop. Після того як він викликав функції setup(), якій надав та дозволив встановити початкові параметри, функція loop() виконує точно те, що означає її назву (петлю), і переміщується в циклі, надаючи дозвіл програмі здійснювати обчислення та реагувати на них. Функція delay відповідає за час та призупиняє роботу програми (1 секунда = 1000 мілі секунд), а в нашому випадку показує час протягом якого будуть відкриті клапани.

Команда `digitalWrite` відправляє на цифрове виведення значення HIGH чи LOW. Якщо в команді `pinMode()` результат налагоджений як вихід (OUTPUT), то при виконанні команди `digitalWrite()` його напруга буде змінена на відповідне значення: 5В (або 3.3В для плат, які працюють від 3.3В) при відправленні HIGH, 0 В (земля) – при LOW [4].

Здійснимо пояснення програмування блоку `void loop ()`:

```
void loop() {
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhNAZAD1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух рукою назад
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhNAZAD1, HIGH); // маніпулятор 1 вимикає рух роботи
назад
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(rykaCW1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух рукою за
годинникову стрілкою
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhVPERED1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух вперед
  digitalWrite(zahvat1, LOW); // маніпулятор 1 робить захват
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhVPERED1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух вперед
  digitalWrite(zahvat1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає захват
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhNAZAD1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух назад
  digitalWrite(rykaCW1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух за
годинниковою стрілкою
  delay(4000); // час затримки в 4 секунди
  digitalWrite(ryhNAZAD1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух назад
```

digitalWrite(rykaCCW1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух проти
годинникової стрілки

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(rykaVVERH1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух в верх

digitalWrite(ryhVPERED1, LOW); // маніпулятор 1 робить рух в перед

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(ryhNAZAD, LOW); // маніпулятор 0 робить рух назад

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(rykaCW, LOW); // маніпулятор 0 робить рух за годинниковою
стрілкою

digitalWrite(ryhNAZAD, HIGH); //маніпулятор 0 вимикає рух назад

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(ryhVPERED, LOW); // маніпулятор 0 робить рух вперед

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(ryhVPERED1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух вперед

delay(2000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(ryhVPERED, HIGH); //маніпулятор 0 вимикає рух вперед

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(zahvat, LOW); // маніпулятор 0 робить захват

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(zahvat1, LOW); // маніпулятор 1 робить захват

delay(3000); // час затримки в 3 секунди

digitalWrite(ryhNAZAD, LOW); // маніпулятор 0 робить рух назад

digitalWrite(rykaCW, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух за годинниковою
стрілкою

delay(4000); // час затримки в 4 секунди

digitalWrite(rykaCCW, LOW); // маніпулятор 0 робить рух проти
годинникової стрілки

digitalWrite(ryhNAZAD, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух назад

```

delay(4000); // час затримки в 4 секунди
digitalWrite(ryhVPERED, LOW); // маніпулятор 0 робить рух вперед
delay(4000); // час затримки в 4 секунди
digitalWrite(rykaCCW, HIGH); //маніпулятор 0 вимикає рух проти
годинникової стрілки
digitalWrite(ryhVPERED, HIGH); //маніпулятор 0 вимикає рух вперед
digitalWrite(zahvat, HIGH); //маніпулятор 0 вимикає захват
delay(1000); // час затримки в 1 секунду
digitalWrite(rykaVVERH1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух рука
вверх
digitalWrite(zahvat1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає захват
digitalWrite(rykaCCW1, HIGH); //маніпулятор 1 вимикає рух проти
годинникової стрілки
}

```

4.2 Практична реалізація роботи коду

Модернізація промислового робота МП-9С на базі мікроконтролера Arduino є інноваційним підходом до підвищення функціональності та ефективності виробничих процесів. Загальний обсяг цієї модернізації включає в себе кілька ключових аспектів.

По-перше, встановлення мікроконтролера Arduino дозволяє інтегрувати нові функції та покращити управління роботом. Arduino може бути програмованим для автоматизації різних завдань, таких як точне позиціонування, виконання комплексних операцій та регулювання параметрів в режимі реального часу.

Другий аспект полягає в оптимізації комунікаційного протоколу між роботом та мікроконтролером. Використання Arduino дозволяє стандартизувати обмін даними, що спрощує взаємодію та розвиток роботи.

Третій етап модернізації включає в себе розширення можливостей візуального програмування для операторів, що забезпечує простоту управління та моніторингу робота в реальному часі через інтерфейс Arduino.

Завершальним аспектом є забезпечення високої стабільності та надійності робота через вдосконалення системи безпеки та аварійних сценаріїв на рівні мікроконтролера.

Цей процес модернізації, в основі якого лежить мікроконтролер Arduino, сприяє ефективнішому використанню промислових роботів та дозволяє підприємствам адаптувати свої виробничі процеси до сучасних технологічних вимог.

Вище наведена програма зашивається в контролер плати Arduino UNO за допомогою програми Arduino IDE.

З роботою розробленого комплексу можна ознайомитися за відео посиланням (<https://youtu.be/es0J6gzKf3k>) або для зручності переходу можна скористатися QR – code на рисунку 4.2



Рисунок 4.2 Посилання на відео ролик роботизованого комплексу

Нескладним перепрограмуванням можна без особливих зусиль змінити алгоритм роботи комплексу.

ВИСНОВКИ

Завершивши виконання кваліфікаційної роботи ми можемо зробити такі висновки:

1. Доведено можливість модернізації на перший погляд застарілих роботизованих маніпуляторів шляхом впровадження сучасної системи керування.

2. Створюючи систему керування доведена можливість не дорогих системних компонентів, не погіршуючи її ефективної роботи.

3. Завдяки застосуванню сучасних програмних засобів – програмування промислових маніпуляторів стало не складною задачею.

4. Набувши досвіду при виконанні даної роботи можна без особливих зусиль розібратися з роботою надсучасних роботизованих комплексів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комп'ютерне моделювання [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://inf1.info/modeling> (дата звернення: 09.02.2022)
2. Лісовець С.М. Автоматизована система керування промисловим роботом МП-9С з використанням ПЛК110-32.P / С.М. Лісовець, С.В. Барилко, В.Г. Здоренко, І.Л. Ківа // Вісник інженерної академії України. – 2018. – № 3. – С. 112–116.
3. Лісовець С.М. Мікроконтролерне керування промисловим роботом МП-9С / С.М. Лісовець // Вісник інженерної академії України. – 2019. – № 4. – С. 159–163.
4. Програмування Arduino [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/> (дата звернення: 03.02.2022)
5. Робототехніка і гнучкі автоматизовані виробництва. В 9-ти кн. Кн. 9. Лабораторний практикум з робототехніки: Навч. посібник для ВНЗ / В.З. Рахманкулов, В.П. Лещинський, С.В. Манько і ін.; Під. ред. И.М. Макарова. – К.: Вища школа, 1986. – 176 с.
6. Лабораторний практикум з курсу “Гнучкі автоматизовані виробництва та роботехнічні комплекси” для студентів напряму 6.050202 / Укл. В.Б.Савків – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 74 с.
7. Транспортно-накопичувальні системи та промислові роботи. Курс лекцій для студентів спеціальності 7.090203 “Металорізальні верстати та системи” усіх форм навчання / Р.М. Полінкевич. Луцьк: ЛНТУ, 2010. – 112 с.
8. Контроллер Arduino UNO [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/arduino-uno/> (дата звернення: 09.02.2022)
9. Промисловий контролер [електронний ресурс]. Режим доступу: https://owen.ru/product/plk110_m02 (дата звернення: 01.02.2022)