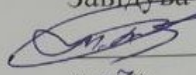


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

«На правах рукопису»
УДК 621.865.8

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

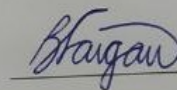
 Михайло БЕЗУГЛИЙ
«07» 12 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Автоматизована система керування промисловим роботом-
маніпулятором»

Виконав:

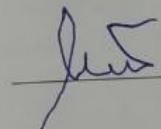
студент II курсу, групи ПБ-11мп
Гайдай Володимир Анатолійович



Науковий керівник:

к.т.н., доцент

Лісовець Сергій Миколайович



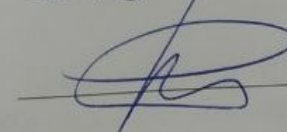
Консультант з розробки стартапу:

д.е.н., проф.

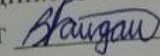
Бояринова Катерина Олександрівна



Рецензент:



Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2022 р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Михайло БЕЗУГЛИЙ

«15» вересня 2022 р.

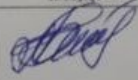
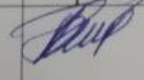
ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Гайдай Володимир Анатолійович

1. Тема дисертації «Автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором», науковий керівник дисертації Лісовець Сергій Миколайович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «09» 11 2022р. № 4410-С
2. Термін подання студентом дисертації 05 грудня 2022 року
3. Об'єкт дослідження: процеси керування промисловими роботами-маніпуляторами.
4. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Проаналізувати теоретичні відомості про промислові роботи. 2. Здійснити дослідження параметрів датчиків для визначення наявності заготовки. 3. Розробити технологічний процес подачі заготовок на наступний етап виробництва. 4. Автоматизувати систему керування промисловим роботом-маніпулятором. 5. Розробити стартап-проект автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором.
5. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: актуальність теми та мета дослідження, об'єкт та предмет дослідження, завдання дослідження, практичне значення, класифікація робіт маніпуляторів, класифікація локаційних датчиків промислових робіт, існуючі методи визначення відстані до об'єкта маніпулювання, характеристики

безконтактного датчика для визначення відстані до об'єкта маніпулювання, дослідження залежностей для лазерного датчика та отримання їх математичних моделей, загальний вид робота-маніпулятора та його складових частин, розробка технологічного процесу подачі заготовок з конвеєру роботом-маніпулятором на наступний етап виробництва, структурна схема автоматизованої системи керування роботом-маніпулятором, електрична схема автоматизованої системи керування роботом-маніпулятором, алгоритм роботи автоматизованої системи, розробка програмного коду керування роботом на мові ST для промислових логічних контролерів (ПЛК), циклограма роботи промислового робота-маніпулятора для виконання технологічного процесу подачі заготовки, симуляція роботи автоматизованої системи керування за діаграмами керуючих сигналів технологічного процесу подачі заготовки, симуляція роботи панелі оператора автоматизованої системи керування в ручному та в автоматичному режимах.

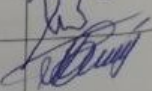
6. Перелік публікацій: матеріали доповіді наукових конференцій

7. Консультанти розділів дисертації

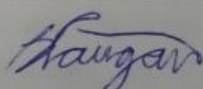
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф. Бояринова К.О.		

8. Дата видачі завдання «05» вересня 2022 р.

Календарний план

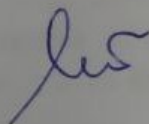
№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Проаналізувати теоретичні відомості про промислові роботи-маніпулятори	30.09.2022	
2.	Здійснити дослідження параметрів датчиків для визначення наявності заготовки	20.10.2022	
3.	Розробити технологічний процес подачі заготовок на наступний етап виробництва	04.11.2022	
4.	Автоматизувати систему керування промисловим роботом-маніпулятором	18.11.2022	
5.	Розробити стартап-проект автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором	02.12.2022	

Студент



Володимир ГАЙДАЙ

Науковий керівник



Сергій ЛІСОВЕЦЬ

РЕФЕРАТ

Метою магістерської дисертації є отримання автоматизованої системи керування промисловими роботами маніпуляторами, що може бути пристосована під будь який застарілий промисловий робот.

Магістерська дисертація загальною кількістю 123 сторінок складається з 4 розділів, 48 рисунків, 3 додатків та списку літератури з 19 джерел.

У першому розділі магістерської дисертації розглянуто існуючі типи промислових роботів-маніпуляторів, їх будову та способи автоматизації їх системи керування. На основі цих знань було вирішено розробити автоматизовану систему керування на базі промислового логічного контролера для промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б».

У другому розділі магістерської дисертації проаналізовано методи визначення відстані до об'єкта та обрано оптимальний. Також встановлено залежності відстані від датчика до об'єкта та від об'єкта до заднього фону.

У третьому розділі магістерської дисертації реалізовано на практиці систему керування промисловим роботом. Розроблено циклограму його роботи та електричну схему підключення. Створено програму та супроводжену її блок-схемами. Створено відео-ролик з анімацією роботи промислового робота під керуванням розробленої системи. Створено панель керування для ручного керування промисловим роботом-маніпулятором.

У четвертому розділі магістерської дисертації розроблено стартап-проект автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором. Визначено сильні та слабкі сторони, можливості та загрози. Оглянуто ринок та визначено можливих конкурентів. Ознайомлено із потенційними клієнтами та їх очікувань від продукту. Визначено життєпридатність розробленого стартап-проекту.

ABSTRACT

The goal of the master's thesis is to obtain an automated system for managing industrial robots with manipulators, which can be adapted to any outdated industrial robot.

The master's thesis with a total number of 123 pages consists of 4 chapters, 48 figures, 3 appendices and a list of references from 19 sources.

In the first chapter of the master's thesis, the existing types of industrial manipulator robots, their structure and ways of automating their control system are considered. Based on this knowledge, it was decided to develop an automated control system based on an industrial logic controller for the «Cyclon-3B» industrial robot manipulator.

In the second chapter of the master's thesis, the methods of determining the distance to the object were analyzed and the optimal method was chosen. The dependences of the distance from the sensor to the object and from the object to the background are also established.

In the third chapter of the master's thesis, the industrial robot control system is implemented in practice. A cyclogram of its operation and an electrical connection diagram have been developed. The program is created and accompanied by its block diagrams. A video clip was created with the animation of the work of an industrial robot under the control of the developed system. A control panel for manual control of an industrial manipulator robot was created.

In the fourth chapter of the master's thesis, a start-up project of an automated control system for an industrial manipulator robot was developed. Strengths and weaknesses, opportunities and threats are identified. The market was surveyed and possible competitors were identified. Familiarized with potential customers and their expectations of the product. Determine the viability of the developed startup project.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ABSTRACT	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ.....	11
1.1. Основні відомості про промислові роботи	11
1.2. Будова промислових роботів	14
1.3. Аналіз існуючих методів автоматизації систем керування промислових роботів-маніпуляторів	17
1.4. Огляд промислового робота «Циклон-3Б»	23
Висновки до розділу 1	30
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ТА ЛОКАЦІЙНОГО ДАТЧИКА.....	31
2.1. Огляд Овен ПЛК160(M02).....	31
2.2. Огляд існуючих та вибір локаційного датчика.....	32
2.3. Залежності параметрів датчика від відстані до об'єкта та його кольору	42
Висновки до розділу 2	46
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА «ЦИКЛОН-3Б»	47
3.1. Опис технологічного процесу роботи робота-маніпулятора	47
3.2. Створення алгоритму керування роботом-маніпулятором	52
3.3. Симуляція роботи системи керування на прикладі роботизованого комплексу 63	
3.4. Розробка панелі керування	66
Висновок до розділу 3.....	69
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ»	70
4.1. Опис ідеї проекту та її технологічний аудит	70
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	75
4.3. Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту	80
4.4. Організація реалізації стартап-проекту	85
Висновки до розділу	90

ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
ДОДАТКИ.....	96
ДОДАТОК А. Електрична схема підключення системи керування	97
ДОДАТОК Б. Блок-схема алгоритму керування	89
ДОДАТОК В. Код програми	101

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ПР – промисловий робот

АСК – автоматизована система керування

СПК – система програмного керування

ПЛК – програмований логічний контролер

ВСТУП

Для сучасного виробництва характерні особливості постійного розвитку та підвищення ефективності. Це забезпечується за рахунок оновлення або модернізації обладнання, автоматизації технологічних процесів та ін. Зазвичай оновлення допоміжного обладнання виконується в останню чергу, наприклад промисловий робот, що виконує транспортні операції може не оновлюватись десятками років, і це призводить до зниження ефективності виробництва. Багато застарілих роботів-маніпуляторів просто списують у зв'язку з неможливістю їх інтегрувати в єдину автоматизовану систему керування виробництвом. Звідси виникає проблема пристосування застарілих промислових роботів-маніпуляторів до нових систем керування.

Метою дослідження є отримання автоматизованої системи керування промисловими роботами маніпуляторами, що може бути пристосована під будь який застарілий промисловий робот.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вивчити різновидність промислових роботів-маніпуляторів, їх будову та існуючі способи автоматизації систем керування ними;
2. Визначити оптимальний метод визначення відстані до об'єкта та описати його залежності;
3. Реалізувати автоматизовану систему керування промисловим роботом-маніпулятором на прикладі довільного технологічного процесу;
4. Описати стартап ідею автоматизованої системи керування промисловим роботом-маніпулятором.

Об'єктом дослідження є процеси керування промисловими роботами-маніпуляторами.

Для досягнення мети в роботі були застосовані методи порівняння та аналізу, а саме, при огляді існуючих способів автоматизації систем керування промисловими роботами-маніпуляторами.

Практична цінність: розроблена автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором дозволяє відновити працездатність застарілого

промислового робота «Циклон-3Б», що розміщений в навчальній лабораторії кафедри, та наближає його керування до новітніх технологій.

Результати отримані в магістерській дисертації оприлюднені на XVIII науково-практичній конференції «Ефективність та Автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні» та XXI Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи».

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ

1.1. Основні відомості про промислові роботи

Промисловий робот (ПР) — автоматична машина, що програмується й використовується у виробничому процесі для виконання рушійних функцій, аналогічних функціям людини, при переміщенні предметів виробництва та технологічної оснастки. Для виконання цих функцій ПР має маніпулятор та пристрій керування[1].

Маніпулятором називають пристрій, що імітує робочі та рушійні функції людської руки і працює автоматично або керується оператором.

ПР є широко розповсюдженими засобами автоматизації виробничих процесів оскільки мають гнучкі технологічні властивості. Зазвичай ПР використовують для операцій зварювання, складання, фарбування, пакування, контролю продукції та випробування.

ПР класифікують за різними ознаками (рис. 1.1): за характером виконуваних операцій (технологічні, допоміжні і універсальні); за ступенем спеціалізації (спеціальні, цільові та багатоцільові); за типом виробництва (ливарне, механообробне, штампо-пресоване, складальне, зварювальне, транспортно-складські, термообробка та нанесення покриття); за системою координат (декартова, полярна, циліндрична та ангулярна); за типом приводу (електромеханічний, пневматичний, гідравлічний та комбінований); за характером відпрацьованих програм (жорсткопрограмні, гнучкопрограмні та адаптивні) та за характером програмування швидкості та переміщень (позиційні, контурні та комбіновані).

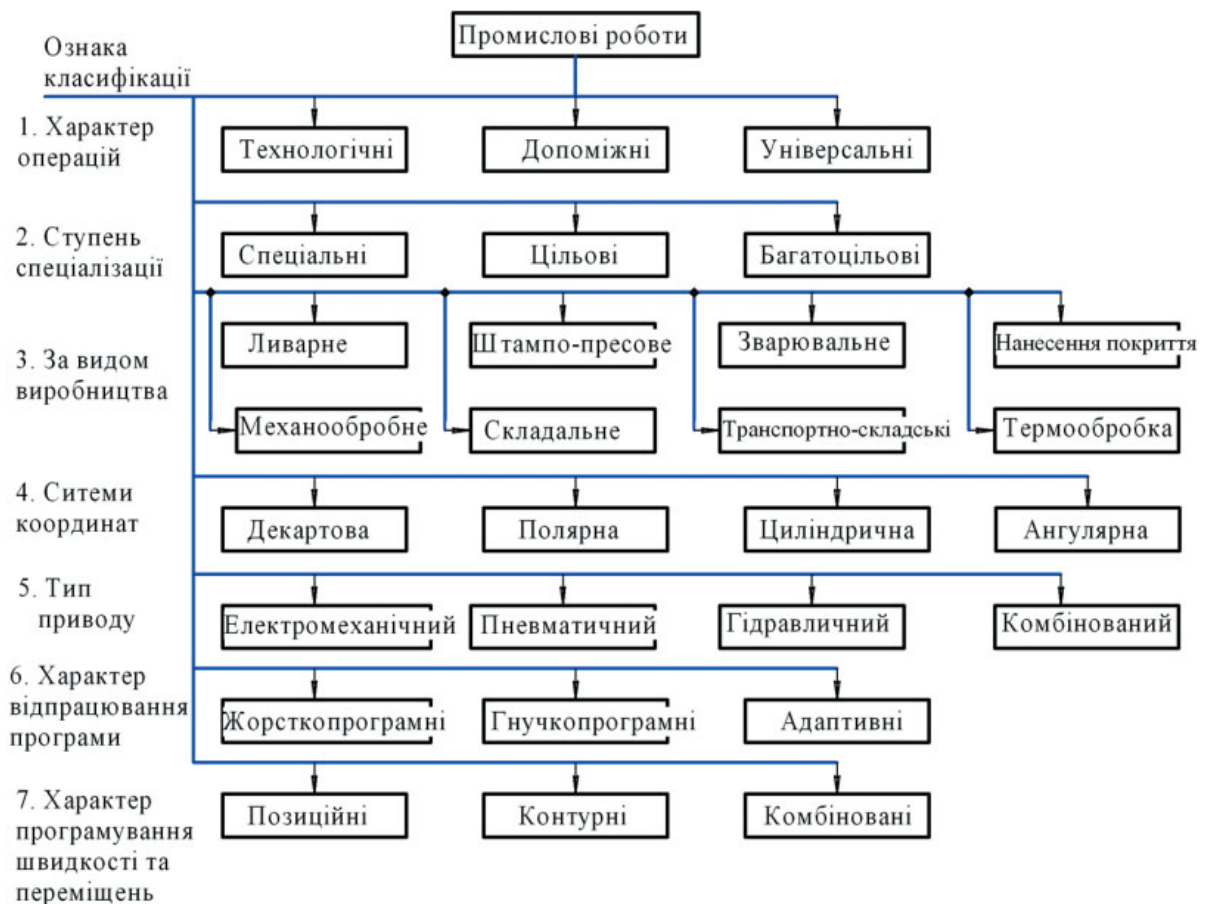


Рисунок 1.1 - Класифікація промислових роботів[1]

Найбільш ефективно використання промислових роботів-маніпуляторів разом з автоматизованими верстатами у складі гнучких виробничих ліній, ділянок та модулів. Тоді робот-маніпулятор виконує такі функції: захоплення заготовок з накопичувачів та встановлення їх у робочу зону верстата; закривання захисних дверцят верстата та вмикання керуючої програми обробки; знімання готової деталі та переміщення її в накопичувач; за необхідності очищення робочої зони верстата та поверхонь деталей.

Кожний промисловий робот-маніпулятор має технічні параметри (рис. 1.2). До основних відносять: вантажопідйомність, точність позиціонування, призначення, тип керуючої програми, мобільність, форма і розміри робочої зони та число ступенів свободи. Параметр «призначення» зазвичай вказує основну галузь застосування даного робота. Параметр «вантажопідйомність» характеризує найбільшу масу (з врахуванням маси захватного пристрою), що може підняти обраний робот-

маніпулятор при максимальній/мінімальній швидкості, максимальному вильоті руки та ін. За вантажопідйомністю роботи -маніпулятори поділяють на п'ять серій:

- 1) надлегка – до 1 кг;
- 2) легка – від 1 до 10 кг;
- 3) середня – від 10 до 100 кг;
- 4) важка – від 100 до 1000 кг;
- 5) надважка – від 1000 кг.



Рисунок 1.2 - Основні технічні параметри ПР[2]

Під «кількістю ступенів свободи» розуміється сума можливих рухів маніпулятора відносно опорної системи робота (рис. 1.3). Зазвичай визначається числом ступенів свободи кінематичного ланцюга відносно ланки, що прийнята за нерухому. «Робоча зона» це об'єм простору, в якому знаходиться робочий орган (наприклад, захватний пристрій) під час роботи ПР (рис. 1.4). Промислові роботи за параметр «мобільність» можуть бути стаціонарними, тобто забезпечують локальні та регіональні переміщення робочого органу, або пересувними, тобто забезпечують глобальні переміщення. «Похибка позиціонування» вимірюється в лінійних та кутових одиницях та вказує на відхилення заданої керуючою програмою позиції від фактичного положення робота-маніпулятора при багаторазовому повторенні рухів.

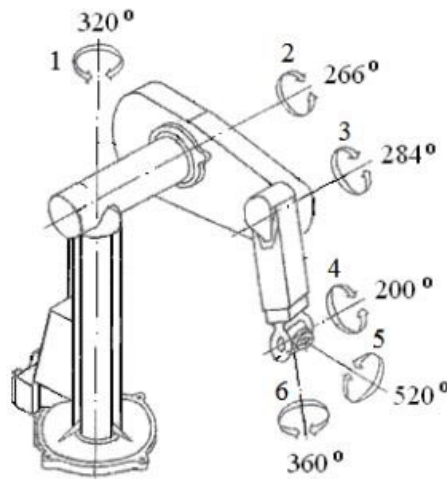


Рисунок 1.3 - Приклад робота із 6 ступенями свободи[1]

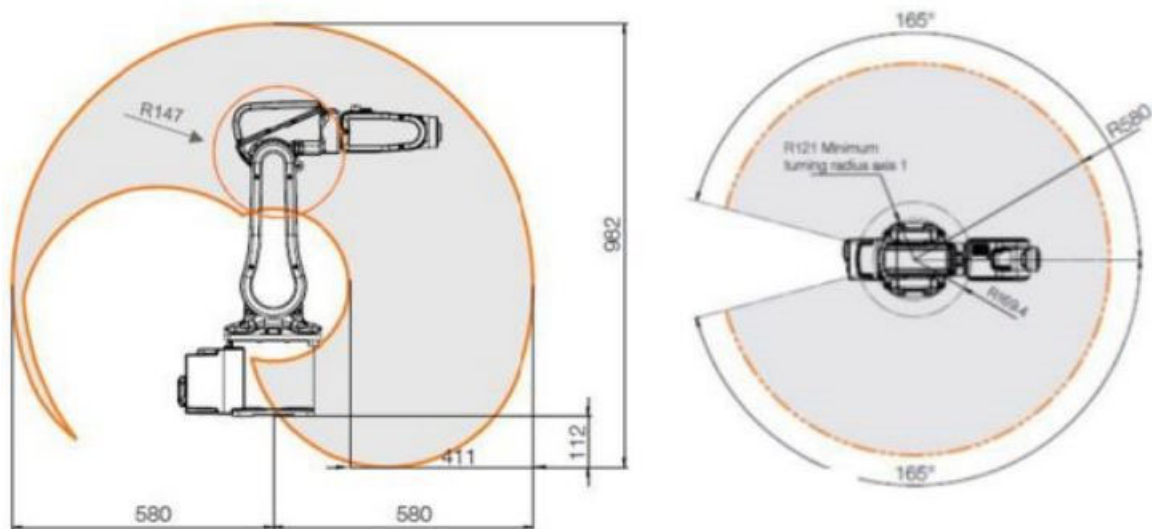


Рисунок 1.4 - Приклад робочої зони промислового робота[2]

1.2. Будова промислових роботів

Незалежно від видів промислових роботів-маніпуляторів вони мають однакову конструкції та складаються з трьох систем: механічна система, система інформації (може бути відсутня у старіших моделях) та система керування (рис. 1.5).

Механічна система, або як частіше називають маніпулятор, промислового робота є керованим пристроєм що призначений для виконання функцій руху та складається з власне маніпулятора, або виконавчого пристрою, та робочого органу.

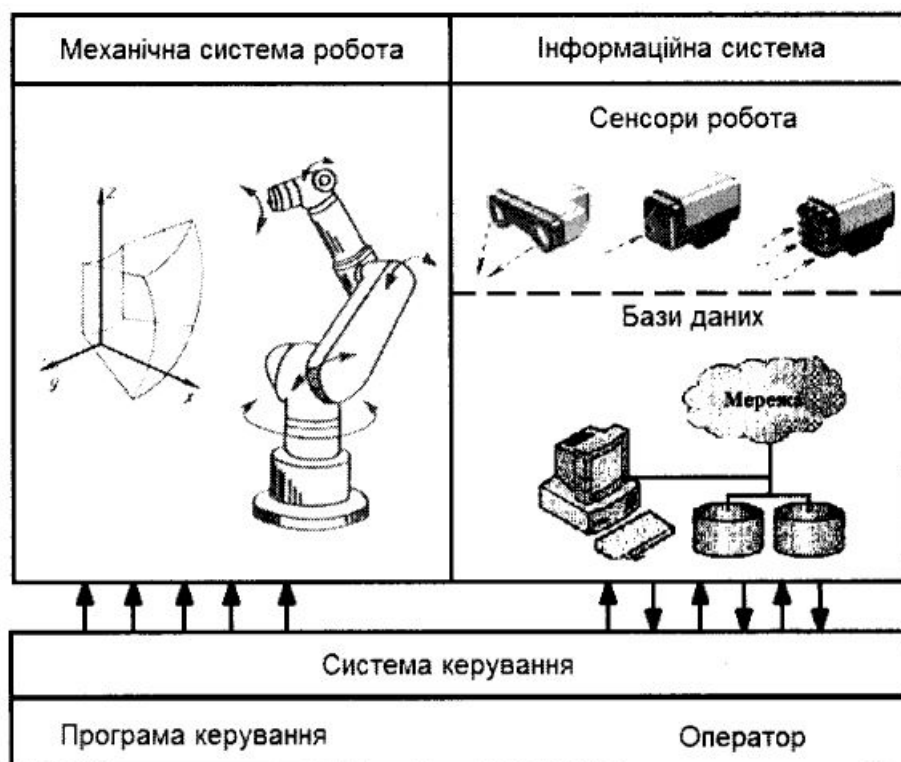


Рисунок 1.5 - Загальна схема будови роботів-маніпуляторів[3]

Виконавчим пристроєм промислового робота є багатоланковий просторовий механізм, що має такі кінематичні пари: поступальні, обертальні, циліндричні, сферичні та інші. Найчастіше маніпулятори будують із кінематичних пар, що мають лише одну ступінь рухомості, та з'єднуються поступальним та обертальним з'єднаннями. Виконавчий пристрій завжди має відкритий кінематичний ланцюг, із послідовним з'єднанням ланок різними типами з'єднань.

Бувають різні типи конструкцій промислових роботів-маніпуляторів, для кожного із них характерна своя система координат. Яскравим прикладом маніпулятора що працює в декартовій прямокутній системі координат є маніпулятор на рисунку 1.6,а, таку конструкцію ще часто називають порталною. Даний маніпулятор рухається у площині XY за допомогою двох кареток, а по осі Z за допомогою пневмоприводу. Також схожим є маніпулятор на рисунку 1.6,б. Спільною рисою цих маніпуляторів є виконання ланок у вигляді механізмів поступального переміщення. Представниками таких промислових роботів є «Пірін» (Болгарія), M21 (Росія) та стаціонарний «BOSS» (Німеччина).

Для роботів-маніпуляторів які працюють з ангулярною або сферичною системою координат властива конструкція що зображена на рисунку 1.6,в. Для підсилення крутних моментів у вузлах таких маніпуляторів застосовують циліндричні, планетарні, хвильові та конічні редуктори. Характерною особливістю також є розміщення двигунів безпосередньо на ланках. До представників відносять промислові роботи РМ-01, «Гранат-2,5» (Білорусь), «PUMA» фірми NOKIA (Фінляндія) та роботи маніпулятори таких компаній, як KUKA, PANASONIC, KAWASAKI.

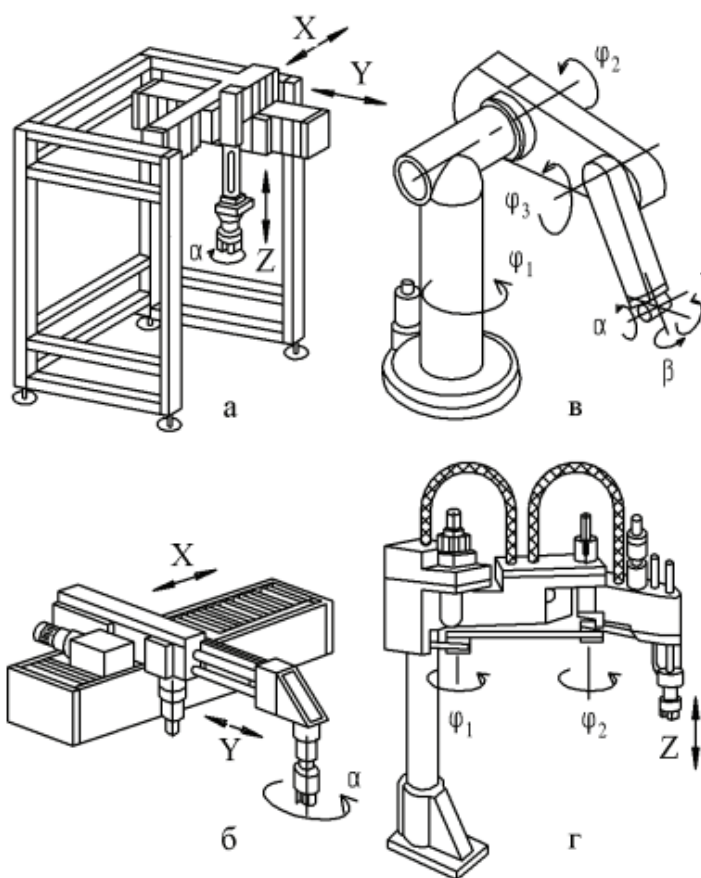


Рисунок 1.6 - Типові конструкції промислових роботів-маніпуляторів[2]

Промислові роботи, що працюють у циліндричних системах координат зображено на рисунку 1.6,г. Їх характерна особливість: осі повороту ланок паралельні одна одній. Представниками такого типу роботів є «Skilam», ТУР-2,5 та «BOSS».

Робочими органами у більшості випадків є пристрої які призначенні для захоплення та утримування об'єктів маніпулювання. Також робочий орган може виконувати монтажні функції, наприклад, загвинчування гвинтів. До робочих органів висувають ряд вимог: стабільність базування, надійність захвату та утримування

об'єктів, міцність деталей захватних пристроїв, відсутність руйнацій та пошкоджень на об'єктах маніпулювання. Також можуть висуватись додаткові вимоги, такі як, легкість і швидкість установалення захватів, зміна зусилля затискання об'єктів у автоматичному режимі, можливість використання одного захвату для різних за формою та масою об'єктів.

Основна задача системи керування промислового робота полягає у формування та видачі керуючих дій виконавчому пристрою у відповідності до програми керування. Керуюча система складається:

- пристрою керування - здійснює програмне керування та має можливість перепрограмування;
- інформаційно-вимірювальної системи – визначає стан маніпулятора та стан зовнішнього середовища;
- системи зв'язку – призначена для здійснення зв'язку із іншими пристроями, наприклад, верстатом;
- пульт керування – призначений для програмування робота, та ручного керування, наприклад, під час налагодження робота.

1.3. Аналіз існуючих методів автоматизації систем керування промислових роботів-маніпуляторів

Автоматизація виробничих процесів дає можливість планувати та виконувати технологічний процес без участі людини, значно зменшити час на виробництво продукції і підвищити якість виконуваних робіт. Це досягається за рахунок можливості безперервної роботи та виконанню різних виробничих операцій за менший час[2].

Автоматизованою системою керування (АСК) зветься людино-машинна система, яка в умовах наявності випадкових перешкод забезпечує оптимізацію та прискорення процесу виробництва послуг на основі автоматизації як системи управління, так і виробництва у різних сферах людської діяльності. Під

автоматизацією системи управління розуміється збір, обробка, зберігання, захист і розподіл інформації; ведення і контроль листування; виконання електронних нарад; контроль виконання розпоряджень; отримання оптимальних рішень у виробничій діяльності на базі розрахунків та моделювання процесів як у власному виробництві, так і у взаємодії його з навколишнім середовищем[3].

Розробляли автоматизовані системи керування промисловими роботами-маніпуляторами багато науковців та студентів, розглянемо деякі приклади.

Макетну схему системи керування промислового робота МРЛУ-200-901 на базі Arduino UNO(рис. 1.7) розробив студент Харківського Національного Університету Радіоелектроніки Павло Солодовник.

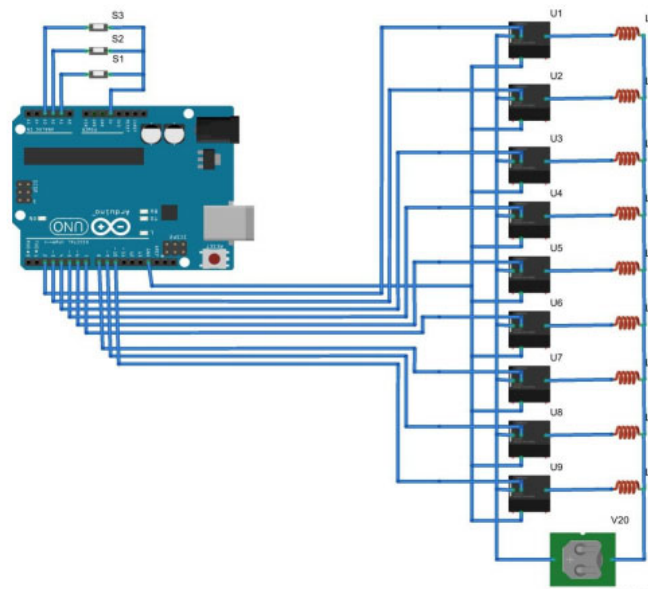


Рисунок 1.7 - Макетна схема системи керування промисловим роботом МРЛУ-200-901 на базі Arduino UNO[4]

На схемі зображено котушки пневморозподільників L1-L9, електромагнітні реле U1-U9, кінцеві датчики зворотного зв'язку S1, S2 та S3. Для керування приводом робота необхідно замикати та розмикати силові ланцюги схеми в потрібні моменти часу, для цього треба міняти логічні рівні на відповідних виходах електромагнітних реле, підключених до силових ланцюгів котушок пневморозподільників та джерел постійної напруги 20 В[4].

Один із прикладів роботи промислового робота під керуванням даної системи представлено у вигляді циклограми із 25 кроків (рис. 1.8), команда кожного кроку

описана в таблиці 1.1. Початкове положення маніпулятора промислового робота МРЛУ-200-901 наступне: рука втягнута, маніпулятор піднятий вгору, захват відкритий, поворот вимкнено.

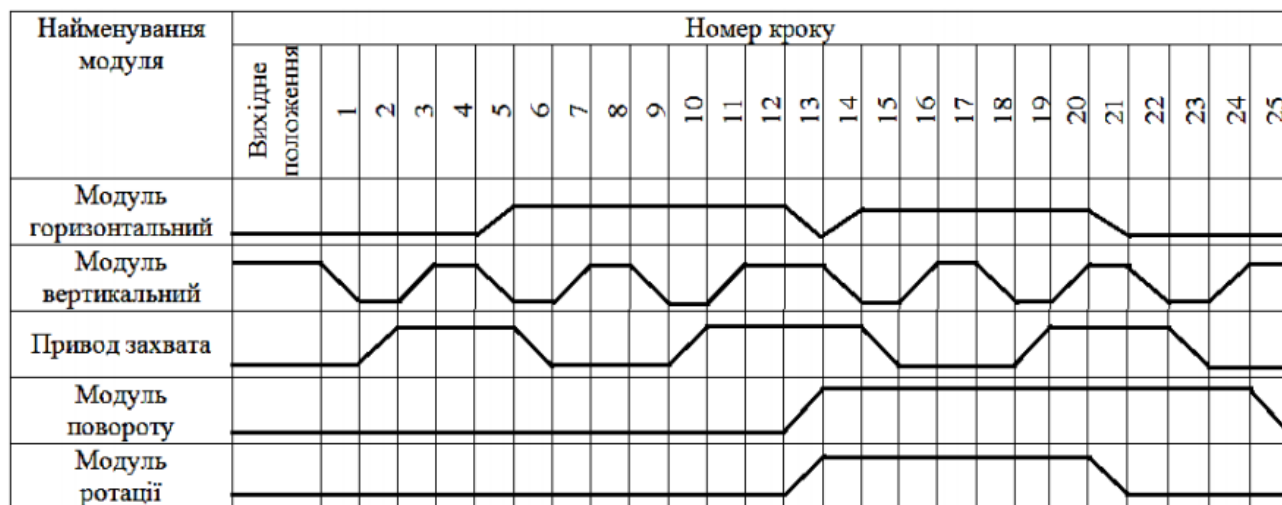


Рисунок 1.8 - Циклограма промислового робота МРЛУ-200-901[4]

Таблиця 1.1

Опис кроків циклограми

Крок	Команда	Крок	Команда
1	Пуск	14	Вперед
2	Вниз	15	Вниз
3	Захват, затримка часу	16	Захват, затримка часу
4	Вгору	17	Вгору
5	Вперед	18	Затримка часу
6	Вниз	19	Вниз
7	Захват, затримка часу	20	Захват, затримка часу
8	Вгору	21	Вгору
9	Затримка часу	22	Назад, вимкнути ротацію
10	Вниз	23	Вниз
11	Захват	24	Захват, затримка часу
12	Вгору	25	Вгору
13	Назад, поворот, ротація	26	Повернення в початкове положення

Ще одним прикладом автоматизованої системи керування промисловим роботом на пневматичному ході є автоматизована система керування роботом МП-9С на базі ПЛК110-32.Р.

В якості середовища програмування автор використав CoDeSys 2.3 фірми Smart Software Solutions. Суттєвою перевагою ПЛК110-32.Р є можливість підключити до 2 промислових роботів МП-9С. Контакти вихідних реле ПЛК110-32.Р розраховані на струм до 3 А, тому пневморозподільники П-РЭ 3/2,5-1112 до них можна підключати напямую. Схема підключення промислового робота МП-9С до ПЛК110-32.Р показана на рисунку 1.9[5].

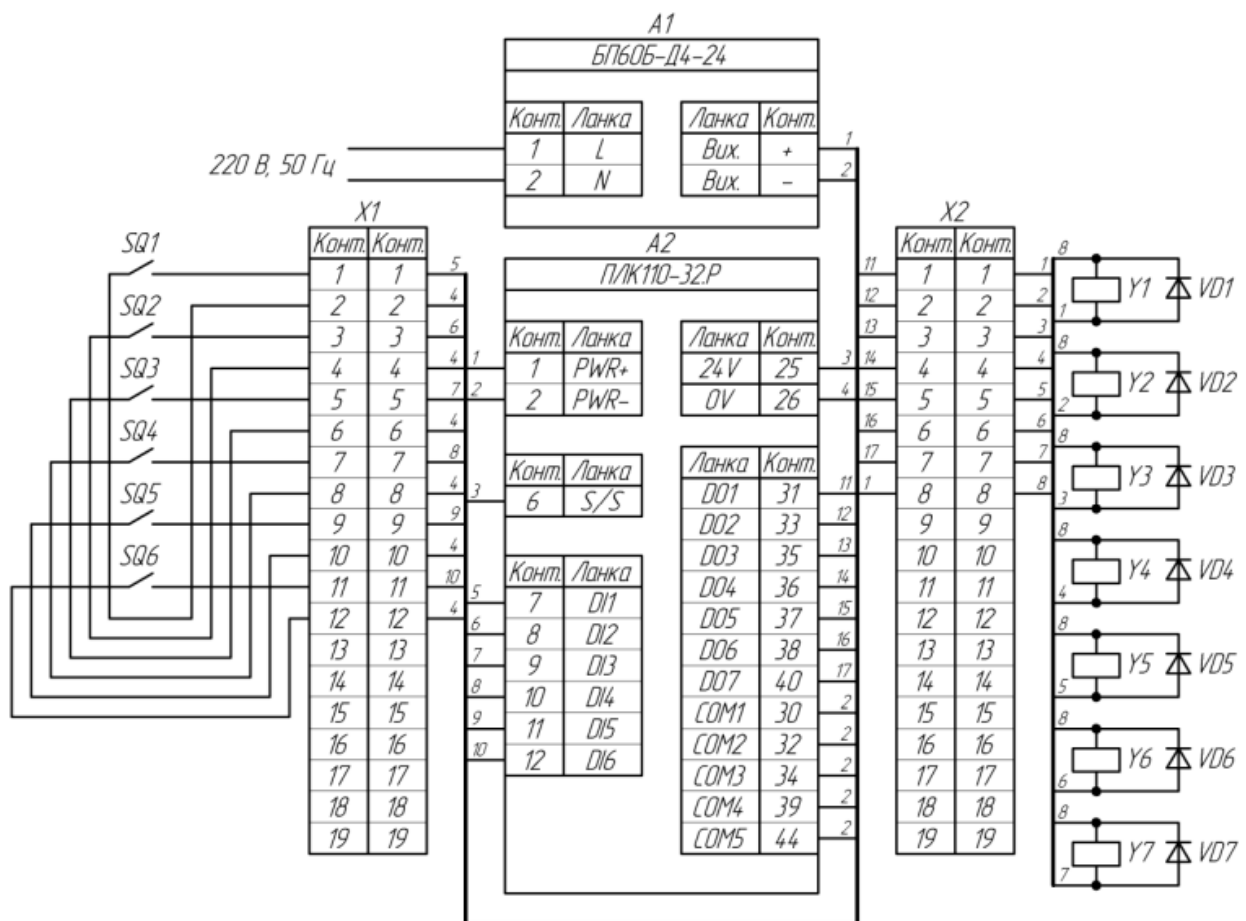


Рисунок 1.9 - Схема підключення МП-9С до ПЛК110-32.Р[5]

В даній схемі використали блок живлення БП60Б-Д4-24 для живлення промислового логічного контролера та пневматичних розподільників Y1-Y7. За крайні положення робота відповідають магнітно керовані контакти SQ1-SQ6. Для захисту від перепаду напруги у схемі використали діоди VD1-VD7.

Автоматизований промисловий робот МП-9С може повністю автоматично керуватися шляхом використання програмного забезпечення або керуватись в ручному режимі через SCADA-систему MasterSCADA, елементарний інтерфейс зображено на рисунку 1.10.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ МП-9С



Рисунок 1.10 - Застосування MasterSCADA для найпростішого керування промисловим роботом МП-9С[5]

Також спробували автоматизувати систему керування промисловим роботом МП-9С Голубєв Л.П., Ківа І.Л., Цись Б.І. та описали це у своїй статті «Модернізація системи керування промислового маніпулятора». Відмінність їх способу від попередніх полягала у створенні системи керування з LCD дисплеєм на базі Arduino Mega.

Зовнішній вигляд блока (рис. 1.11) має кнопку екстреного переривання «СТОП», місце під'єднання проводу та фронтальну панель, на якій зображений екран та клавіатура. Клавіатура являє собою матричну панель 4×4 , що з'єднана з мікроконтролером. На клавіатурі посередині знаходиться кнопка «СТАРТ», що починає рухи маніпулятора в автоматичному режимі при заданій послідовності, навколо неї знаходяться відповідно команди «ВГОРУ» і «ВНИЗ», «ПРАВО» і «ЛІВО». З лівої сторони розташовані команди «ВГОРУ ПО КОМАНДІ» і «ВНИЗ ПО КОМАНДІ» призначені для редагування команд, заданих в автоматичному режимі при переході в режим коригування команд. Знизу на клавіатурі розташовані «ЗАХВАТ» і «РОЗХВАТ», посередині внизу розташована кнопка «ЗМІНИТИ», що змінює команду у режимі редагування. Зверху та знизу від кнопки «ВПРАВО»

знаходяться кнопки «ВПЕРЕД» та «НАЗАД», що виконують висунення та засов штоку маніпулятора. Справа знаходиться блок режимів, що включає в себе режими «РУЧНИЙ», «АВТОМАТИЧНИЙ», «РЕДАГУВАННЯ», а також кнопку «ОЧИЩЕННЯ», що видаляє усі записані команди з послідовностей.[6]

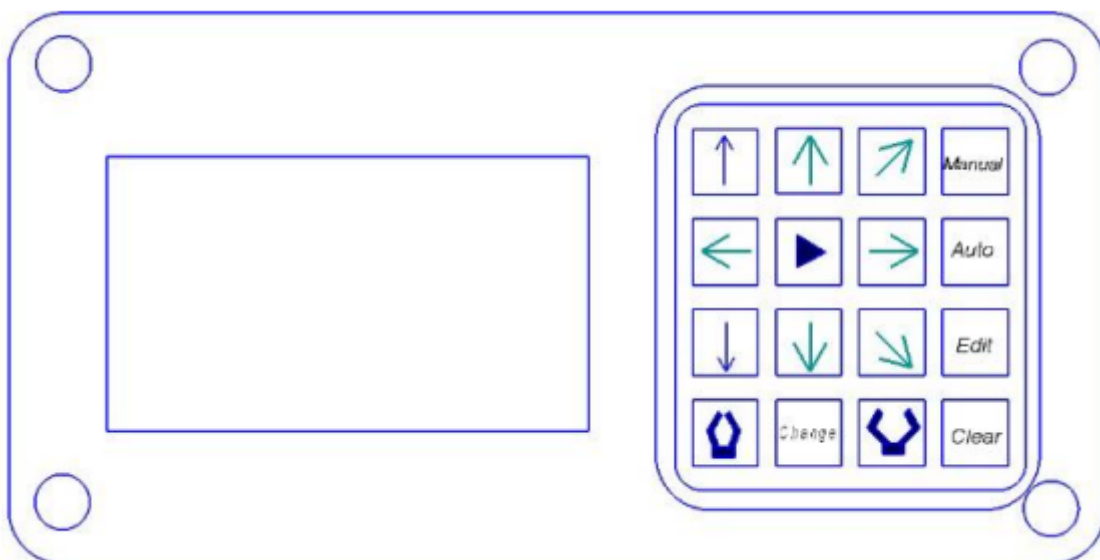


Рисунок 1.11 - Зовнішній вигляд електронного блоку керування пристроєм[6]

Для підключення маніпулятора до блоку керування використали роз'єм 2PM27B24Ш1В1. На рисунку 1.12 представлено як розводиться в системі 24-жильний з'єднувальний кабель. Перші 8 портів відповідають за живлення 5В, 9-15 порт відведені під блок реле керування, 16-24 – геркони (відображають поточний стан маніпулятора).

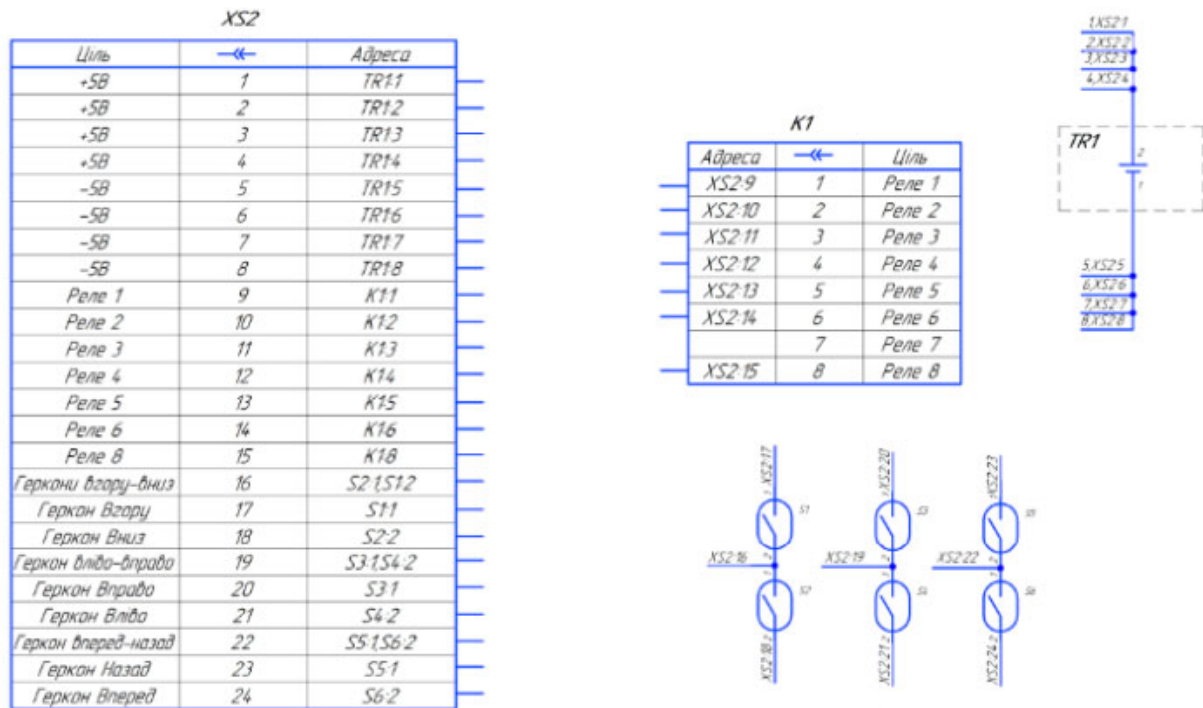


Рисунок 1.12 - Розводка роз'єму 2PM27KPN24Г1В1[6]

Розглянуті варіанти автоматизації системи керування промислового робота, що працює на пневматичному ході, виконують завдання, що ставили автори. Проте ці системи є базовими або універсальними, їх можна допрацювати, наприклад, додавши датчики для розпізнавання об'єктів маніпулювання.

1.4. Огляд промислового робота «Циклон-3Б»

Циклон-3Б (рис. 1.13) відноситься до промислових роботів з цикловою системою програмного керування(СПК). Основне застосування промислових роботів з цикловою СПК – це штамповка, механообробка, лиття під тиском, операції пов'язані з розвантаженням та завантаженням, наприклад, заготовок у верстати[7].

Робот «Циклон-3Б» складається із маніпулятора та системи програмного керування. Система програмного керування ПУР-Ц забезпечує функціонування виконуючої частини промислового робота, тобто маніпулятора, що складається із руки, механізму підйому та повороту рук і пневмосистеми, що забезпечує підготовку і розподілення зжатого повітря у об'єм циліндрів. Технічні характеристики

промислового робота «Циклон-3Б» та для порівняння аналогів «Циклон-5.01» та «Ритм-05» представлені в таблиці 1.2.

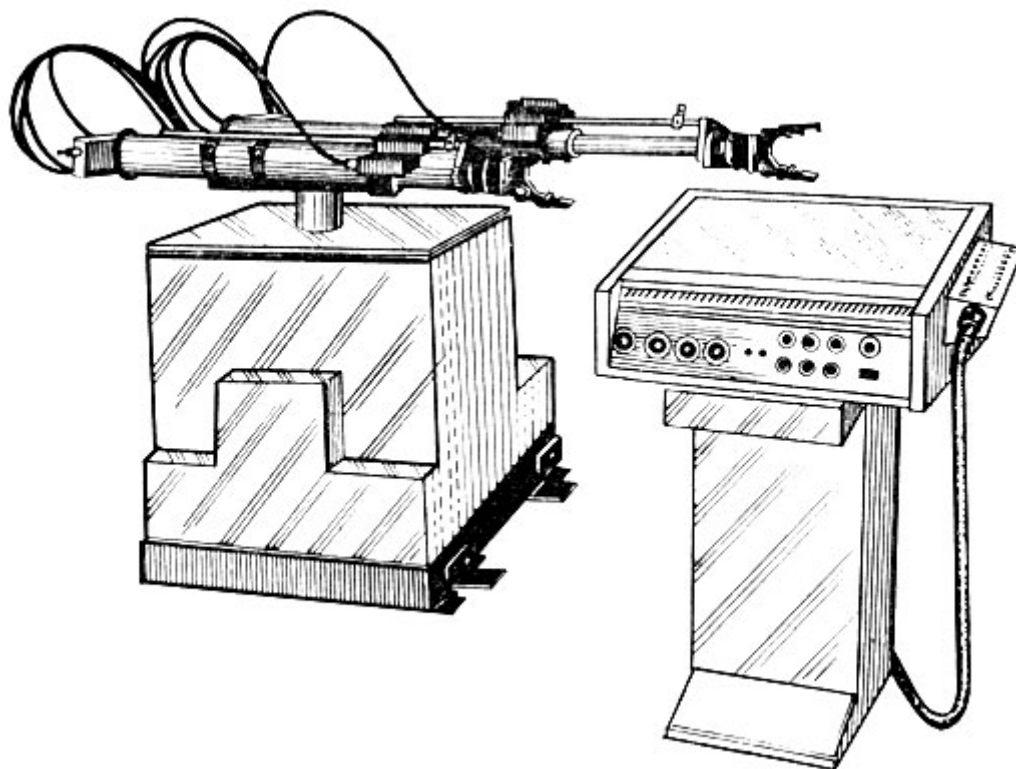


Рисунок 1.13 - Зовнішній вигляд «Циклон-3Б» (маніпулятор - ліворуч та система програмного керування - праворуч)[1]

Таблиця 1.2

Технічні характеристики промислових роботів «Циклон-3Б», «Циклон-5.01» та «Ритм-05»

Характеристика	«Циклон-3Б»	«Циклон-5.01»	«Ритм-05»
Номінальна вантажопідйомність однієї руки, кг	3	5	0,5
Тип приводу	Пневматичний		
Система програмного керування	Циклова		
Тип системи керування	ПУР-Ц	УЦМ-20	УПЦМ
Кількість координат, що програмуються шт.	4		5
Найбільший кут повороту руки в горизонтальній площині, град	180		
Найбільший вертикальний хід руки, мм	100		50
Найбільший хід висування руки, мм	600		400

Продовження до табл. 1.2

Найбільший кут повороту захопу навколо подовжньої осі руки, град	180		-
Межі кутового розташування руки відносно подовжньої осі маніпулятора, град	+30...50	-10...+30	-
Кутова швидкість повороту руки, град/с	60	81	-
Швидкість підйому руки, м/с	0,08	0,125	0,25
Швидкість висунення руки, м/с	0,4	0,6	0,55
Точність позиціонування, мм: за поворотом руки на радіусі 1400 мм за іншими координатами	±0,25 ±0,1		- ±0,1
Тиск повітря у мережі, мПа	0,5...0,6	0,4...0,9	0,45...1,0
Максимальна витрата повітря, м³/год	120	132	-
Споживча потужність, кВт	0,9	1,0	0,7
Габаритні розміри маніпулятора, мм	1390x840x970	1390x1040x970	800x500x810
Габаритні розміри системи керування, мм	535x650x845	550x490x1200	450x560x920
Маса, кг: маніпулятора пульта управління	560 80	560 100	326 70

На рисунку 1.14 зображена схема маніпулятора «Циклон-3Б», яка містить габаритні розміри, робочу зону та величини переміщення захвату. Загальну конструкції утворюють два вузли: рука та механізм підйому та повороту рук.

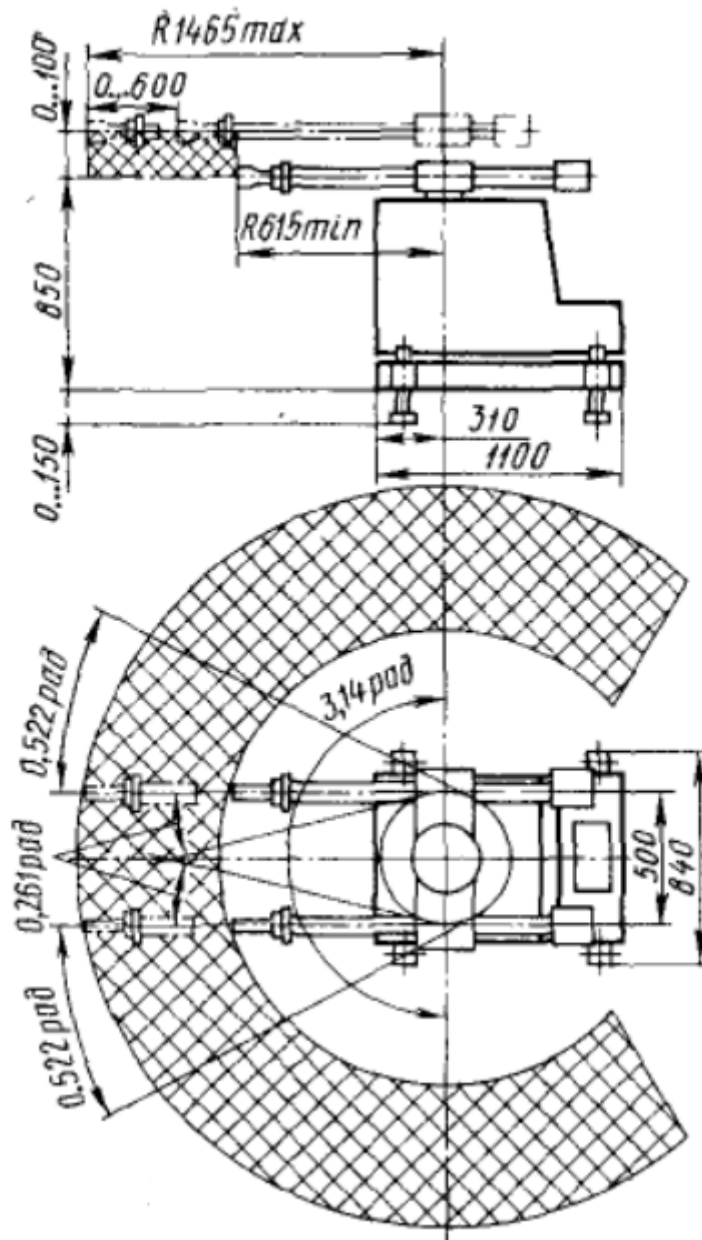


Рисунок 1.14 - Схема маніпулятора «Циклон-3Б»[1]

Рука маніпулятора(рис. 1.15) є збірною конструкцією і призначена для захоплення, утримання та орієнтації в просторі об'єктів маніпулювання. Для цієї мети рука споряджена спеціальним захватом поз.1 та включає привід затиску поз. 2, привід повороту поз.13 захвату і привід видовження руки. Привід видовження руки складається з пневмоциліндра поз. 10, штоку-поршня поз.11, вхідних і вихідних каналів, трубопроводів і розподільчої апаратури. Стиснене повітря подається в порожнину циліндра і шток-поршень через різні ефективні площі торців поршня переміщується вліво, тобто рука видовжується. Пневмоциліндр підключений по

диференціальній схемі, тобто штокова порожнина постійно знаходиться під магістральним тиском, тому для укорочення руки необхідно із поршневої порожнини випустити повітря у зовнішнє середовище.

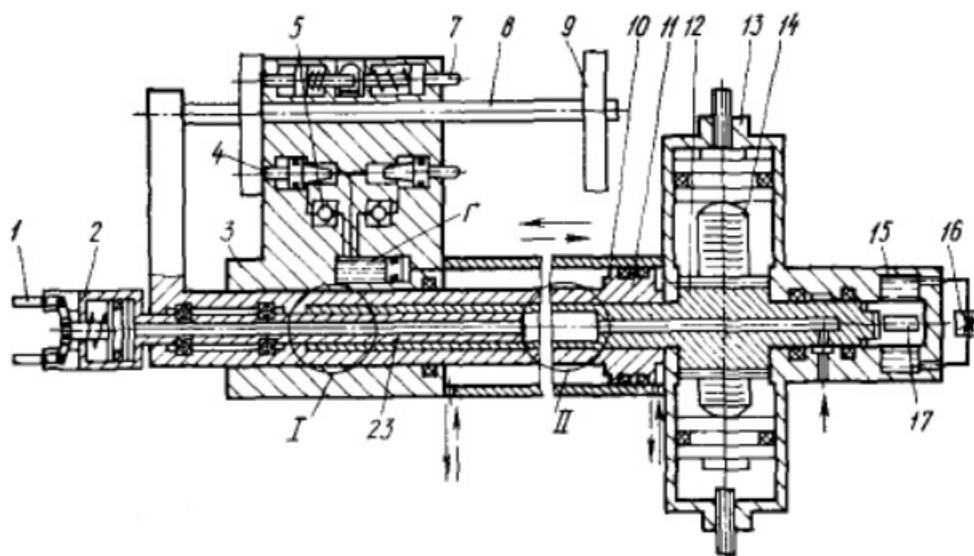


Рисунок 1.15 - Схема руки маніпулятора «Циклон-3Б»: 1 - захват; 2 – привід затиску захвату; 3 – тормозний пристрій; 4,7 - золотник; 8 – направляюча; 9 – опора; 10 – пневмоциліндр; 11 – шток-поршень; 12 – вал-зубчасте колесо; 13 – привід повороту захвату; 14 – реєчно-зубчаста передача; 15 – гідродемпфер; 23 – валик.[1]

Повітря до пневмоциліндру захвату підводять через канали валу-зубчастого колеса поз.12 та валику поз. 23. Привід повороту захвату складається із двох пневмоциліндрів, реєчно-зубчатої передачі поз.14, гідравлічного гасника вібрацій (гідродемпфер) поз.15, системи трубопроводів і пневматичної апаратури. При подачі повітря до порожнини пневмоциліндру поршень, що нерухомо з'єднаний з рейкою, обертає вал-зубчасте колесо поз.12, при цьому крутний момент передається на захват через валик поз.23, що забезпечує поворот захватного пристрою. Шток-поршень нерухомо з'єднаний із направляючою поз.8, на торцях якої розташовані регульовані вздовж неї опори поз. 9. На торці пневмоциліндра із сторони захвату розташований тормозний пристрій поз.3. Зупинка поршня здійснюється при натисканні опорою поз.9 на золотник поз.4, або на золотник поз.7 з іншого боку тормозного пристрою,

при цьому золотник поз.7 входить у паз безконтактного датчика, сигнал з якого передається до системи програмного керування.

Для підйому руки маніпулятора вздовж вертикальної осі та її повороту існує в промисловому роботі «Циклон-3Б» механізм підйому та повороту. Схему механізму підйому зображено на рисунку 1.16.

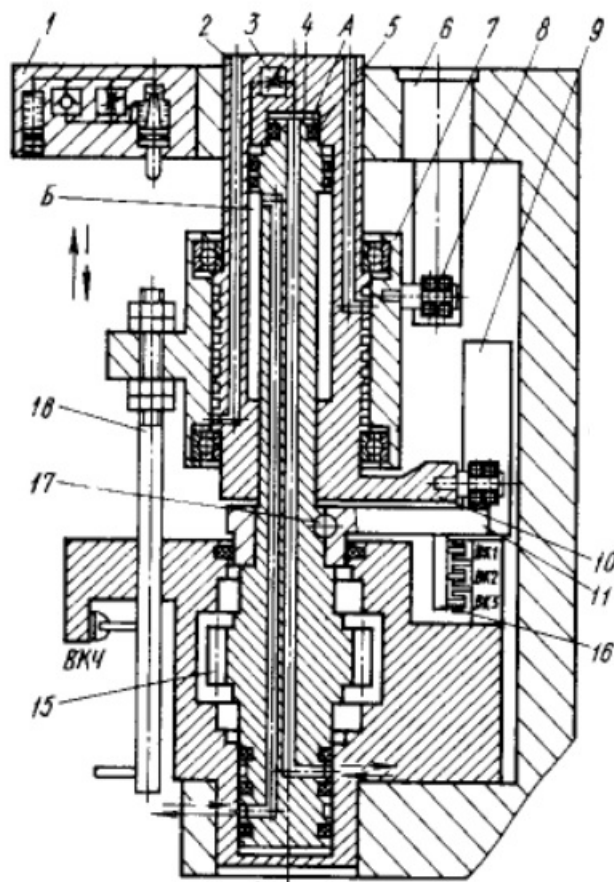


Рисунок 1.16 - Схема механізму підйому маніпулятора «Циклон-3Б»: 1 – тормозний пристрій; 2 – пневмоциліндр; 3, 14 – дросель; 4 – шток; 5 – манжета; 6, 9 – направляюча; 7 – колектор; 8 – ролик; 10 – водило; 11 – зажим; 12- шток-поршень; 13 – гідроциліндр; 15 – зубчасте колесо; 16 – обойма; 17 – клин; 18 – гвинт.[1]

На верхньому торці рухомого пневмоциліндра поз.2 закріплена рука маніпулятора. Підйомний механізм складається з штоку поз.4 з поршнем, що встановлений у підшипник, тормозний пристрій поз.1, який за конструкцією схожий до тормозного пристрою руки. За допомогою регулюючого гвинта поз.18 визначається верхнє положення руки, а саме, гвинт впирається у корпус тормозного пристрою поз.1, що перешкоджає подальшому переміщенню пневмоциліндра.

Внутрішній тормозний пристрій забезпечує зупинку пневмоциліндра при русі вниз. Повітря із поршневої порожнини виходить в зовнішнє середовище через центральний канал штоку при опусканні пневмоциліндру. Коли у внутрішній глухий отвір входить шток поз.4 із манжетою поз.5, повітря із поршневої порожнини відводиться через канал, що перекривається регульованим голковим дроселем поз.3. Під час цього процесу у поршневій порожнині утворюється повітряна подушка, яка і створює тормозний ефект. Контроль за підйомом та опусканням пневмоциліндра поз.2 здійснюється за допомогою прапорців, що змонтовані на нижній частині гвинта поз.18, вони по черзі заходять до пазу датчика ВК4.

Механізм підйому та повороту (рис. 1.17) маніпулятора «Циклон-3Б» змонтовані у єдиному блоці. Механізм повороту обертає руки, що змонтовані до консолі поз.8, навколо вертикальної осі промислового роботу. Він складається із двох робочих пневмоциліндрів поз.5 та двох пневмоциліндрів упорів поз.4.

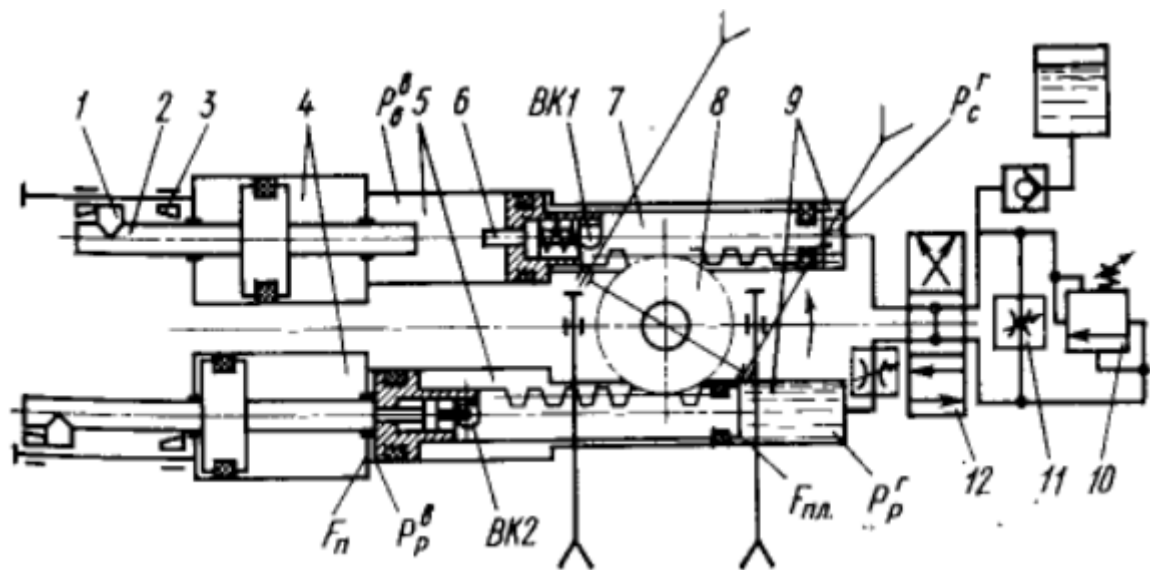


Рисунок 1.17 - Схема механізму повороту робота «Циклон-3Б»: 1 – планка; 2, 7 – шток; 3 – гайка-упор; 4 – пневмоциліндр упорів; 5 – робочий пневмоциліндр; 6 – прапорець; 8 – консоль; 9 – гідроциліндр; 10 – напірний клапан; 11 – дросель; 12 – гідралічний розподільник.[1]

Штоки пневмоциліндрів поз.7 виготовлені у вигляді рейок, в кінцях яких знаходяться кінцеві датчики, а передні кінці є плунжерами пневмоциліндрів поз.9. Для обмеження переміщення штоків поз.2 пневмоциліндрів поз.4 закріплені поршні

і планки поз.1, які упираються у регульовані гайки-упори поз.3. Гідравлічний розподільувач з електромагнітним керуванням поз.12, дросель поз.11 та напірний клапан поз.10 утворюють гідравлічний тормоз. За рахунок зміни напрямку потоку оливи при переключенні золотника розподільувача при спрацюванні електромагніту пов'язаного з датчиком ВК1, виникає ефект тормозу.

Висновки до розділу 1

За даним розділом можна зробити висновки:

1. Аналіз різновидностей промислових роботів-маніпуляторів, їх будови та способів автоматизації їх систем керування допомогло визначитись із наступними кроками по розробці власної автоматизованої системи керування промисловими роботами, а саме, вирішили будувати систему на базі промислового логічного контролеру.
2. Огляд будови промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б» допоміг виявити усі пневмоприводи, якими необхідно керувати, та датчики кінцевого положення ланок, які можна підключити до системи для визначення положення маніпулятора в просторі.

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ТА ЛОКАЦІЙНОГО ДАТЧИКА

2.1. Огляд Овен ПЛК160(M02)

Програмований логічний контролер (ПЛК) (англ. programmable logic controller) — електронний пристрій, який використовується для автоматизації технологічних процесів таких як, керування конвеєрною лінією, насосами на станціях водопостачання, верстатами з числовим програмним керуванням тощо. По суті, це апаратно-програмна система реального часу — комп'ютер, призначений для запуску операційної системи реального часу і прикладних програм, що реалізують потрібні алгоритми. Основною його відмінністю від комп'ютерів загального призначення є значна кількість пристроїв вводу-виводу для давачів та виконавчих пристроїв, а також можливість надійної роботи при несприятливих умовах: широкий діапазон температур, висока вологість, сильні електромагнітні завади, вібрації тощо.

ОВЕН ПЛК160 [M02] (рис. 2.1)— лінійка програмованих моноблокових контролерів з дискретними і аналоговими входами/виходами на борту для автоматизації середніх систем. Зовнішній вигляд ОВЕН ПЛК160 зображено на рисунку Контролери цієї лінійки рекомендуються для побудови розподілених систем керування і диспетчеризації з використанням як дротяних, так і бездротових технологій. До переваг даних контролерів слід віднести:

- Швидкісні входи для обробки енкодерів.
- Вбудовані дискретні та аналогові входи/виходи на борту.
- Робота за заздалегідь обговореними сценаріями при підмиканні до контролера USB-накопичувачів або ведення архіву роботи обладнання.
- Просте й зручне програмування в системі CODESYS V. 2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug.
- Передача даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS).

- 3 послідовних порти RS-232, RS-485);
- збільшення кількості входів-виходів;
- керування частотними перетворювачами;
- під'єднання панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів тощо.
- Живлення: 220 В і 24 В.

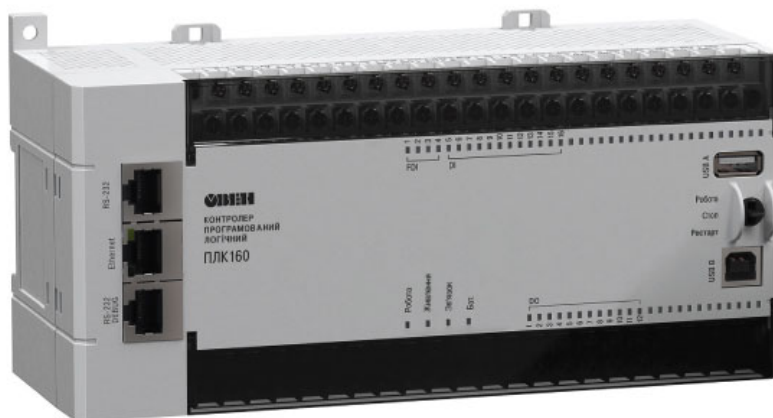


Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд ОВЕН ПЛК160

2.2. Огляд існуючих та вибір локаційного датчика

При виконанні технологічних процесів велику увагу приділяють швидкості їх виконання, тому промислові роботи з роками стають все швидші та швидші. Ідеальним режимом роботи промислового робота є циклічні операції, наприклад, захватує деталь з одної зони та переміщає в іншу. Добре коли об'єкти маніпулювання завжди знаходяться в одному положенні та одній точці, проте на практиці зазвичай деталі лежать в різних положеннях або деталь ще не немає в точці з якої маніпулятор має її забирати. Також не варто забувати про перешкоди, які можуть виникнути у робочій зоні промислового робота, вони можуть принести фізичні руйнування для маніпулятора.

Для вирішення таких проблем промислові роботи оснащують локаційними датчиками. Вони дають можливість своєчасно передбачити небезпеку, щоб

загальмувати робот або орієнтувати його рух в іншому напрямку, а також розташувати робот навпроти об'єкта, щоб потім, наприклад, його схопити[8].

Локаційним датчиком називають пристрій, що складається з первинного перетворювача, що вимірює шляхом випромінювання і прийому сигналів деякі фізичні параметри об'єктів середовища, підсилювача, аналого-цифрового перетворювача, індикатора, а також в разі необхідності – мікропроцесора, цифро-аналогового перетворювача і спеціалізованої ЕОМ для обробки та подання інформації, переданої в систему управління робота або роботизованого технологічного комплексу. Їх основне призначення вимірювання відстані до об'єкта, виявлення наявності об'єкта маніпулювання у потрібній точці або виявлення перешкод.

Класифікація локаційних датчиків зображено на рисунку 2.2.

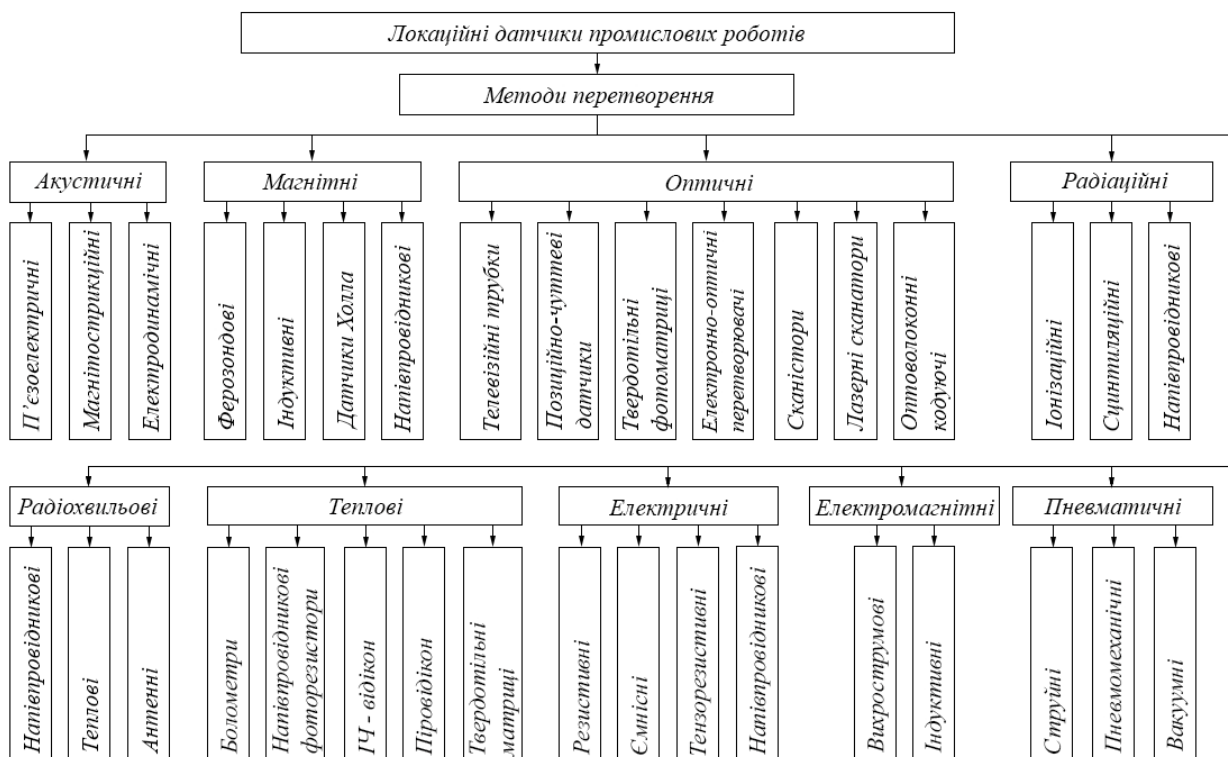


Рисунок 2.2 - Класифікація локаційних датчиків[7]

Щоб отримати інформацію про відстань до об'єкту, необхідно щоб він або робоче середовище випромінювало або відбивало сигнал, що буде прийматися датчиком. Виділяють три випадки:

1. об'єкт сам випромінює сигнал;

2. на об'єкт маніпулювання встановлюють джерело випромінювання;
3. на об'єкт подають сигнал і зчитують уже відбитий від об'єкта сигнал.

Пасивний локаційний датчик використовують в перших двох випадках, а активний лише у третьому випадку, тому що там необхідний випромінювач та приймач.

За призначенням локаційні датчики поділяють на датчики виявлення та датчики визначення відстані. Датчики виявлення зазвичай формують на виході сигнал «Так-Ні». Він складається із світлодіоду та фотодіода. Випромінювання із світлодіоду потрапляє на фотодіод і формується сигнал «Ні». У випадку коли між світлодіодом та фотодіодом з'являється сторонній об'єкт, тобто на фотодіод не потрапляє випромінювання, формується сигнал «Так». Такого типу датчики використовують в охоронних системах, або в захватах роботів, щоб визначити чи є в захваті об'єкт. Датчики визначення відстані працюють за часом протягом якого поширюється сигнал з світлодіоду до об'єкту та у зворотному напрямку, від об'єкта до фотодіода. Завдяки датчику такого типу можна отримати інформацію про форму та розмір об'єкту, або як розподіляються об'єкти у просторі. Схему елементарного локаційного датчика зображено на рисунку 2.3.

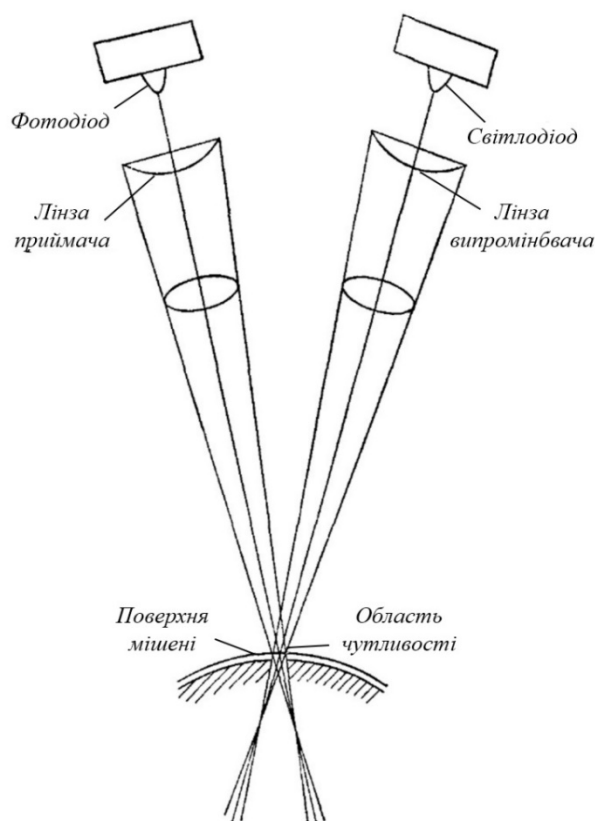


Рисунок 2.3 - Принцип дії елементарного локаційного датчика[6]

Візуальні датчики побудовані на цифрових камерах або лазерних скануючих пристроях. ЕОМ отримує сигнали з камер з частотою десь 50 кадрів в секунду та аналізує їх виокремлюючи важливу інформацію.

Датчики в промислових роботах використовують у двох схемах: або датчик включають у зворотній ланцюг, або використовують датчики при нерухомому маніпуляторі. Перевагою включення датчика в зворотній ланцюг є керування роботом за допомогою датчика при його роботі. Як приклад, основна частина зорових систем підключені у зворотній ланцюг, тому спостереження відбувається за відхиленням між реальним та бажаним положенням захватного пристрою. До мінусів даного методу слід віднести великий час аналізу отриманої картинки та керувати маніпулятором для корекції його положення. При іншому способі використання датчика промисловий робот є нерухомим, датчики сканують навколишнє середовище та передають до блока керування, опісля маніпулятор продовжує переміщуватись.

2.3. Методи вимірювання відстані до об'єкта

Для навігації промислового робота та обходу перешкод використовують датчики вимірювання. Для визначення відстані до найближчих об'єктів або визначення форми та розташування об'єктів у робочій зоні промислового робота використовують такі методи: тріангуляція, метод підсвічування та вимірювання відстані за часом проходження сигналу.

Тріангуляція є одним з простіших методів визначення відстані(рис.). Базується на освітленні об'єкта вузьким променем світла, що спрямовують на його поверхню.

Рух пучка світла в площині визначається лінією від об'єкта до приймача світла і лінією від приймача до джерела світла. Якщо пляма світла на поверхні об'єкту досить мала, відстань D до освітленої ділянки поверхні може бути обчислено з геометричних співвідношень, представлених на рис. 2.4 Цей метод реалізує точкове вимірювання. Якщо система «джерело-приймач» рухається у фіксованій площині, то в цьому випадку можна отримати групу точок, відстані яких до приймача відомі. Ці відстані легко перенести в тривимірну систему координат шляхом сканування[9].

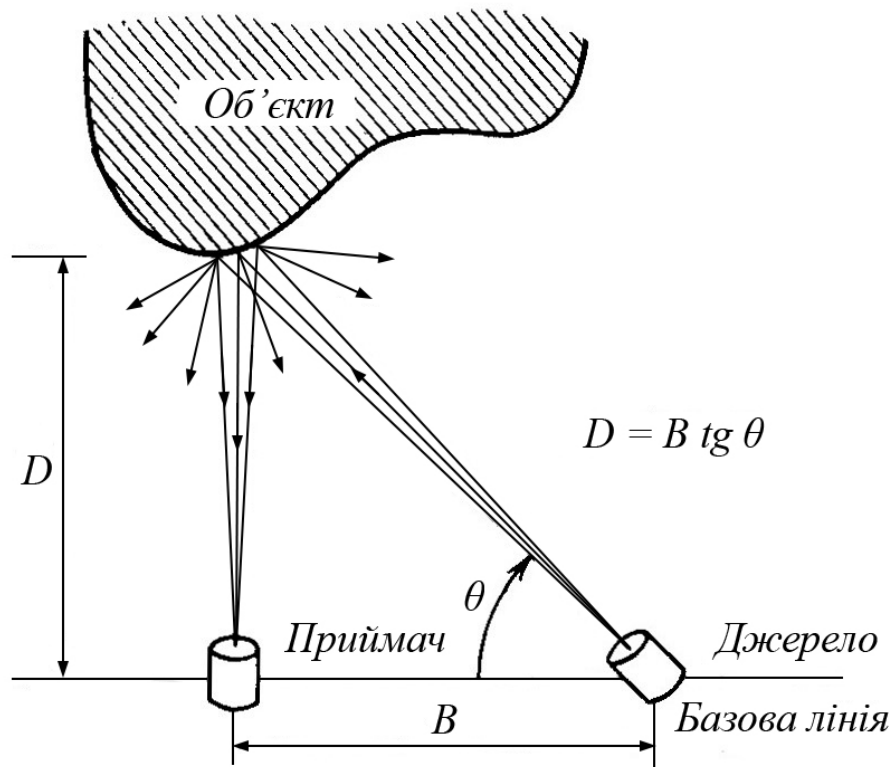


Рисунок 2.4 - Схема триангуляційного методу[7]

Пучок світла l (рис. 2.5), що падає на плоску поверхню S під кутом α . Варто зазначити, що відбивна здатність поверхні достатня, щоб під кутом β у фокальній площині об'єктива 3 можна було отримати зображення освітленої плями A . Якщо поверхню S перемістити на висоту h в положення S_1 , а положення лазера залишиться незмінне, то освітлена пляма з'явиться в точці A_1 . У фокальній площині об'єктива зображення точки зміститься на відстань x , що визначається за формулою:

$$x = \frac{Fh \sin(\alpha + \beta)}{(a - F) \cos \alpha - h \cos(\alpha + \beta)} \quad (2.1)$$

де F – фокусна відстань об'єктива 3;

a – відстань AL від об'єктива до предмета.

У випадку $(\alpha + \beta) = 90^\circ$ вираз (2.1) спроститься до:

$$x = \frac{Fh}{(a - F) \cos \alpha} = kh \quad (2.2)$$

пляма перетинається з оптичною віссю приймального пристрою при багаторазовому скануванні.

Метод підсвічування заснований на проектуванні світлового потоку на групу об'єктів та використовує зміну форми потоку для обчислення відстані до об'єкту(рис. 2.7).

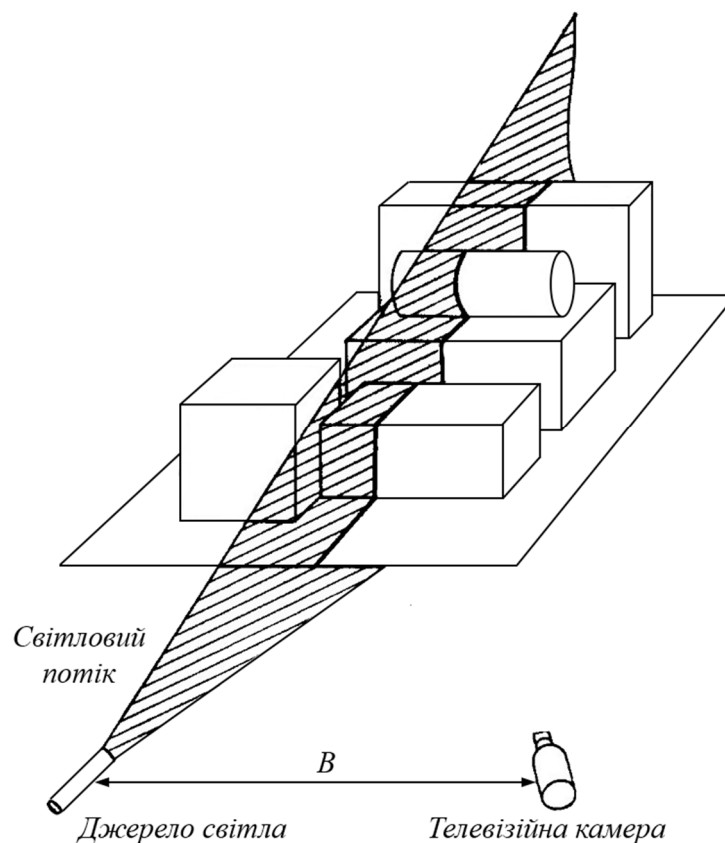


Рисунок 2.7 - Схема вимірювання відстані за допомогою методу підсвічування[8]

Світлова смуга, що перетинає групу предметів, формується у вигляді плоского пучка світла за допомогою циліндричних лінз. Перетин світлового потоку з об'єктами в робочому просторі фіксується телевізійною камерою, розміщеною на відстані B від джерела світла. Така ситуація легко аналізується комп'ютером при визначенні відстані. Наприклад, відхилення пучків світла вказує на зміну поверхні, а розрив відповідає проміжку між поверхнями[9].

Для початку необхідно калібрувати систему вимірювання(рис. 2.8).

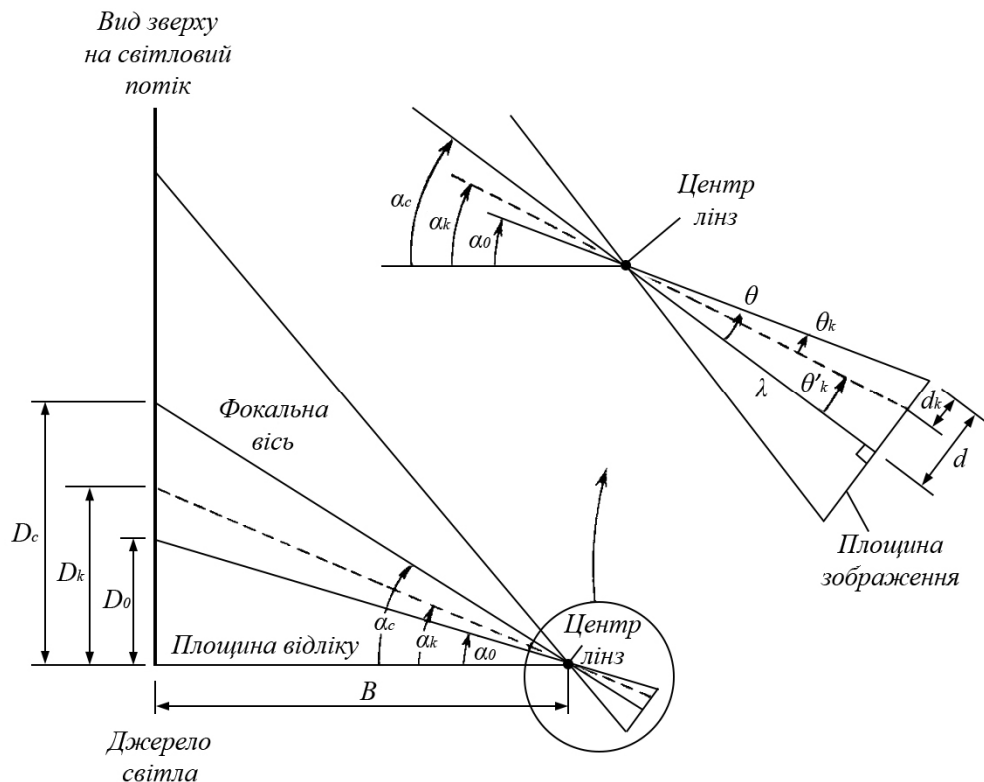


Рисунок 2.8 - Калібрування системи вимірювання[9]

У багатьох системах використовують зображення з телекамери пертворене в цифровий масив з розмірністю $N \times M$. Процес калібрування полягає у вимірюванні відстані B між центром лінз і джерелом світла, та у вимірюванні кутів α_c і α_0 . Відстань d буде обчислюватись за формулою:

$$d = \lambda \cdot \tan \theta \quad (2.6)$$

Де λ – фокальна довжина лінз, а

$$\theta = \alpha_c - \alpha_0 \quad (2.7)$$

Збільшення відстані між стовпцями для зображення, що містить M стовпців, визначається за формулою:

$$d_k = k \frac{d}{\frac{M}{2}} = \frac{2kd}{M} \quad (2.8)$$

Де $0 \leq k \leq M/2$.

Щоб отримати кут α_k , що утворений проекцією довільної смуги необхідно:

$$\alpha_k = \alpha_c - \theta'_k \quad (2.9)$$

Де $\tan \theta'_k = \frac{d-d_k}{\lambda}$

Для інших k ($M/2 \leq k \leq (M-1)$) маємо:

$$\alpha_k = \alpha_c + \theta''_k \quad (2.10)$$

$$\text{Де } \theta''_k = \arctg\left(\frac{d(2k-M)}{M\lambda}\right)$$

До плюсів даної системи відносять простоту вимірювання. Після виконання калібрування, відповідна кожному стовпцю в цифровому зображенні, розраховується за формулою (2.11), а результат записують в пам'ять.

$$D_k = B \tan \theta_k \quad (2.11)$$

Де $k=0, 1, 2, \dots, M-1$; α_k розраховується з рівняння (2.9) або з рівняння (2.11).

Щоб потім виміряти відстань до будь-якої точки зображення, просто визначають номер її стовпця та звертаються до пам'яті.

Існує два метода вимірювання відстані за часом проходження сигналу: імпульсний та за фазовим зсувом.

Перший метод - імпульсний, він базується на вимірюванні часу проходження світлового імпульсу до об'єкта та повернення відбитого (рис. 2.9). Відстань до об'єкта визначається за формулою $D = cT/2$, де T – час проходження сигналу і c – швидкість світла (0,3 м/нс). Щоб забезпечити точність вимірювання ~ 6.3 мм частота відліку повинна бути 50 Гц.

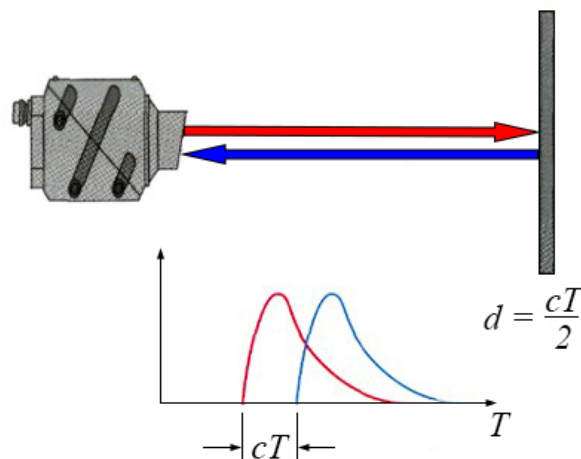


Рисунок 2.9 - Принцип вимірювання відстані за часом[9]

Лазерні вимірювачі на виході дають двовірний масив значень, що є пропорційними відстані. Двовірне сканування проводиться за рахунок відхилення лазерного променя за допомогою обертового дзеркала. Робоча зона таких пристроїв знаходиться в межах 1-4 метра, а точність $\sim 2,5$ мм.

Локаційні пристрої, що вимірюють відстань за часом затримки переданого сигналу, є мало ефективними для завдань робототехніки. Це викликано високою швидкістю розповсюдження електромагнітного випромінювання. Наприклад для вимірювання характерних для робіт відстаней, менших 30 см, пристрої бажано мають працювати в субнаносекундному діапазоні.

У іншому методі замість імпульсного світлового сигналу використовується безперервний промінь лазера і вимірюється фазовий зсув між відправленими і повернутими променями (рис. 2.10).

Фазовий метод вимірювання полягає, що промінь лазера з довжиною хвилі λ розділено на два промені. Перший проходить відстань L до фазометру, а другий проходить відстань D до поверхні, що відбиває. Загальна відстань, пройдена відбитим променем, становить $D' = L + 2D$. Фазовий зсув між двома променями в точці вимірювання (рис. 2.10, б) виникає в разі, якщо відбитий промінь проходить шлях більший, ніж вихідний. У цьому випадку маємо:

$$D' = L + \frac{\theta}{360} \lambda \quad (2.12)$$

Оскільки $D' = L + 2D$, підставивши це значення в рівняння (2.12), отримаємо:

$$D = \frac{\theta}{360} \left(\frac{\lambda}{2} \right) \quad (2.13)$$

що визначає відстань через фазовий зсув, якщо відома довжина хвилі (632,8 нм у гелій-неонового лазера). При такій малій довжині хвилі метод, схема якого показана на рис. 2.10, недоцільно застосовувати в робототехніці через складність визначення малих фазових зсувів.

Найбільш прийнятним рішенням є амплітудна модуляція лазерного променя хвилею з набагато більшою довжиною, наприклад, 30 метрів ($f = 10$ МГц) (рис. 2.11). Основна процедура залишається колишньою, але сигнал відліку є тепер функцією модулювання. Модульований лазерний сигнал посиляється на об'єкт, а повернутий сигнал демодулюється і порівнюється із відліковим сигналом для визначення фазового зсуву.

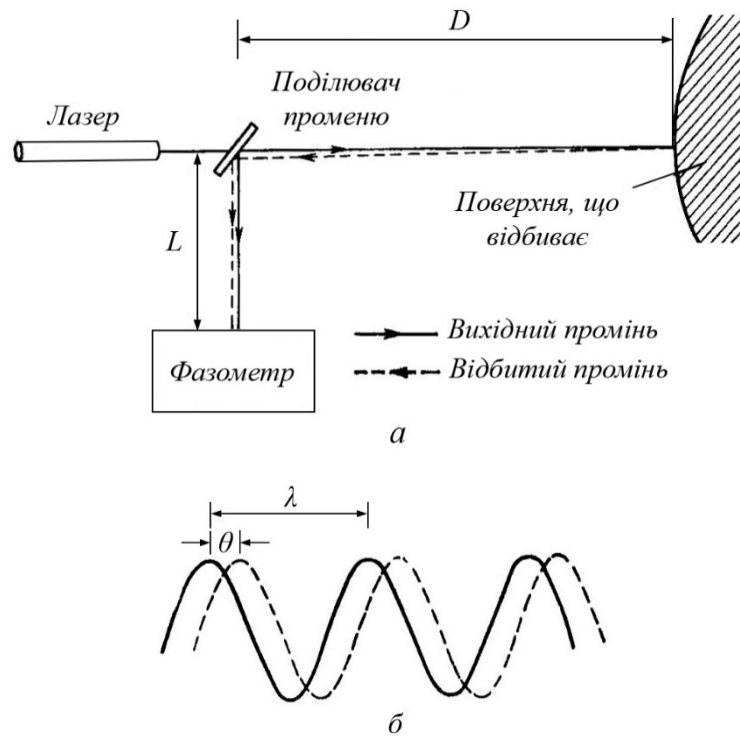


Рисунок 2.10 - Вимірювання відстані за фазовим зсувом:

а – принцип вимірювання відстані по фазовому зсуву;

б – зсув між вихідною і відбитою світловими хвилями

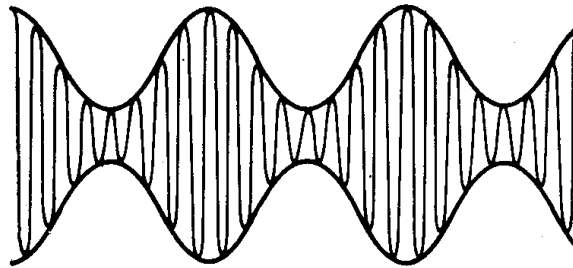


Рисунок 2.11 - Хвильовий сигнал, модульований по амплітуді моделюючою функцією із набагато більшою довжиною хвилі

Рівність (2.13) все ще має силу, але тепер робота відбувається в більш зручному діапазоні довжин хвиль.

2.3. Залежності параметрів датчика від відстані до об'єкта та його кольору

При виборі оптичного датчика необхідно враховувати вплив фонового випромінювання, а саме, мінімізувати його вплив. Тобто довжини хвиль датчика і

фонового світла повинні бути з різних спектрів. У випадках накладання необхідно, щоб хвилі якомога максимально відрізнялись відрізнялися (рис. 2.12).

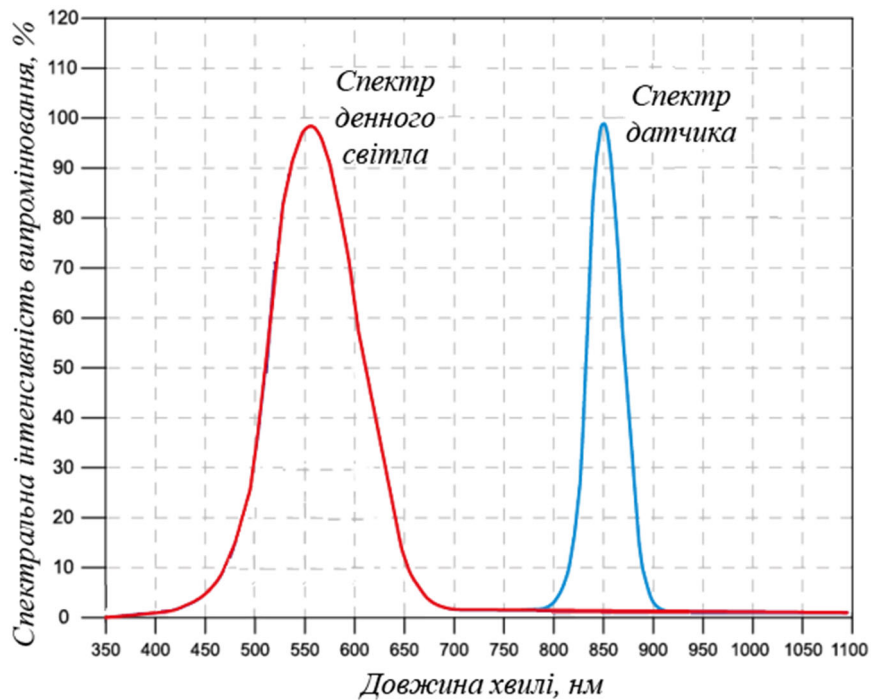


Рисунок 2.12 - Оптичні спектри денного світла та інфрачервоного датчика

Коефіцієнт відбиття об'єкта, який необхідно контролювати, може впливати на струм, що споживає датчик (рис. 2.13).

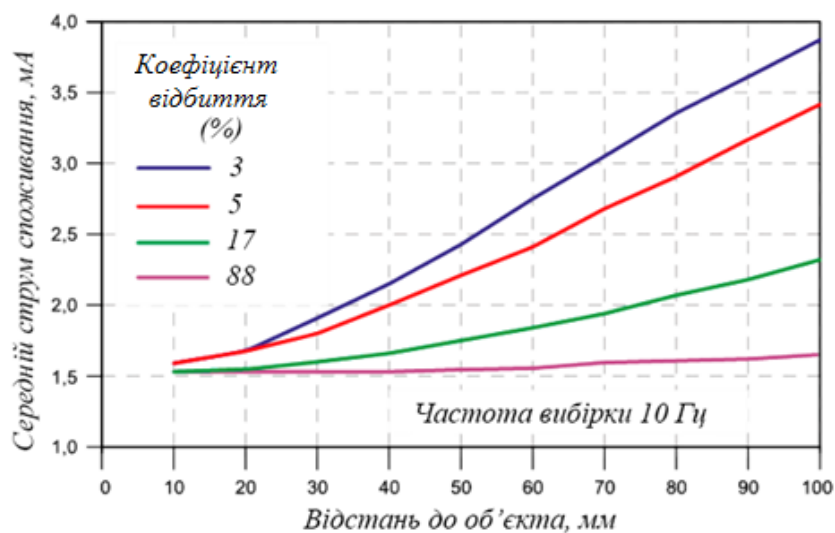


Рисунок 2.13 - Приклад впливу відстані і коефіцієнта відбиття на споживання датчиком струму

На прикладі лазерного датчика IFM OJ5148 (рис. 2.14) відображено існування залежності між відстанню від датчика до об'єкту та від об'єкту до заднього фону. Дану залежність необхідно враховувати при виявленні об'єкта.

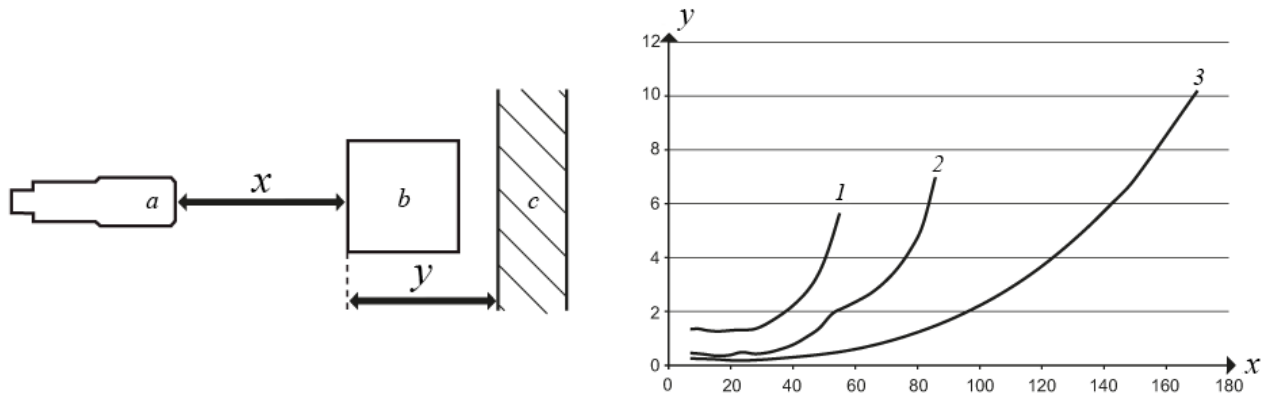


Рисунок 2.14 - Характеристика відстані розпізнання об'єкта лазерним датчиком IFM

OJ5148: a – датчик, b – об'єкт, c – задній фон, x – відстань датчик-об'єкт (мм), y – мінімальна відстань об'єкт-задній фон (мм), 1 – об'єкт чорний (6% відбиття), задній фон (білий 90% відбиття) 2 – об'єкт сірий (відбиття 18%), задній фон (білий 90% відбиття) 3 – об'єкт білий (відбиття 90%), задній фон (білий 90% відбиття)

У роботі були отримані залежності (2.15) та побудовані графіки для визначення мінімальної відстані Y об'єкт-задній білий фон (мм) від відстані x датчик-об'єкт (мм) та від частини відсотку V відбитого випромінювання (%), що характеризується тоном кольору об'єкта (рис. 2.15 та рис. 2.16). Загальний вигляд виразу, який характеризує зазначені залежності, можна представити так:

$$Y = \frac{e^{\frac{(V_{max}-V)}{100\%} \cdot K_{об.}} + e^{\frac{(V_{max}-V)}{100\%} \cdot K_{дат.} \cdot x}}{4}, \quad (2.14)$$

де V_{max} – максимальна можлива частина відбитого випромінювання, яка розглядається для цього випадку (%);

$K_{об.}$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу контрольованого об'єкта;

$K_{дат.}$ – коефіцієнт, який залежить від типу датчика, що застосовується.

$$\begin{aligned} Y_1(V) &= \frac{(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_1})}{4} & Y_1(x) &= \frac{(e^{\frac{60-V_1}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_1}{100} \cdot 0.25 \cdot x})}{4} \\ Y_2(V) &= \frac{(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_2})}{4} & Y_2(x) &= \frac{(e^{\frac{60-V_2}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_2}{100} \cdot 0.25 \cdot x})}{4} \\ Y_3(V) &= \frac{(e^{\frac{60-V}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V}{100} \cdot 0.25 \cdot x_3})}{4} & Y_3(x) &= \frac{(e^{\frac{60-V_3}{100} \cdot 4.5} + e^{\frac{60-V_3}{100} \cdot 0.25 \cdot x})}{4} \end{aligned} \quad (2.15)$$

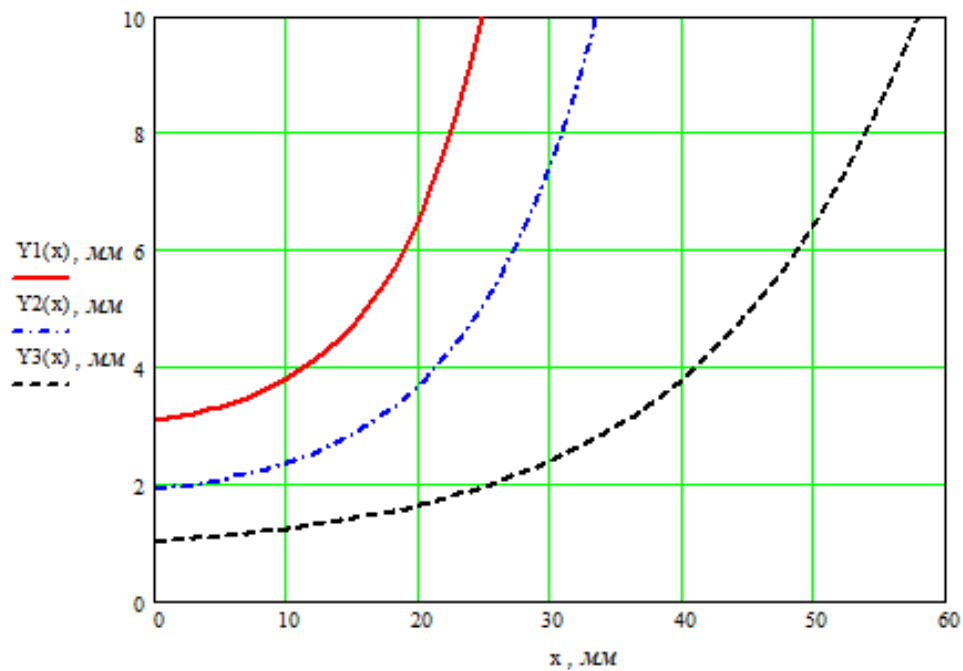


Рисунок 2.15 - Графік залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від відстані x датчик-об'єкт

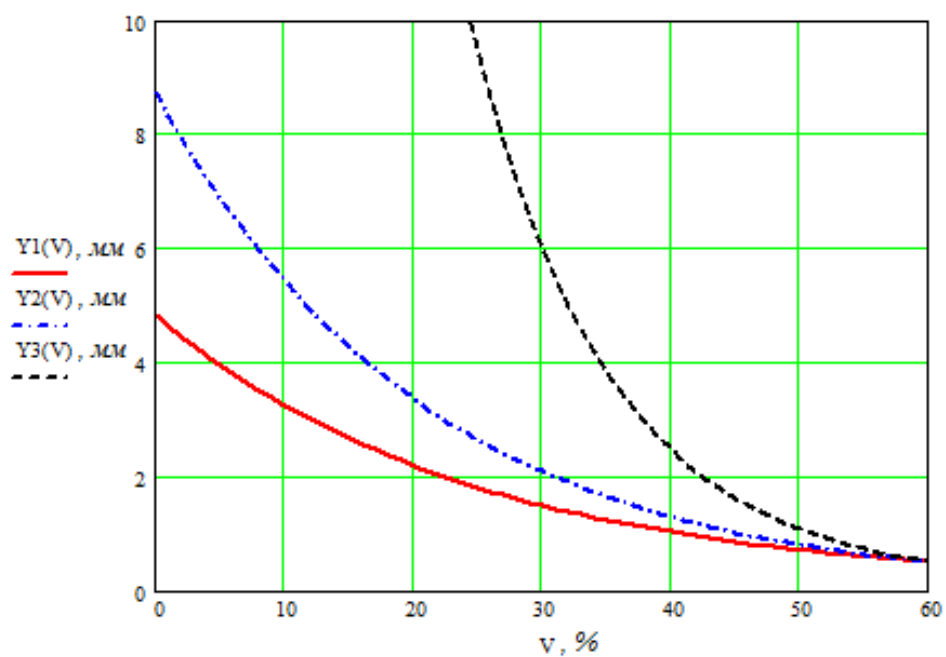


Рисунок 2.16 - Графік залежності мінімальної відстані у об'єкт-задній білий фон від частини відсотку V відбитого випромінювання

Були проведені розрахунки в системі Mathcad для різних датчиків та для різних контрольованих об'єктів із різною здатністю поглинати випромінювання, що характеризується тоном кольору об'єкта.

Висновки до розділу 2

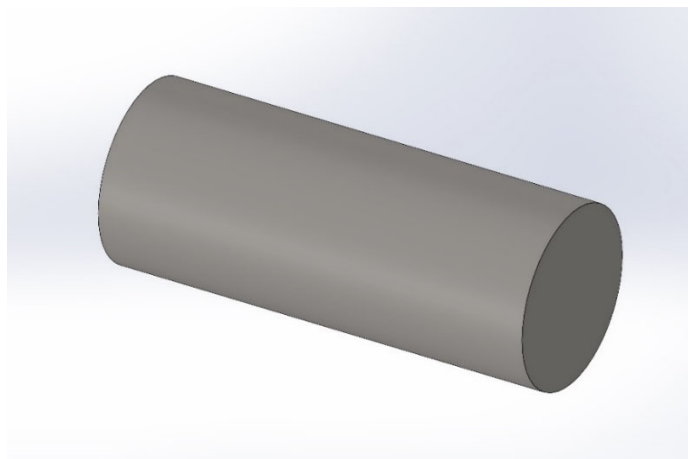
Для даного розділу можна зробити висновки:

1. Аналіз методів визначення відстані до об'єкта дало розуміння що для реалізації системи керування промисловим роботом буде використовуватись метод за часом проходження сигналу.
2. Описали залежності відстані від датчика до об'єкта, та від об'єкта до заднього фону, що допомогло визначити мінімальну допустиму відстань розміщення датчика до об'єкта.
3. Огляд промислового логічного контролеру Овен ПЛК160, допомогло вибрати його у якості основи для побудови системи керування.

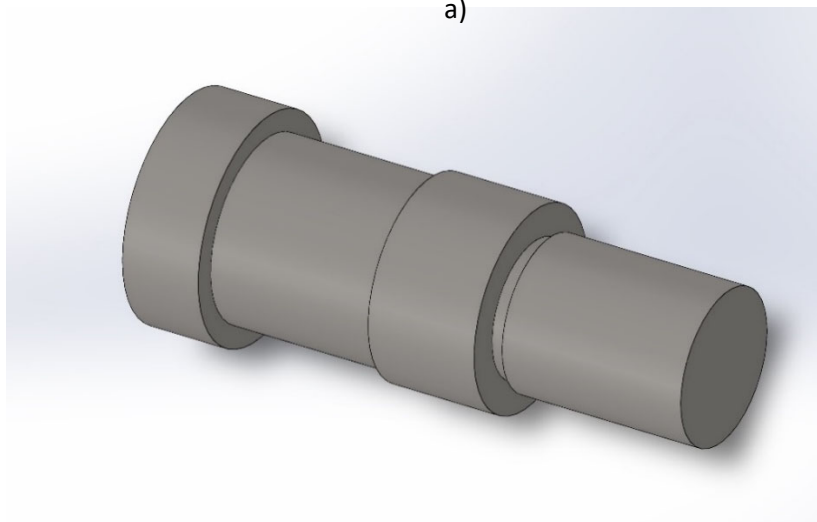
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА «ЦИКЛОН-ЗБ»

3.1. Опис технологічного процесу роботи робота-маніпулятора

У даній роботі припустимо, що певне підприємство має промисловий робот-маніпулятор «Циклон-ЗБ» із застарілою системою керування. Механічна частина робота в нормальному стані, тому списувати обладнання підприємство немає наміру, а навпаки, хоче модернізувати систему керування роботу, щоб використати на процесі завантаження заготовки з конвеєру у верстат та розвантаження обробленої деталі із верстату на конвеєр. Заготовкою(рис. 3.1, а) є круг прокатний певної довжини, а обробленою деталлю є ступінчастий вал(рис. 3.1, б).



а)



б)

Рисунок 3.1 - а) заготовка; б) оброблена деталь

Виробнича ділянка(рис. 3.2.) буде складатись із крокового конвеєру із заготовками та обробленими деталями, промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б» та двох токарних верстатів з числовим програмним керуванням.

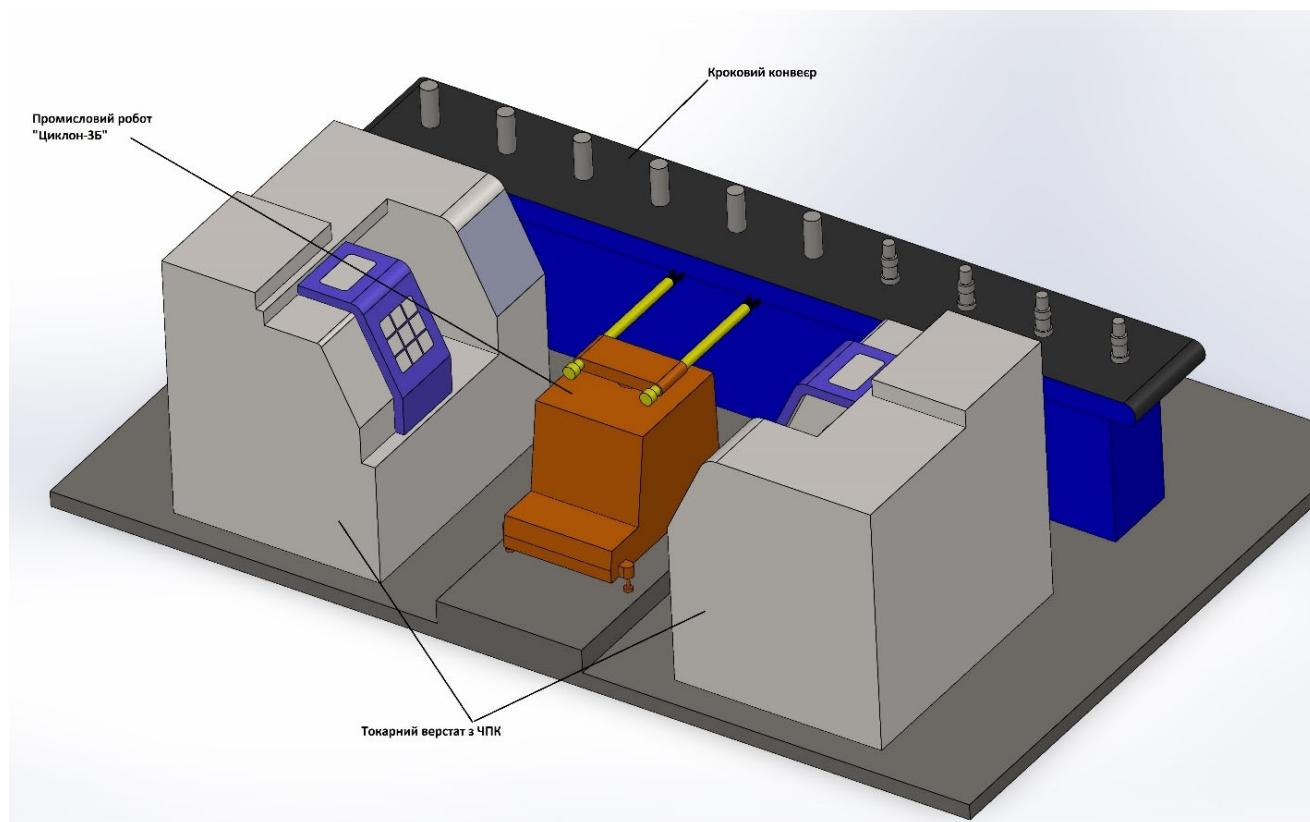


Рис. 3.2 - Візуалізація виробничої ділянки із промисловим роботом «Циклон-3Б»

Промисловий робот-маніпулятор «Циклон-3Б» буде працювати за наступним циклом:

1. робот у початковому положенні (всі ланки втягнуті та опущені, захвати розкриті);
2. захоплює заготовки з конвеєра у дві руки (використовуються дві руки для пришвидшення технологічного процесу);
3. завантажує заготовку у верстат №1 (з лівої сторони);
4. завантажує заготовку у верстат №2 (з правої сторони);
5. після отримання сигналу від верстату №1 забирає оброблену деталь;
6. кладе оброблену деталь на конвеєр;
7. захоплює нову заготовку;
8. завантажує заготовку у верстат №1;
9. після отримання сигналу від верстату №2 забирає оброблену деталь;

10. кладе оброблену деталь на конвеєр;
11. захоплює нову заготовку;
12. завантажує заготовку у верстат №2;
13. повторює пункти 5-12 допоки не обробить всі деталі;
14. повертається у початкове положення.

Для кращого розуміння усього алгоритму роботи промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б» далі наведено циклограму його роботи(табл. 3.1)[10-11]. У циклограмі операції поділено на ходи. Один хід характеризується роботою одного пневмоциліндру в одну сторону, якщо одночасно працюють дві руки, наприклад витягуються, то це рахується як один хід. Підняте положення рук робота характеризує зафарбована клітинка, відповідно опущене – незафарбована. Робот повернутий вліво – зафарбована клітинка, повернутий вправо – незафарбована, закреслена клітинка – робот у центральному положенні (одночасно подається повітря у дві поршневі зони пневмоциліндрів, що відповідають за поворот). Витягнуте положення першої або другої руки – зафарбована клітинка, втягнуте – незафарбована. Горизонтальне положення захвату – незафарбована клітинка, вертикальне – зафарбована. Затиснений захват – зафарбована клітинка, розтиснутий – незафарбована.

Продовження табл. 3.1

Забирання обробленої деталі з верстату №1	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
Покладання обробленої деталі на конвеєр	21								
	22								
	23								
	24								
	25								
	26								
Подача сигналу на конвеєр									
Захоплення нової заготовки	27								
	28								
	29								
	30								
Завантаження заготовки у верстат №1	31								
	32								
	33								
	34								
	35								
Подача сигналу на верстат №1									
Очікування сигналу з верстату №2									
Забирання обробленої деталі з верстата №2	36								
	37								
	38								
	39								
	40								

Закінчення табл. 3.1

Сигнал на конвеєр									
Покладання обробленої деталі на конвеєр	41								
	42								
	43								
	44								
	45								
	46								
Сигнал на конвеєр									
Захоплення нової заготовки	47								
	48								
	49								
	50								
Завантаження заготовки у верстат №2	51								
	52								
	53								
	54								
	55								
Подача сигналу на верстат №2									
Очікування сигналу з верстату №1									
Повернення до ходу 16									

3.2. Створення алгоритму керування роботом-маніпулятором

За циклограмою можна написати керуючу програму керування промисловим роботом, проте окрім виходів керування пневматичними розподільниками необхідно ще врахувати сигнали із датчиків кінцевого положення промислового робота та сигнали з кнопок. Окрім основної керуючої програми необхідно також передбачити програми автоматичного повернення робота в початкове положення та ручне

керування роботом. Для зручності створення керуючих програм створимо спочатку блок-схеми алгоритмів.

Перед початком створення блок-схем алгоритмів присвоїмо для кожного вихідного та вхідного сигналу змінні. Для вихідних сигналів зміні позначимо «Y» із порядковим індексом, вхідні сигнали із датчиків – «X» із порядковим індексом, для сигналів кнопок змінні позначимо відповідно до назви кнопки. Перелік змінних, їх тип даних та значення наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Перелік використаних змінних, їх тип даних та значення

№	Назва змінної	Тип	Значення
1	Y1	bool	Підйом рук
2	Y2	bool	Опускання рук
3	Y3	bool	Поворот рук вліво
4	Y4	bool	Поворот рук вправо
5	Y5	bool	Витягування лівої руки
6	Y6	bool	Витягування правої руки
7	Y7	bool	Втягування лівої руки
8	Y8	bool	Втягування правої руки
9	Y9	bool	Поворот + лівого захвату
10	Y10	bool	Поворот + правого захвату
11	Y11	bool	Поворот - лівого захвату
12	Y12	bool	Поворот - правого захвату
13	Y13	bool	Затиск лівого захвату
14	Y14	bool	Затиск правого захвату
15	X1	bool	Кінцеве положення піднятих рук
16	X2	bool	Кінцеве положення опущених рук
17	X3	bool	Кінцеве положення повороту вліво

Продовження табл. 3.2

18	X4	bool	Кінцеве положення повороту вправо
19	X5	bool	Кінцеве положення витягнутої лівої руки
20	X6	bool	Кінцеве положення витягнутої правої руки
21	X7	bool	Кінцеве положення витягнутої лівої руки
22	X8	bool	Кінцеве положення витягнутої правої руки
23	start	bool	Кнопка «Старт»
24	stop	bool	Кнопка «Стоп»
25	base	bool	Кнопка «Початкове положення»
26	J1	bool	Кнопка «Вверх»
27	J2	bool	Кнопка «Вниз»
28	J3	bool	Кнопка «Вліво»
29	J4	bool	Кнопка «Вправо»
30	J5	bool	Кнопка «Витягування лівої руки»
31	J6	bool	Кнопка «Витягування правої руки»
32	J7	bool	Кнопка «Втягування лівої руки»
33	J8	bool	Кнопка «Втягування правої руки»
34	J9	bool	Кнопка «Поворот + лівого захвату»
35	J10	bool	Кнопка «Поворот + правого захвату»
36	J11	bool	Кнопка «Поворот - лівого захвату»
37	J12	bool	Кнопка «Поворот - правого захвату»
38	J13	bool	Кнопка «Захват лівий»
39	J14	bool	Кнопка «Захват правий»
40	J15	bool	Кнопка «Центр»
41	J16	bool	Кнопка «Відпустить захват лівий»
42	J17	bool	Кнопка «Відпустить захват правий»
43	V1	bool	Сигнал на верстат №1
44	V2	bool	Сигнал на верстат №2

Закінчення табл. 3.2

45	K	bool	Сигнал на конвеєр
46	V3	bool	Сигнал отриманий з верстата №1
47	V4	bool	Сигнал отриманий з верстата №2
48	O1	bool	Сигнал з лівого оптичного датчика
49	O2	bool	Сигнал з правого оптичного датчика

Змінні Y1-Y14 будуть виводитись на виходи ПЛК та модулі виведення, що під'єднанні до пневматичних розподільників. X1-X8 будуть отримувати сигнали із входів ПЛК від кінцевих вимикачів. «Start» та «Stop» це фізичні кнопки підключені на входи ПЛК. «Base» та J1-J14 це віртуальні кнопки із інтерфейсу керування, що буде створено далі в CodeSys. Також в системі керування існують додаткові входи та виходи для зв'язку із зовнішнім обладнанням, наприклад V1, V2, K – виходи для подачі сигналів на верстати та конвеєри, V3, V4 – входи для отримання сигналів з верстатів. Змінні O1, O2 – прив'язані до входів ПЛК з оптичних датчиків.

Визначивши змінні та базуючись на циклограму можна розпочати побудову блок-схем алгоритмів роботи, щоб потім за ними створити керуючу програму. Для побудови схем скористаємось програмним забезпеченням «Draw.io» (рис.3.3).

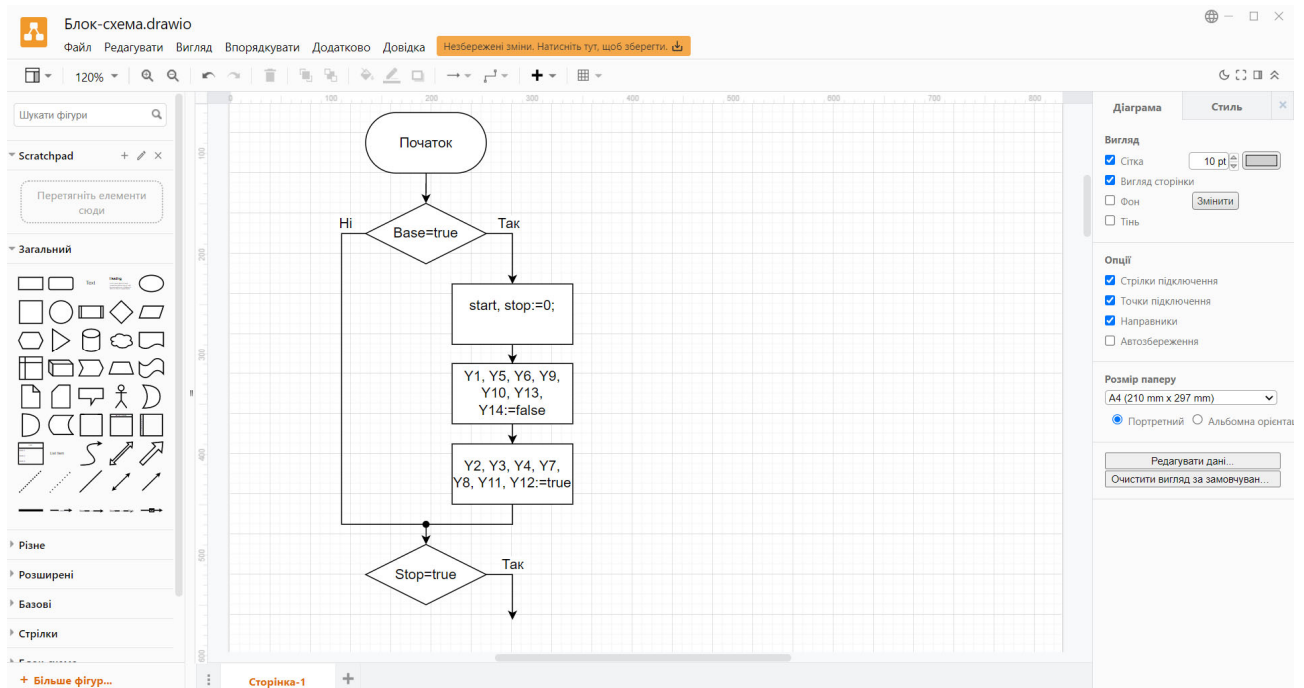


Рисунок 3.3 - Вікно програми «Draw.io»

Для оптимізації керуючого коду та блок-схем розділимо усю програму на шість частин:

1. Базовий код або програмування кнопок
2. Код початку технологічного процесу
3. Код циклічних операцій для верстату №1
4. Код циклічних операцій для верстату №2
5. Код закінчення програми на верстаті №1
6. Код закінчення програми на верстаті №2

У базовому коді запрограмуємо кнопку «Початкове положення» для цього якщо кнопка натиснута, то на відповідні виходи виведемо значення «true» та «false». Якщо натиснута кнопка «Стоп», то на всі виходи подається сигнал «false», тобто весь роботизований комплекс зупиняється. При натисканні на кнопку «Старт», запускається підпрограма №2. Ще у цьому коді запрограмовані віртуальні кнопки для ручного керування. Готову блок-схему представлено у Додатку А.

Підпрограма №2 або «Код початку технологічного процесу» розпочинається із задання початкового положення промислового робота. Далі, згідно циклограми технологічного процесу, запрограмовані рухи на захоплення заготовок із конвеєра, варто зауважити, захоплюється одночасно двома руками. Потім відбувається завантаження заготовки у верстат №1 та потім у верстат №2. Підпрограма закінчується переходом до підпрограми №3 або «Код циклічних операцій для верстата №1». Всі перераховані операції для підпрограми зображено на блок-схемі (Додаток А).

Наступна підпрограма №3 або «Код циклічних операцій для верстату №1» після сигналу із верстату №1, про закінчення обробки, виконує операції: переміщення руки лівої маніпулятора до обробленої деталі, захоплює її, кладе на конвеєр. Необхідно звернути увагу, що далі виконується перевірка чи не закінчилися заготовки, у випадку їх закінчення відбувається перехід до підпрограми №6. Після переміщення конвеєру на одну позицію заготовка потрапляє у зону оптичного датчика, тоді розпочинається процес захоплення нової заготовки та встановлення у верстат №1, із подачею на нього інформаційного сигналу про можливість виконання

механічної обробки деталі. Далі перевіряється чи виконується операція механічної обробки деталі на верстаті №2 , якщо так то відбувається перехід до підпрограми №4. Для кращого розуміння всі описанні операції зображено на блок-схемі (Додаток А).

Підпрограма №4 або «Код циклічних операцій для верстату №2» є аналогічною до підпрограми №3, головна особливість лише у приведенні в рух правої руки, та взаємодія з верстатом №2. Тому блок-схема для даної підпрограми на перший погляд є такою самою як і попередня, проте якщо уважно її вивчити, то відразу стає зрозуміло, наповнення її відрізняється (Додаток А).

Підпрограма №5 або «Код закінчення програми на верстаті №1» створена для того, щоб після завершення механічної обробки останньої деталі на верстаті №1, зняти деталь , перемістити її на конвеєр та повернути промисловому роботу початкове положення його маніпулятора. Блок-схема (Додаток А) даної підпрограми є меншою ніж підпрограм №3 або №4.

Для зняття останньої обробленої деталі з верстату №2 буде задіяна підпрограма №6. Ця підпрограма буде аналогічною до підпрограми №5 лише будуть замінені операції для лівої руки на праву. Для більш кращого ознайомлення з даною підпрограмою створено для неї блок-схему.

3.3. Створення електричної схеми підключення та керуючої програми

Створювати керуючу програму будемо у програм «CODESYS v2.3» оскільки дане середовище рекомендоване для використання виробником ПЛК160.

Перед початком створення проекту необхідно побудувати електричну схему підключення, щоб у «CODESYS» відразу можна було б призначити виходи та входи ПЛК. Електрична схема буде складатись із самого ПЛК160, роз'ємів живлення на 220В 50Гц, двох оптичних датчиків, восьми кінцевих датчиків, двох кнопок «Старт» та «Стоп» та двох модулів виводу МУ110-8Р. Модулі виводу необхідні для збільшення числа виходів ПЛК, оскільки ПЛК має лише 12 дискретних виходів, а для повного функціонування системи керування промисловим роботом необхідно мінімум чотирнадцять виходів, та ще декілька необхідно залишити додаткових[12-14].

До самого ПЛК160 під'єднаємо на схемі (рис. 3.4) живлення 220 В. До живлення 24В із ПЛК під'єднаємо оптичні датчики, вихід із датчиків підключимо до входів DI1 та DI2. Далі під'єднаємо датчики кінцевого положення до входів DI3-DI10. Фізичні кнопки «Старт» та «Стоп» від'єднуються до входів DI11 та DI12 відповідно. Залишається чотири вільні входи для підключення додаткового обладнання. Для роботизованого комплекс, що розглядається у якості прикладу, під'єднаємо до входів ще сигнали із верстатів, що характеризують їх роботу.

До виходів ПЛК під'єднаємо електромагнітні реле пневматичних розподільвачів, що відповідають за піднімання та опускання рук, поворот вліво та вправо рук. Решта пневматичні розподільвачі будуть підключатись через модулі виводу. Вільні виходи ПЛК будуть використовуватись для додаткового обладнання, в нашому випадку подача сигналу на конвеєр та верстати.

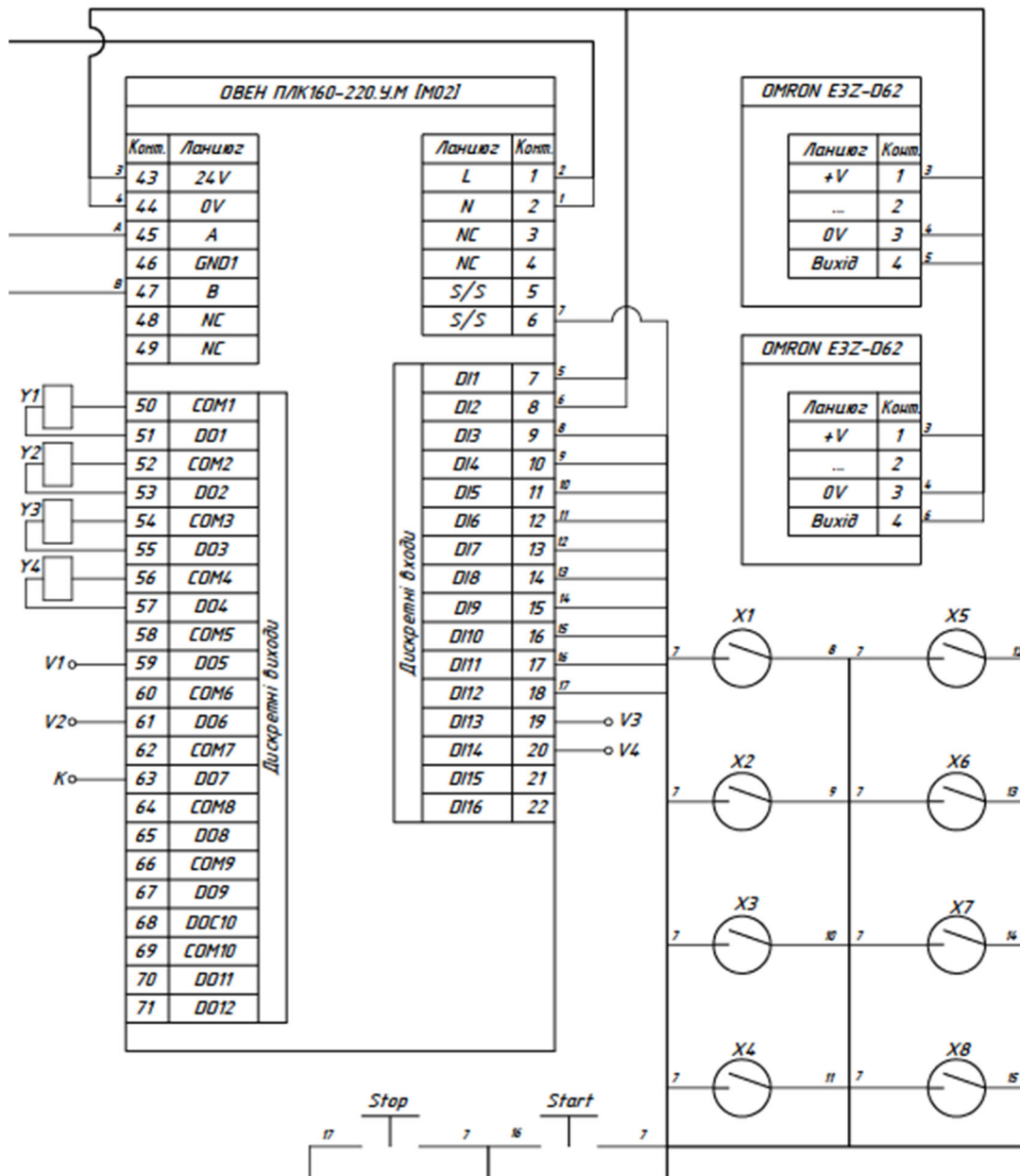


Рисунок 3.4 - Підключення ПЛК160 у електричній схемі

Використаємо два однакові модулі виводу замість одного великого з метою оптимізації системи керування, кожен модуль буде відповідати за ліву або праву руку. За такої схеми підключення (рис. 3.5) систему керування можна використати і для інших промислових роботів-маніпуляторів з однією рукою.

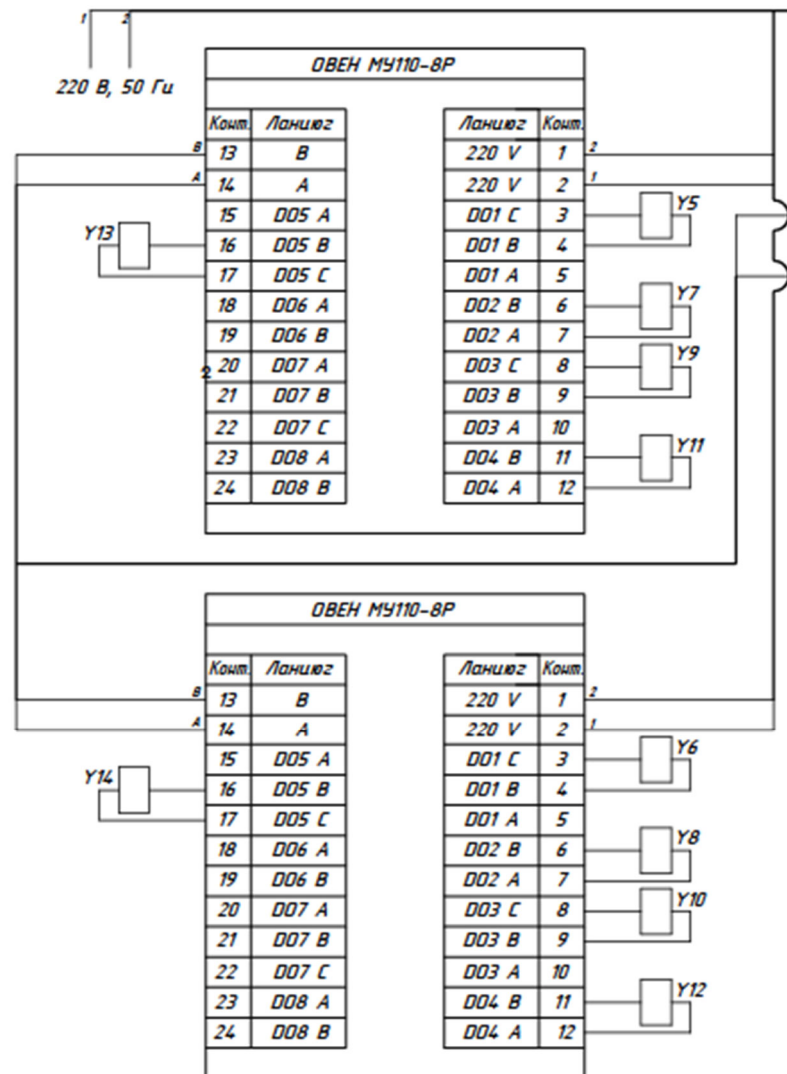


Рисунок 3.5 - Схема підключення модулів виводу

На перший модуль підключено живлення 220 В, керуючий канал до ПЛК160. На перший вихід підключено електромагнітне реле пневматичного розподільвача, що відповідає за витягування лівої руки. На другий вихід – втягування лівої руки. На третій та четвертий вихід – відповідно поворот захвату лівого за годинниковою стрілкою та поворот проти годинникової стрілки. На п'ятий вихід під'єднано пневматичний привід затиску захвату. Шостий, сьомий та восьмий виходи можна використовувати для додаткового обладнання, наприклад для більш складнішого захвату. Інший модуль виводу підключається аналогічно як перший, проте керувати він буде вже правою рукою.

Повна електрична схема підключення компонентів системи керування представлено у Додатку Б.

Створюємо новий проект у «CODESYS» обираємо конфігурацію ПЛК160 та мову програмування ST[15] (рис. 3.6).

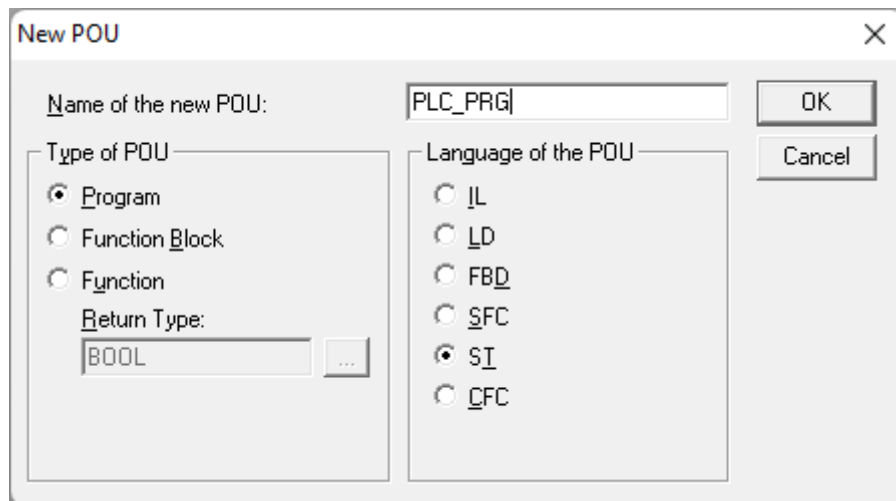


Рисунок 3.6 - Вікно вибору мови програмування

Далі оголошуємо усі змінні, що будуть використовуватись у програмі: , що будуть використовуватись у програмі: Y1-Y14 – змінні для керування пневматичними розподільниками; start, stop, base – змінні кнопок; J1-J17 – змінні кнопок ручного керування. Варто зауважити, що змінні X1-X8, які відповідають за сигнал з кінцевих датчиків не оголошуються, оскільки вони будуть глобальними змінними і оголошуються при конфігурації виходів ПЛК. Змінні n та z це лічильники оброблених деталей та заготовок відповідно.

```

PLC_PRG (PRG-ST)
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     Y1:BOOL:=FALSE; (*Підйом рук*)
0004     Y2:BOOL:=FALSE; (*Опускання рук*)
0005     Y3:BOOL:=FALSE; (*Поворот вліво*)
0006     Y4:BOOL:=FALSE; (*Поворот право*)
0007     Y5:BOOL:=FALSE; (*Витягування лівої руки*)
0008     Y6:BOOL:=FALSE; (*Витягування правої руки*)
0009     Y7:BOOL:=FALSE; (*Втягування лівої руки*)
0010     Y8:BOOL:=FALSE; (*Втягування правої руки*)
0011     Y9:BOOL:=FALSE; (*Поворот + лівого захвату*)
0012     Y10:BOOL:=FALSE; (*Поворот + правого захвату*)
0013     Y11:BOOL:=FALSE; (*Поворот - лівого захвату*)
0014     Y12:BOOL:=FALSE; (*Поворот - правого захвату*)
0015     Y13:BOOL:=FALSE; (*Замиск лівого захвату*)
0016     Y14:BOOL:=FALSE; (*Замиск правого захвату*)
0017     start:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Старт"*)
0018     stop:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Стоп"*)
0019     base:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Початкове положення"*)
0020     J1:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Вверх"*)
0021     J2:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Вниз"*)
0022     J3:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Вліво"*)
0023     J4:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Вправо"*)
0024     J5:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Витягування лівої руки"*)
0025     J6:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Витягування правої руки"*)
0026     J7:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Втягування лівої руки"*)
0027     J8:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Втягування правої руки"*)
0028     J9:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Поворот + захвату лівого"*)
0029     J10:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Поворот + захвату правого"*)
0030     J11:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Поворот - захвату лівого"*)
0031     J12:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Поворот - захвату правого"*)
0032     J13:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Захват лівий"*)
0033     J14:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Захват правий"*)
0034     J15:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Центр"*)
0035     J16:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Центр"*)
0036     J17:BOOL:=FALSE; (*Кнопка "Центр"*)
0037     V1:BOOL:=FALSE; (*Сигнал на верстат №1*)
0038     V2:BOOL:=FALSE; (*Сигнал на верстат №2*)
0039     K:BOOL:=FALSE; (*Сигнал на конвеєр*)
0040     X:REAL:=0;
0041     step:INT:=1;
0042     n:INT:=0;
0043     z:INT:=100;
0044 END_VAR
0045
0046

```

Рисунок 3.7 - Оголошення змінних

Щоб визначити змінні для входів та виходів ПЛК, на вкладці «Ресурси» обираємо «Конфігурація ПЛК» обираємо дискретні входи та задаємо для них змінні згідно із електричною схемою розробленою раніше. Аналогічні операції проводимо для дискретних виходів. Тут додаємо два модулі виводу та задаємо їх дискретні виходи. В результаті таких маніпуляцій всі необхідні виходи та входи будуть визначені у вікні «Конфігурація ПЛК» (рис. 3.8) відповідно до електричної схеми.

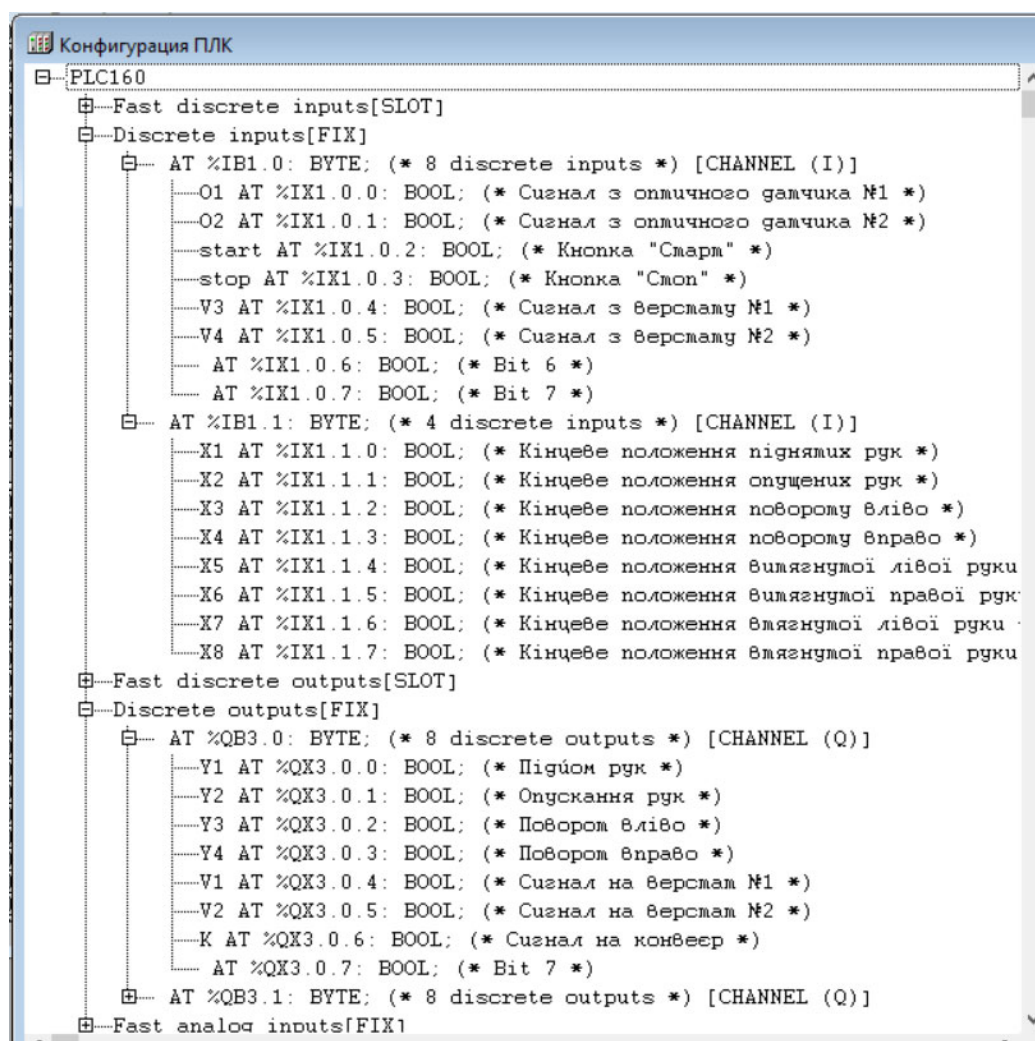


Рисунок 3.8 - Вигляд вікна «Конфігурація ПЛК»

Орієнтуючись на розроблені раніше блок-схеми програмуємо наш ПЛК на мові ST. Код готової програми наведено у Додатку В.

3.3. Симуляція роботи системи керування на прикладі роботизованого комплексу

Через певні фактори та чинники, що пов'язані з військовим станом та перебоями у енергосистемі реалізувати та перевірити на практиці розроблену систему керування промисловим роботом-маніпулятором «Циклон-3Б» не вистачило часу, тому було вирішено зробити візуалізацію роботи системи керування на прикладі роботизованого комплексу, що виконує механічну обробку.

У системі автоматизованого проектування SolidWorks було спроектовано тривимірну модель промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б» (рис. 3.9). Модель є умовною, оскільки не вдалось знайти креслення в нормальному стані, проте забезпечено правильне взаємне переміщення ланок.

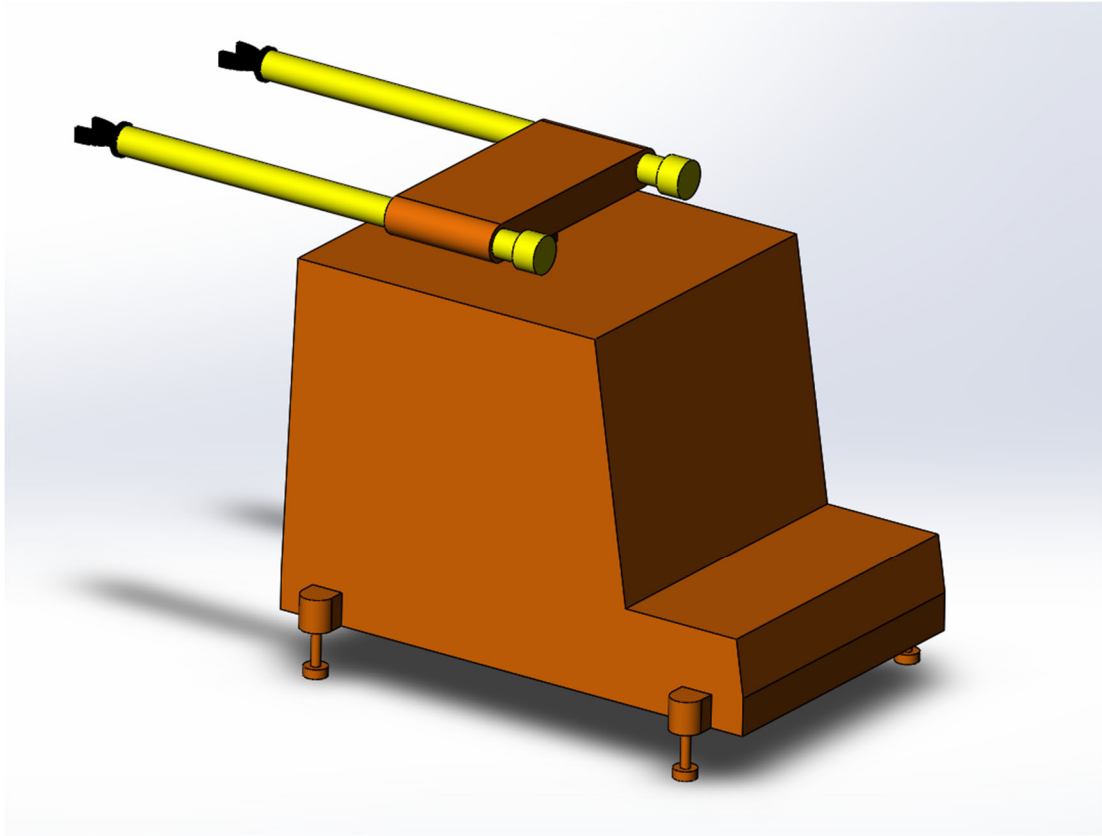


Рисунок 3.9 - Тривимірна модель промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б»

Далі було спроектовано роботизований комплекс (рис. 3.10), що складається із самого робота розміщеного на площині (умовно підлозі), стрічкового конвеєру та двох токарних верстатів з ЧПУ.

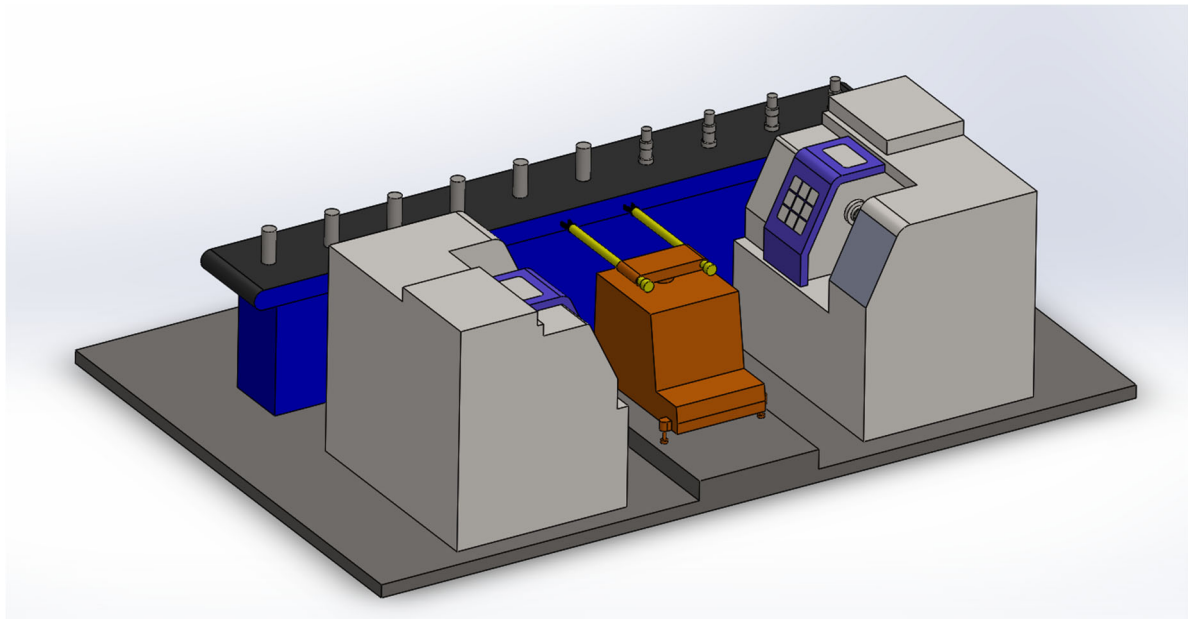


Рисунок 3.10 - Роботизований комплекс

У САПР SolidWorks існує модуль «Дослідження руху» за допомогою якого можна приводити до руху елементи збірок. Для того, щоб змусити нашій комплекс рухатись створимо набір взаємозв'язків між деталями (рис. 3.11), що будуть відповідати за спрацювання пневматичних розподільників. Одна частина їх буде активна, інша погашена. Змінюючи в часі стан взаємозв'язків роботизований комплекс буде рухатись. В якості періоду зміни стану взаємозв'язків обрано дві секунди, тобто якщо поглянути на циклограму (табл. 3.1), то час виконання кожного ходу буде дві секунди.

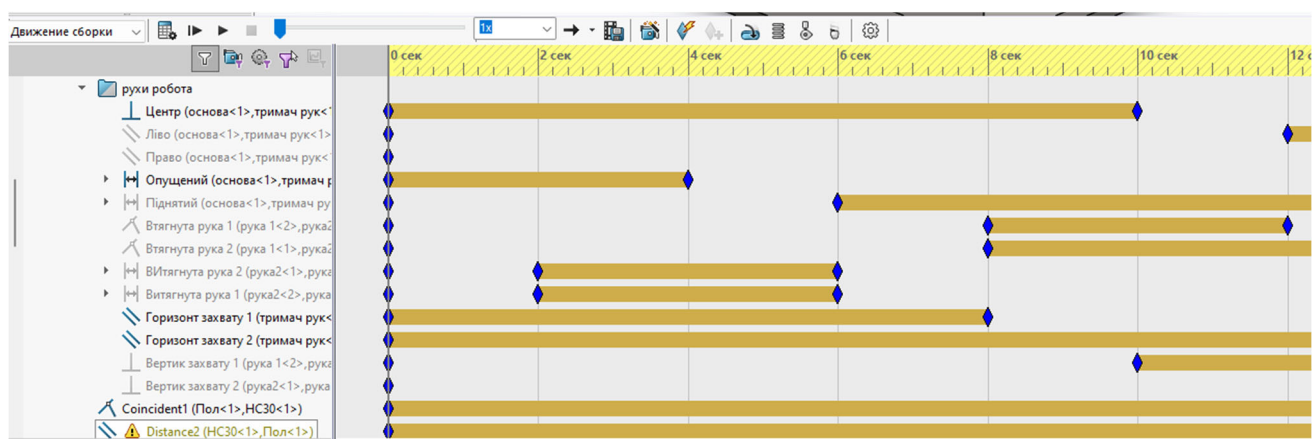


Рисунок 3.11 - Вікно керування рухом промислового робота

Задавши весь цикл роботи промислового робота, оглядаємо анімацію корегуємо за потреби та генеруємо відеоролик (рис. 3.12) із необхідним розширенням та

частотою кадрів в секунду. Надалі відеоролик використається у презентаційних матеріалах на захисті дисертації.

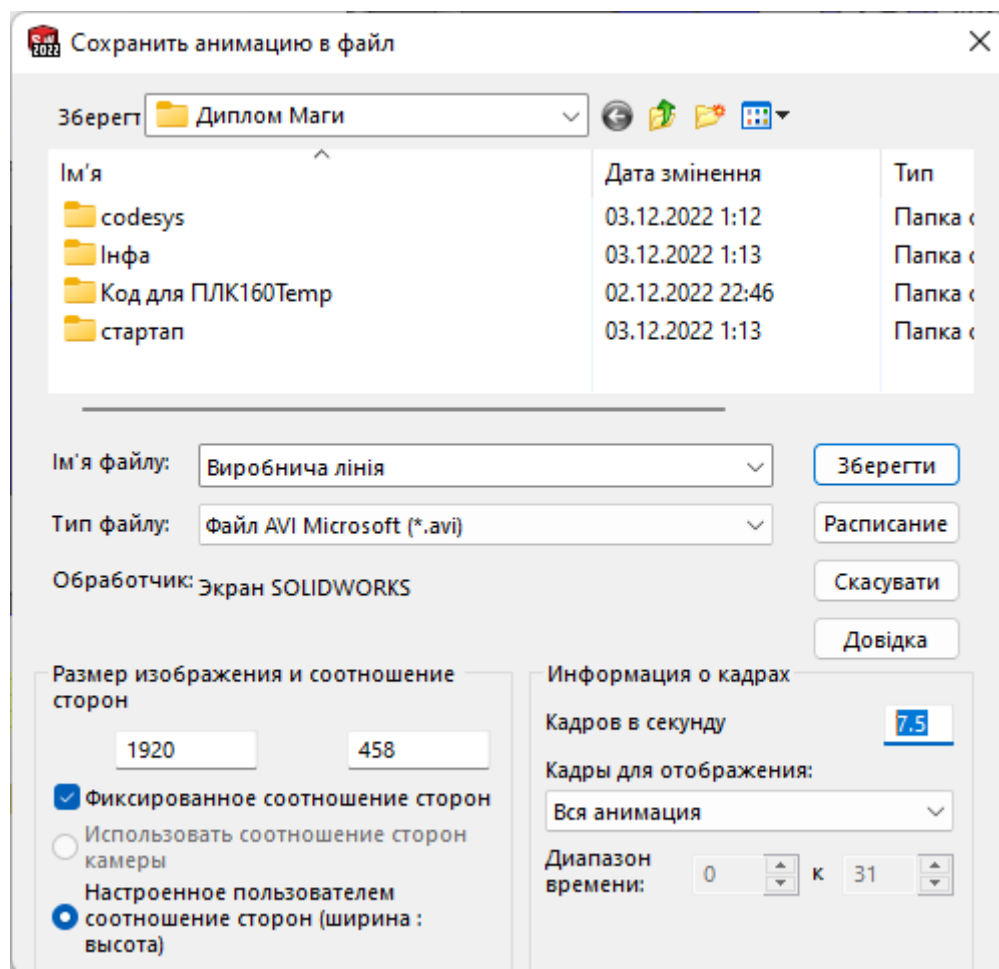


Рисунок 3.12 - Збереження анімації

3.4. Розробка панелі керування

Бувають випадки у яких необхідно керувати промисловим робот в ручному режимі. Для цього створимо панель керування роботизованим комплексом у середовищі «CODESYS».

Перерахуємо елементи, що будуть знаходитись на панелі керування:

- Кнопка «Старт»;
- Кнопка «Стоп»;
- Кнопка «Початкове положення»;
- Кнопка «Вверх»;

- Кнопка «Вниз»;
- Кнопка «Вліво»;
- Кнопка «Вправо»;
- Кнопка «Центр»;
- Кнопка «Витягування лівої руки»;
- Кнопка «Втягування лівої руки»;
- Кнопка «Поворот + лівого захвату»;
- Кнопка «Поворот - лівого захвату»;
- Кнопка «Захват лівий»;
- Кнопка «Відпустить захват лівий»
- Кнопка «Витягування правої руки»;
- Кнопка «Втягування правої руки»;
- Кнопка «Поворот + правого захвату»;
- Кнопка «Поворот - правого захвату»;
- Кнопка «Захват правий»;
- Кнопка «Відпустить захват правий».

Перейдемо на вкладку «Візуалізація» та додамо нову візуалізацію в проект. У вікні, що з'явилося, розташуємо всі необхідні кнопки та додамо індикатори-лампочки, це необхідно для перевірки працездатності панелі керування та зумовлено не можливістю фізичного підключення до ПЛК160. Викликавши вікно конфігурації елемента, прив'яжемо до нього змінну (рис. 3.13). Виконаємо дану операцію для всіх елементів. В результаті отримали панель керування, що зображено на скріншоті (рис. 3.14) з програми «CODESYS».

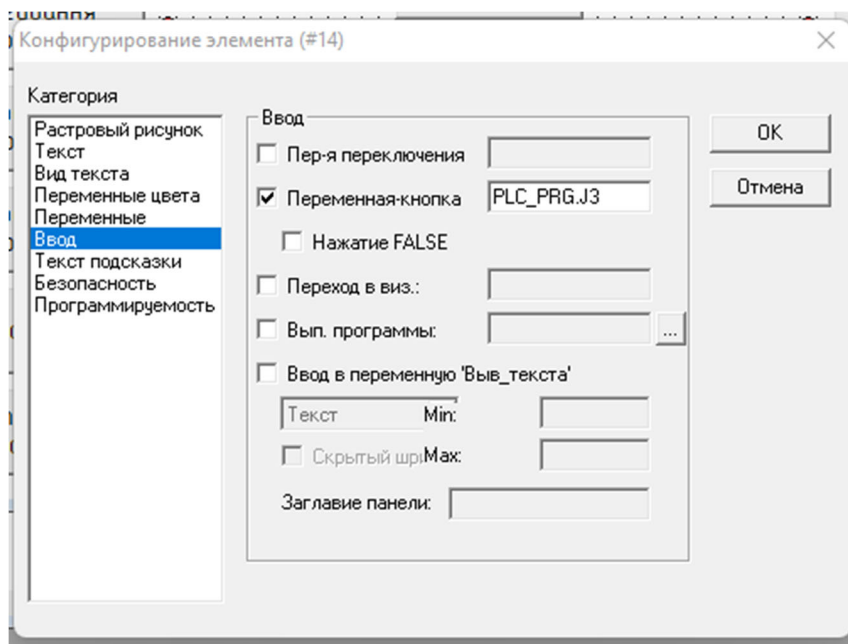


Рисунок 3.13 - Прив'язка змінної до елемента

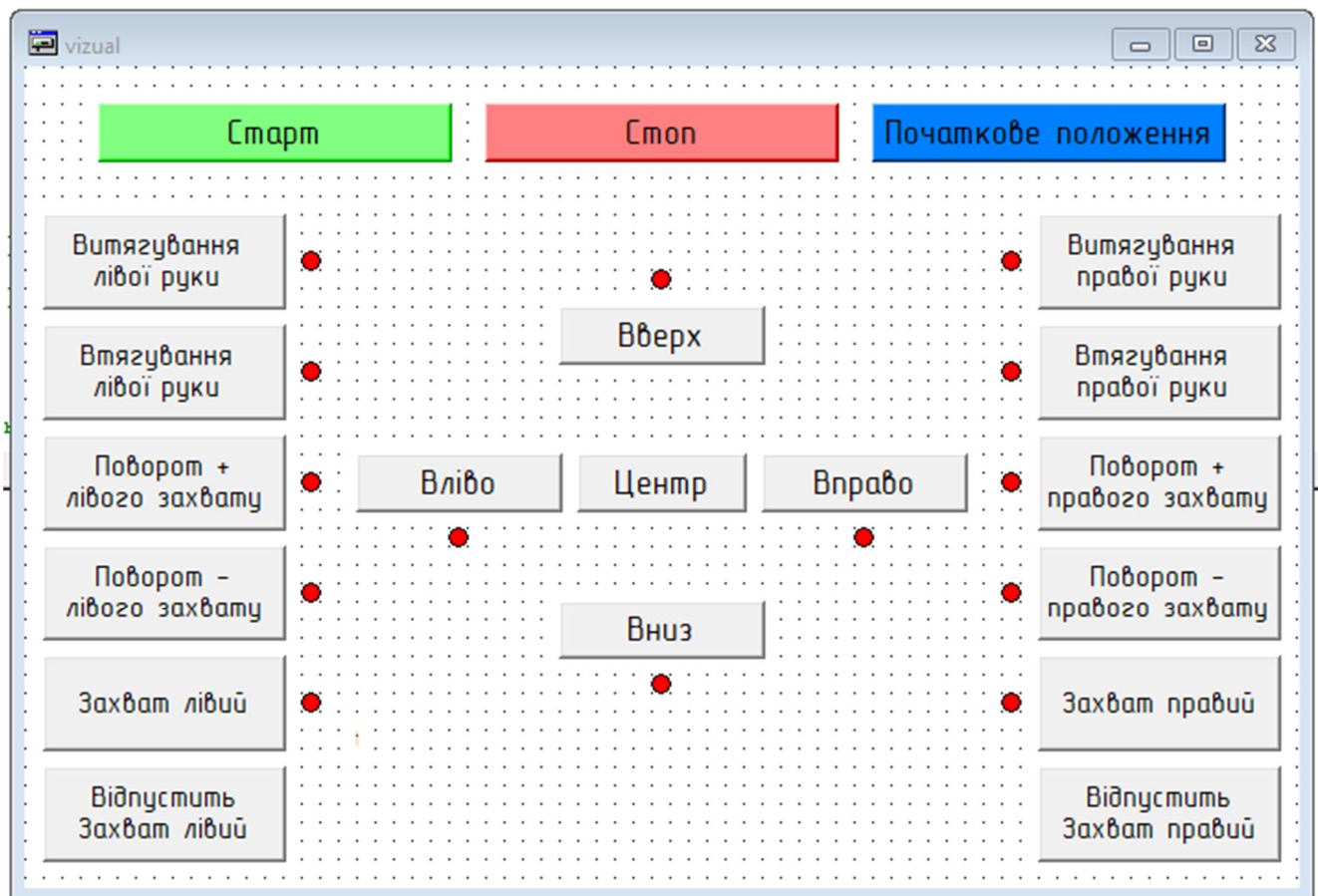


Рисунок 3.14 - Панель керування промисловим роботом-маніпулятором
«Циклон-3Б»

Висновок до розділу 3

До даного розділу можна зробити висновки:

1. Було розроблено циклограму роботи промислового робота для довільного технологічного процесу завантаження заготовок та складено електричну схему підключення системи до робота для реалізації автоматизованої системи керування промисловим роботом-маніпулятором.
2. Було створено алгоритм у вигляді блок-схем для написання керуючого коду програми.
3. Було створено анімацію роботи роботизованого комплексу у складі якого розміщений промисловий робот «Циклон-3Б» із розробленою системою керування для презентації на захисті роботи.
4. Було розроблено панель керування для запуску роботи промислового робота та для здійснення ручного керування ним.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ»

4.1. Опис ідеї проекту та її технологічний аудит

Ідея проекту полягає у створенні автоматизованої системи керування промисловим роботом-маніпулятором, яка може бути пристосована до будь-якої застарілої моделі робота та використовуватись для підвищення ефективності виробництва. Для створення стартап-проекту використано методичні матеріали[16].

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробити універсальну автоматизовану систему керування промисловим роботом-маніпулятором	Автоматизація промислових робіт на виробництві	Менша вартість у порівнянні із покупкою нового обладнання
	Використання даної системи у навчальних цілях	Можливість інтегрувати застаріле обладнання до нового
	Створення роботизованих комплексів	Збереження обладнання, що може бути цінне для користувача, наприклад, перший верстат з якого розпочалась історія компанії

Отже, пропонується новий спосіб підвищення ефективності виробництва за рахунок автоматизації системи керування застарілими промисловими роботами-

маніпуляторами за невеликі витрати фінансів, а також, забезпечення навчальних установ можливості використання системи у навчальних цілях.

Провели аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів, а саме, визначили перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї, визначили попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та провели збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї, визначили показники, що мають гірші, аналогічні та кращі значення (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральн а сторона	S (сильна сторона)
		Мій проект	ТОВ «Дніпро- петровський ливарно – ма- шинобудівни й завод»	ПрАТ «Плутон»			
1.	Унікальність властивості	Широкий спектр обладнанн я	Свої виробничі потужності	Незалежні від постачальник ів	-	-	-
2.	Рівень технології	Малий	Високий	-	+	-	-
3.	Наявність патентів	Захищени й патентами	-	-	-	-	+
4.	Канали продажу	Відсутні	Налагоджені канали	Неважливо	+	-	-
5.	Обсяг ринку	Не відомий ринку	Вже займає велику долю	Працює із постійними клієнтами	-	+	-

Закінчення табл. 4.2

6.	Ціна продукту	Середня ціна	Низька ціна	Середня ціна	-	+	-
----	---------------	--------------	-------------	--------------	---	---	---

За результатами аналізу техніко-економічних показників ідеї у порівнянні з конкурентами наша ідея має свої переваги, проте на початку його розвитку буде важко, оскільки ринок уже наповнений продуктом конкурентів, тому необхідно буде докласти зусиль для розповсюдження свого продукту в маси.

Для визначення технологічної здійсненності ідеї проекту проаналізували складові які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Скласти систему керування	Використання ПЛК, МВ, провідників, кнопок	Наявна	Можна купити
2.	Забезпечити «зором» робота	Використати оптичний датчик	Наявна	Можна купити
3.	Створити керуючу програму	Написати код в CODESYS	Самостійна реалізація	Програмне забезпечення безкоштовне
4.	Випробування системи керування	Підключити до промислового робота	Самостійна реалізація	Робот є на кафедрі

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що наш проект є реальним у реалізації. Усі необхідні електроні компоненти можна купити, програмне забезпечення є безкоштовним, а для випробувань можна використати промисловий робот-маніпулятор, що є в навчальній лабораторії кафедри.

У таблиці 4.4 зображено інформаційну карту, де можна ознайомитись із усією інформацією по ідеї стартап-проекту.

Таблиця 4.4.

Інформаційна карта

Назва блоку	Характеристика
Загальна характеристика стартап-проекту	
Назва стартап-проекту	«Нова ера виробництва»
Проблематика, яку вирішує стартап-проект	Багато заводів, університетів мають застаріле малоефективне обладнання: маніпулятори, верстати та інше, але замінити на нове не мають змоги, стартап-проект має на меті модернізувати застаріле обладнання, підвищити його ефективність та ресурс роботи, за невеликі кошти
Головні цілі та завдання проекту	Створення MVP Створення універсального алгоритму для модернізації кожної групи обладнання Створення алгоритмів по модернізації для університетів із залученням студентів Створення власного виробництва для виробництва аналогів іноземних компонентів
Головні цільові групи, на які спрямований проект	Заводи та виробництва із застарілим обладнанням, лабораторії університетів, що мають застаріле обладнання
Автори та команда стартап-проекту	
Автори стартап-проекту	Гайдай Володимир – автор ідеї
Команда стартап-проекту	Гайдай Володимир – людина-продукт Петренко Микола – людина-ресурси Пташник Олексій – програміст, електронщик
Опис продукту стартап-проекту	
Назва та коротка характеристика мінімального життєздатного продукту стартапу	Модернізація промислового робота-маніпулятора «Циклон 3Б»

Продовження до табл. 4.4

Сфера застосування та функціональне призначення продукту	Використовується на виробництві для переміщення заготовок/деталей, встановлення заготовок на верстати та зняття деталей з верстатів
Опис унікальних властивостей продукту стартапу	Маніпулятор працюватиме на пневматиці, що забезпечить меншу вагу Новий блок керування з підключенням до портативного комп'ютера Обладнавши маніпулятор оптичним датчиком можна використовувати для сортування деталей
Стадія розробки продукту стартапу	Проект знаходиться на стадії: ідеї. Подальший розвиток: робочий проект (модернізований «Циклон 3Б»), дослідний зразок інших груп обладнання: металообробних верстатів, транспортного обладнання та ін., серійна програма модернізації обладнання під одним середовищем
Технічні характеристики	Поетапний алгоритм модернізації Компоненти необхідні для модернізації Програмне забезпечення для керування
Супровід продукту	Сервісне обслуговування модернізованого обладнання Навчання операторів
Забезпечення стартап-проекту	
Необхідні ресурси	Фінансові ресурси на зарплатню фахівців, рекламу продукту, оренду приміщення та ін. Матеріальні ресурси: портативні комп'ютери, ручний інструмент, електронні компоненти.
Потреба в інвестиціях	25000 USD
Інтелектуальна власність	Корисна модель на промисловий робот-маніпулятор, форма захисту – патент, термін дії – 5 років.
Результати стартап-проекту	
Термін реалізації стартап-проекту	12 місяців
Планові кількісні показники стартап-проекту	Залучення до проекту 7 найманих фахівців. Реалізація 10 проектів по модернізації обладнання.

Завершення табл. 4.4

Якісні показники стартап-проекту	Зниження витрат на 25 %.
Загальні очікувані результати	Підвищення ефективності виробництва загалом по країні

4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначили ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Спочатку проведено аналіз попиту, а саме, наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, що наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10000000/10
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільна
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність компаній із схожими послугами
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ 3273-95
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60

За попереднім оцінюванням ринок є привабливим для входження стартап-проекту, це зумовлено невеликою кількістю гравців та високим відсотком рентабельності в галузі, однак варто врахувати, що невелика кількість гравців може свідчити про доволі малий попит на дану послугу або тільки новизну даного продукту.

Надалі визначили потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуvalи орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.6).

Таблиця 4.6.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність у підвищенні ефективності виробництва	Виробництва усіх розмірів	Великі компанії не розглядають даний продукт, оскільки їм легше придбати нове обладнання	Висока якість, Низька ціна
2	Необхідність у підтримці працездатності обладнання у навчальних установах	Університети, технічні коледжі та училища	Клієнти не мають достатнє фінансування	Низька ціна, Якісний та практичний продукт

Проаналізувавши потенційні групи клієнтів та їх вимоги до товару, можна забезпечити нашій продукт характеристиками, що задовільнять клієнтів. У ідеї самого стартап-проекту вже закладено необхідність досягнення низької ціни та високої якості продукту.

Розробка кожного стартап-проекту вимагає аналізу можливих факторів загроз, що можуть вплинути на проект, та факторів можливостей, що допоможуть проекту. Готовність компанії до можливих загроз підвищить швидкість реалізації проекту.

Перелік можливих загроз для проекту наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Малий ринок	На ринку може не бути місця для продукту	Активна рекламна компанія для розповсюдження продукту
2.	Проблеми з комплектуючими	Необхідні комплектуючі можуть бути відсутні або коштувати дорого через їх рідкість	Завчасне передбачення, та використання популярних комплектуючих

Завершення табл. 4.7

3.	Інвестиції	Можливо важко знайти інвестиції, оскільки сфера використання продукту досить мала	Переконати інвесторів у важливості продукту
----	------------	---	---

В результаті, основною загрозою є малий ринок для реалізації продукту, необхідно добре постаратись, щоб популяризувати товар. Також не рекомендовано відкидати проблеми з комплектуючими та інвестиціями. Хоч і загрози існують, проте компанія готова до їх вирішення.

Поряд із існуванням загроз існують і можливості (табл. 4.8).

Таблиця 4.8.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Інновації	Принесення на ринок інноваційних технологій	Вкладатись у інноваційні напрямки
2.	Попит серед навчальних установ	Через програму співпраці можливий попит від навчальних установ	Підтримувати даний вектор співпраці
3.	Універсальність	Оскільки система є універсально, то можливо її пристосування під інші продукти	Створення експериментального відділу

Розглянуті фактори дадуть можливість для стартап-проекту закріпитись на ринку та створювати на ньому тенденції до розвитку продуктів, що дасть першість у даній галузі.

Було проведено аналіз конкуренції на ринку, це дало змогу визначити загальні риси конкуренції на ринку (табл.4.9).

Таблиця 4.9.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Ефективна	За рахунок інновацій підвищується якість продукції	Легко вийти на ринок оскільки відсутня монополія
Національний	Компанії лише на ринку країни	Необхідно слідкувати за компаніями із усієї країни
Міжгалузевий	Не зациклюється на одній галузі	Надання більш якісного продукту для групи підприємств
Товарно-видова	Конкуренція тільки в даній групі товарів	Попереду всіх так як у конкурентів це не основний вид діяльності
Не цінова	Підвищення якості продукції	Спроби здешевлення послуги за рахунок локалізації компонентів

Проаналізувавши конкуренцію на ринку можна дійти висновку, що можливо конкурувати із конкурентами продуктом, що було розроблено. Головна перевага у нашої компанії, у тому, що вона буде спеціалізуватись саме на потрібному продукті, а не займатись ним як додатковим видом діяльності, як конкуренти.

В таблиці 4.10 досліджено існуючі фактори конкурентоспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 4.10.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Інноваційність	Застосування інноваційних технологій надає перевагу продукту
2	Спеціалізація	Фокусування компанії на єдиному продукті
3	Універсальність	Надання продукту універсальних характеристик дозволяє пристосовувати його до інших типів обладнання
4	Ремонтопридатність	Можливість ремонту продукту за рахунок використання популярних компонентів, тобто широко розповсюджених

За факторами конкурентоспроможності, проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.11).

Таблиця 4.11.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Іноваційність	15						+	
2	Технологічність	18			+				
3	Ціна	12				+			

З таблиць 4.10 та 4.11 видно, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок автоматизації системи керування. Основною перевагою та головним досягненням є інноваційність, універсальність та ремонтпридатність.

Проаналізуємо сильні та слабкі сторони стартап проекту, врахуємо можливості та загрози для цього базуючись на таблицях 4.2, 4.7, 4.8 та 4.9 створили SWOT-аналізу (табл. 4.12).

Таблиця 4.12.

SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Універсальність 2. Технологічність	Слабкі сторони: 1. Відсутність виробництва 2. Немає авторитету в клієнта
Можливості: 1. Співпраця з клієнтами 2. Розвиток технологій	Загрози: 1. Зниження попиту 2. Витіснення конкурентами з ринку

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	3-5 місяців
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Середня	4 місяців
3	Стратегія виходу з ринку	Низька	

З зазначених альтернатив обираємо стратегію №2, а саме, компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями. Хоч і ймовірність отримання ресурсів середня, проте строк реалізації менший за стратегію №1.

4.3. Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку та опису цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Виробничі компанії	Готові	Високий	Висока	Проста
2	Навчальні установи			Низька	Проста
Які цільові групи обрано: виробничі компанії Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати з першою групою					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрано першу групу, а саме, виробничі компанії, оскільки саме вони будуть становити основну частку клієнтів та вони готові платити.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Стратегія спеціалізації	Стратегія диференціації	Універсальність, технологічність	Стратегія диференціації

В результаті аналізу визначення базової стратегії розвитку обрано стратегію диференціації, тому що вона надає продукту відмінності важливі для користувача. Плюси стратегії диференціації полягають у зниженні ступеня можливості замінити товар, підвищенні порогу входу на ринок та підвищенні рентабельності.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Забирати існуючих	Ні	Стратегія лідера

Проаналізувавши базову стратегію конкурентної поведінки була обрана стратегія лідера.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.17). що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 4.17

Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувані комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Підвищення ефективності	Стратегія диференціації	Універсальність, технологічність	<i>Технологічно, ефективно, перевірено</i>

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

Підсумовуючи було створено бізнес модель стартап-проекту (рис. 4.1), де вказано проблему та її рішення, ключових партнерів та клієнтів та ін.

Фора <i>Для університетів ми надаємо алгоритм по модернізації, який можна буде використовувати у навчальних цілях</i>	Рішення <i>Модернізація старого обладнання з використанням нових технологій та продовження його терміну служби</i>	Проблема <i>Проблема полягає в тому що, багато виробництв та університетів не можуть дозволити новітнє обладнання через його високу вартість</i>	Стартап <i>Нова ера виробництва</i> Стратегія <i>Від клієнта</i>
---	--	--	---

Ключові партнери <i>Ключовими партнерами будуть компанії які займаються виробництвом електронних компонентів та компанії що займаються збутом підтриманого обладнання</i>	Ключові види діяльності <i>Розробка універсального алгоритму з модернізації обладнання, виконання модернізації, налаштування та сервісне обслуговування</i>	Ціннісна пропозиція <i>Споживачі за невелику плату отримують модернізоване обладнання, що підвищує ефективність виробництва</i>	Взаємовідносини з клієнтами <i>Тісні зв'язки для покращення, та оновлення продукту.</i>	Споживчі сегменти <i>Виробництва, переважно старі. Університети</i>
	Ключові ресурси <i>Плати керування, датчики, провідники та ін.</i>		Канали збуту <i>Через промислові форуми, журнали, конференції</i>	
Структура витрат <i>Розроблення власних технологій з модернізації, заробітна плата персоналу, витрати на ресурси: плати керування, датчики, провідники та ін.</i>			Потоки доходів <i>Надання послуги з модернізації, а також їх обслуговування.</i>	

Рисунок 4.1. Бізнес модель проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару (рис. 4.18).

Таблиця 4.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Універсальність	Використання популярних комплектуючих	Можливість самостійної заміни зламаних компонентів на нові, що легко придбати
2	Інноваційність	Інноваційні рішення	Використання інноваційних рішень та технологій у продукті

Як висновок, можна вважати вагомими перевагами проекту використання популярних комплектуючих та інноваційних рішень.

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточняється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Інноваційність	Нм	Тх
	2.Низька вартість	М	Е
	3.Універсальність	Нм	Тх
	4.Доступність	Нм	Ор
	Якість: відповідає нормам ДСТУ 3273-95		
	Пакування: набір електронних компонентів з програмним забезпеченням		
III. Товар із підкріпленням	Марка: Ера автоматизації		
	До продажу: використання алгоритму		
	Після продажу: повний супровід товару		

Підсумовуючи можна сказати, що товар у реальному виконанні відповідає основній частині товару за задумом.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500000-1000000 грн	400000-600000 грн	700000-1500000 грн	200000-700000 грн

Було визначено межі встановлення ціни, для цього було враховано рівні цін на товари замітники, аналоги, було враховано рівень доходів цільової групи споживачів. В результаті запропоновано верхню та нижню межі ціни на послугу.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Економія витрат	Пропонувати вигідні продукти	Пряма	Напряму до клієнта
2	Інноваційність	Постійна підтримка інноваційності	Пряма	Напряму до клієнта

Оптимальна система збуту є напряму до клієнта, оскільки пропонується не готовий продукт, а рішення по автоматизації системи керування промисловим роботом-маніпулятором.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.22).

Таблиця 4.22

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Бажання за невеликі кошти отримати вирішення проблем з автоматизації	Міжнародні конференції, експозиції, промислові форуми	Невисока вартість, простота	Донести до цільових клієнтів можливість задоволення їх потреб	«Наша система допоможе вам»

В результаті отримали маркетингову програму стартап-проекту, визначили ціни та опрацювали систему збуту.

4.4. Організація реалізації стартап-проекту

Особливу увагу при реалізації проекту варто приділити команді. Важливо правильно розподілити обов'язки та терміни виконання поставлених задач усіма учасниками проекту. В таблиці 4.23 Представлено команду проекту та завдання, що кожен виконує на кожному етапі проекту.

Таблиця 4.23.

Список учасників стартап-проекту

Стадія стартапу	Завдання учасників	Учасники команди	Освіта	Досвід роботи	Спеціалізовані знання	Витрати, тис. грн
Pre-seed	Згенерувати ідею продукту, на основі комп'ютерного моделювання сформуванню модель прототипу	Стартапер	Вища технічна	У стартапуванні 2 роки, інженера-конструктора 2 роки	Інженерні, Знання програмування	12
Startup stage	Виконати аналіз ринку, та проаналізувати доцільності даного стартапа	Бізнес-аналітик	Вища технічна	У стартапуванні 1 рік, Бізнес-аналітиком 2 роки	Професійні знання в сфері аналітики	14
MVP	Створення технологічного завдання	Бізнес-аналітик	Вища технічна	У стартапуванні 1 рік, Бізнес-аналітиком 2 роки	Професійні знання в сфері аналітики	14
	Розробка інженерної частини стартапу, створення прототипу	Стартапер	Вища технічна	У стартапуванні 2 роки, інженера-конструктора 2 роки	Інженерні, Знання програмування	12

Продовження до табл. 4.23

	Створення основного алгоритму роботи, продумовування та розробка системи зі сторони програмування	Senior Програміс т	Вища техніч а	У стартапуван ні відсутній, у програмуванн і – 2 роки	Професійний досвід в сфері програмування, та знання в алгоритмізації проекту	15
	Написання коду, допомога senior програмісту	Програміс т	Вища техніч на(мо жливо незакін чена)	У стартапуван ні відсутній, у програмуванн і – 1 рік	Базові знання програмування	8
Product-market fit & product-channel fit	Тестування прототипу, виявлення помилки	Тестуваль ник	Вища техніч а	У стартапуван ні 1 рік, у тестуванні – 1 рік	Знання технологій тестування	8
	Усунення помилки з інженерної сторони проєкту	Стартапер	Вища техніч а	У стартапуванні 2 роки, інженера- конст- руктора 2 роки	Інженерні, Знання програмування	12
	Усунення помилок з програмної сторони проєкту	Senior Програміс т	Вища техніч а	У стартапуван ні відсутній, у програмуванн і – 2 роки	Професійний досвід в сфері програмування, та знання в алгоритмізації проекту	15

Продовження до табл. 4.23

Death of valley	Вдосконалення продукту	Команда стартапу	-	-	-	20
	Надання підтримки зі сторони інвестування, та експертної думки	Бізнес-янгели	-	-	-	-
	Інвестування проекту	Інвестори	-	-	-	-
Стадія запуску продукту	Пояснення продукту клієнту доступною мовою	Клієнт-менеджмент	-	У стартапуванні – 1 рік, у роботі з клієнтами – 5 роки	Професійний досвід в роботі з клієнтами	9
	Вдосконалення продукту	Команда стартапу	-	-	-	20
	Тестування вдосконалень	Тестувальник	Вища технічна	У стартапуванні 1 рік, у тестуванні – 1 рік	Знання технологій тестування	8
	Вирішення юридичних питань	Юрист	Вища юридична	В юридичній сфері – 5 років	Знання законів, та основних юридичних нюансів	14
	Слідкувати за коштами, формування звітів	Бухгалтер	Вища економічна	В економічній сфері – 3 років	Знання бухгалтерської справи	12

Продовження до табл. 4.23

Стадія зростання та розширення	Розширення клієнтської бази, пояснення продукту клієнту доступною мовою	Клієнт-менеджмент	-	У стартапуванні – 1 рік, у роботі з клієнтами – 5 роки	Професійний досвід в роботі з клієнтами	9
	Вдосконалення продукту, придумовування нових можливо	Команда стартапу	-	-	-	25
	Тестування вдосконалень	Тестувальник	Вища технічна	У стартапуванні 1 рік, у тестуванні – 1 рік	Знання технологій тестування	8
	Вирішення юридичних питань	Юрист	Вища юридична	В юридичній сфері – 5 років	Знання законів, та основних юридичних нюансів	14
	Слідкувати за коштами, формування звітів	Бухгалтер	Вища економічна	В економічній сфері – 3 років	Знання бухгалтерської справи	12
Стадія введення бізнесу	Оптимізації роботи компанії, контролювання роботи	Директор	Вища освіта менеджера	На управлінській посаді- 7 років	Знання управління персоналом	24
	Розширення клієнтської бази, пояснення продукту клієнту доступною мовою	Клієнт-менеджмент	-	У стартапуванні – 1 рік, у роботі з клієнтами	Професійний досвід в роботі з клієнтами	9

Завершення табл. 4.23

	<i>Вдосконалення продукту, придумовування нових можливо</i>	<i>Команда стартапу</i>	-	-	-	25
	<i>Тестування вдосконалень</i>	<i>Тестувальник</i>	<i>Вища технічна</i>	<i>У стартапуванні 1 рік, у тестуванні – 1 рік</i>	<i>Знання технологій тестування</i>	8
	<i>Вирішення юридичних питань</i>	<i>Юрист</i>	<i>Вища юридична</i>	<i>В юридичній сфері – 5 років</i>	<i>Знання законів, та основних юридичних нюансів</i>	14
	<i>Слідкувати за коштами, формування звітів</i>	<i>Бухгалтер</i>	<i>Вища економічна</i>	<i>В економічній сфері – 3 років</i>	<i>Знання бухгалтерської справи</i>	12

Завдяки таблиці 4.23 легко можна буде контролювати виконання стартап-проекту командою, давати правильне завдання на кожному етапі реалізації проекту кожному члену команди та можливо розрахувати витрати необхідні на команду.

Висновки до розділу

1. В даному розділі було розроблено стартап-проект автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором, який дозволить вивести систему керування в маси, її поширювати та підтримувати.

2. Було пропрацьовано усі сильні та слабкі сторони проекту. Визначено цільових користувачів готовим продуктом. Зацікавленими у продукті даного стартап-проекту будуть виробництва різних розмірів та навчальні установи.

3. SWOT-аналіз зображує слабкі сторони, але і одночасно виділяє сильні переваги та можливості. Орієнтовна вартість продукту сподобається клієнтам, а якість продукту задовільнить їх вимогам.

4. Аналіз конкурентоспроможності проекту показав, що продукт може скласти конкуренцію серед продуктів конкурентів, тому що він є менш дороговартісним, більш універсальним та інноваційним.

5. Підвищення ефективності виробництва необхідне у будь-який час, тому ідея стартап-проекту є актуальною, тому продукт-рішення може зайняти нішу на ринку та привабити інвестиції.

ВИСНОВКИ

Виконавши дану роботу було досягнуто поставлену мету, а саме, отримано автоматизовану систему керування промисловим роботом-маніпулятором:

1. Перше вирішене завдання це проведено аналіз існуючих типів промислових роботів-маніпуляторів. Було ознайомлено із їхньою конструкцією та способи автоматизації їх системи керування. У висновку вирішено було розробляти систему керування на базі промислового логічного контролера, оскільки він широко поширений, з ним легко працювати, та можливо його інтегрувати в загальну систему керування виробництвом. У якості промислового робота-маніпулятора було обрано «Циклон-3Б», оскільки даний робот є на кафедрі і реалізацію системи керування можна перевірити на практиці.

2. Було проаналізовано існуючі методи визначення відстані до об'єкта, а саме, тріангуляційний, метод підсвічування та метод вимірювання за часом проходження сигналу, останній було обрано в якості оптимального. Дізнались про необхідність врахування фонового світла при виборі методу. Для цього вивели залежності відстані від датчика до об'єкта, та від об'єкта до фону. Графіки що відображають дані залежності представлено в роботі.

3. Було розроблено циклограму роботи промислового робота під керуванням розробленої системи по технологічному процесі обробки деталі типу тіла обертання. Складено електричну схему підключення системи до робота. Написано керуючу програму та зобразили її у вигляді блок-схем. Виконано анімацію роботи промислового робота під керуванням автоматизованої системи керування та надалі буде представлено відео-ролик на захисті роботи. Також розроблено панель керування промисловим роботом для керування ним у ручному режимі. В результаті реалізували автоматизовану систему керування промисловим роботом-маніпулятором на практиці, на жаль без фізичного працюючого зразка.

4. Розробили стартап-проект автоматизована система керування промисловим роботом-маніпулятором. Визначили його сильні та слабкі сторони, можливості та загрози. Визначились із клієнтами та їх очікуваннями від продукту. Обрахували орієнтовну вартість готового рішення стартап-проекту. Визначились із

стратегіями розвитку та поширення продукту. Це все необхідно для правильного поширення продукту стартап-проекту на ринок.

5. В якості практичного використання розробленої роботи рекомендую реалізувати фізично систему керування для промислового робота-маніпулятора «Циклон-3Б», що є в лабораторії кафедри. Це дозволить його використовувати в навчальних цілях для підготовки майбутніх фахівців, а також проводити експерименти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

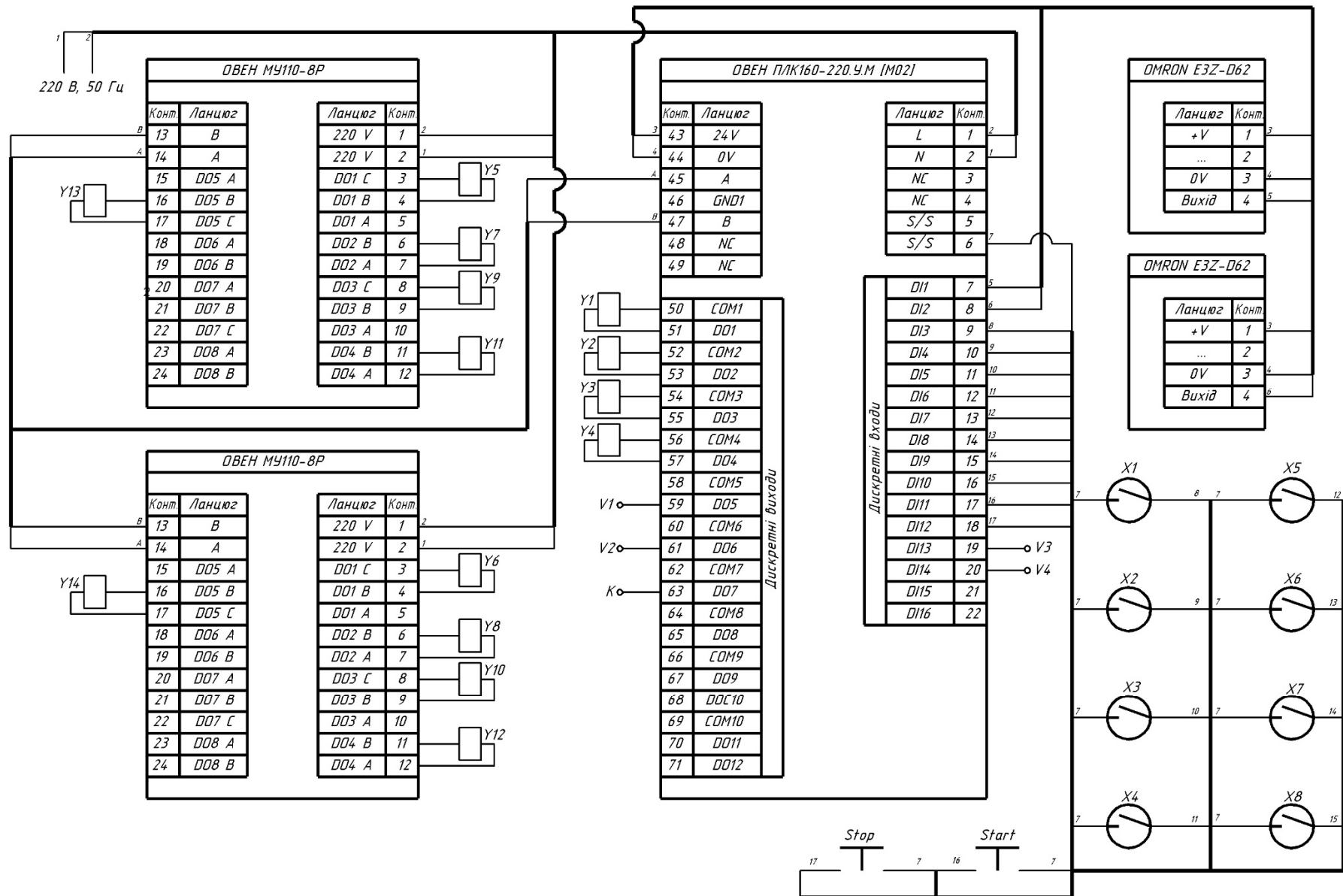
1. М. М. Поліщук, М. М. Ткач Робототехнічні системи: проектування і моделювання : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології». Київ. Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.
2. Rigatos, Geras., Busawon, Kr, *Robotic Manipulators and Vehicles*, Springer International Publishing, 2018.
3. Кутковецький В.Я. Ймовірнісні процеси і математична статистика в автоматизованих системах: Навчальний посібник. Миколаїв, Україна: МДГУ, 2002.
4. Солодовник П. Е. «Розробка програмного забезпечення модуля керування промислового робота МРЛУ-200-901» : дип. роб. Харків, 2019.
5. С. М. Лісовець, С. В. Барилко, В. Г. Здоренко, І. Л. Ківа, «Автоматизована система керування промисловим роботом МП-9С з використанням ПЛК110», *Вісник інженерної академії України*, с. 112–116, 2018.
6. Л. П. Голубєв, І. Л. Ківа, Б. І. Цись, «Модернізація системи керування промислового маніпулятора», *Технології та дизайн*, 2020.
7. А. В. Бабич, А. Г. Баранов, І. В. Калабин, *Промислова робототехніка* Москва: Машинобудування, 1982.
8. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой, 1985.
9. Шаньгин Е. С, Управление роботами и робототехническими системами : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 652000 "Мехатроника и робототехника", Уфа : Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 2005.
10. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В., *Основи творення машин*, Харків, Україна: НТМТ, 2017.
11. Попов С. В., Бучинський М. Я., Гнітько С. М., Чернявський А. М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Харків, Україна: НТМТ, 2019.
12. Овен ПЛК160(М02) *Настанови з експлуатації*, версія 1.6, 06.2020.
13. ОВЕН МУ110-224.8К(Р) *Руководство по эксплуатации*, версія 1.2, 11.2020.

14. Omron E3Z, datasheet, 2018.
15. Відео-уроки програмування ПЛК в CODESYS. URL: <https://www.youtube.com/@owentube> (дата звернення: 1.11.2022).
16. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей, Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
17. Офіційна сторінка ДП «Альфа Лаваль» URL: <https://www.alfalaval.ua/> (дата звернення: 15.11.2022).
18. Офіційна сторінка ТОВ «Плутон» URL: <https://pluton.ua/> (дата звернення: 15.11.2022).
19. Офіційна сторінка ТОВ «Дніпропетровський ливарно - машинобудівний завод» URL: <https://dlmz-ua.com/ua/> (дата звернення: 15.11.2022).

ДОДАТКИ

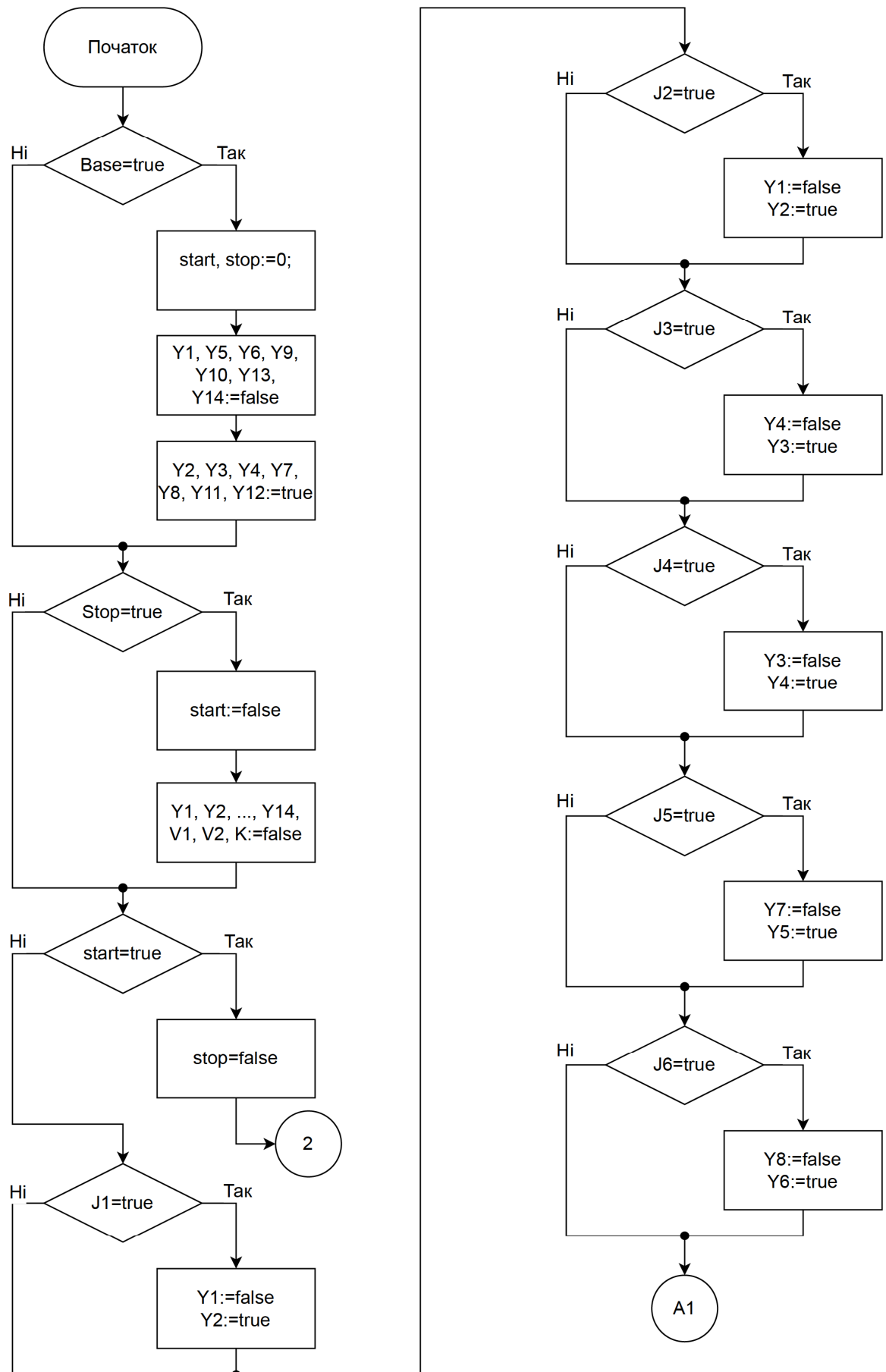
ДОДАТОК А.

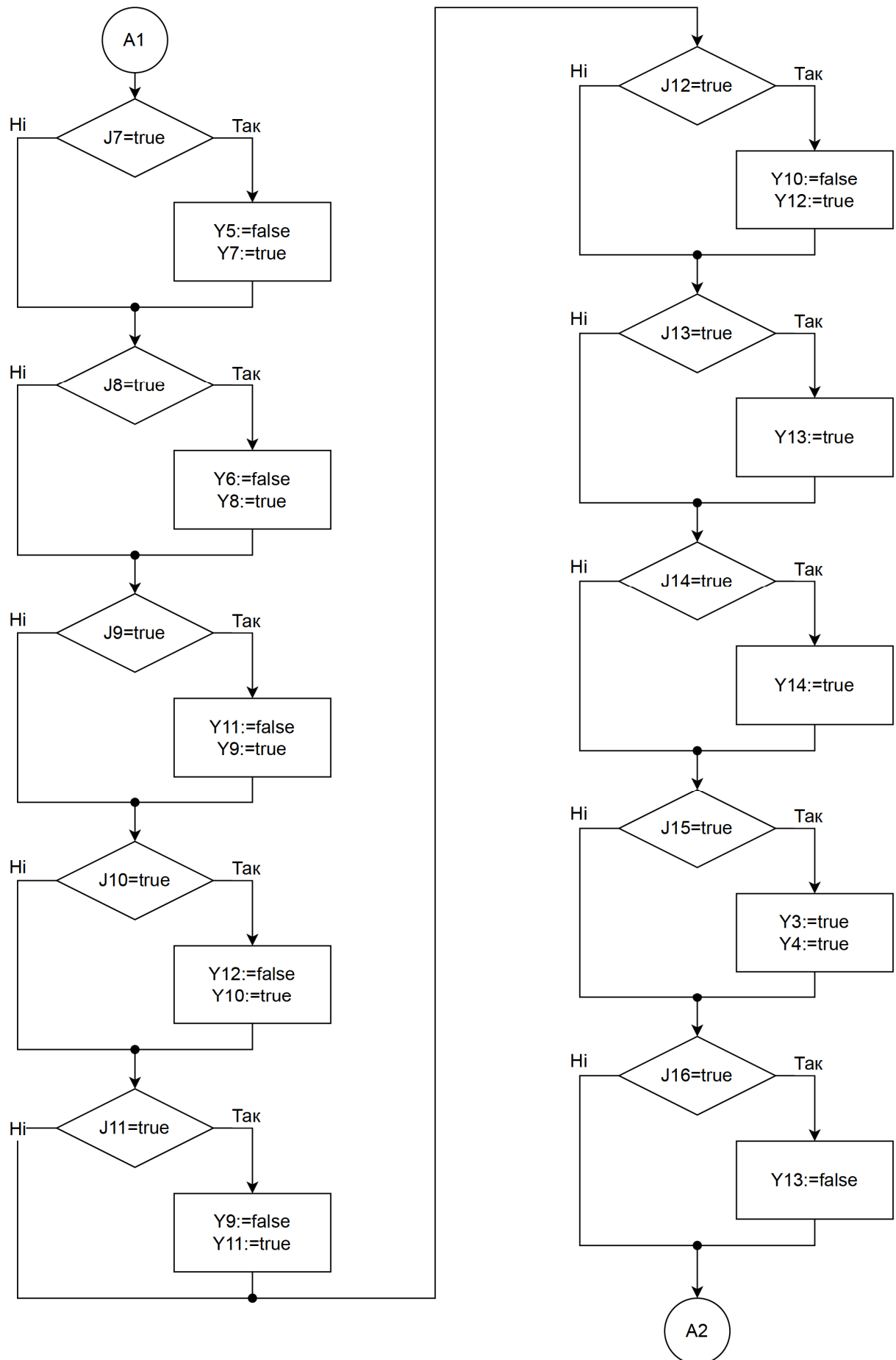
Електрична схема підключення системи керування

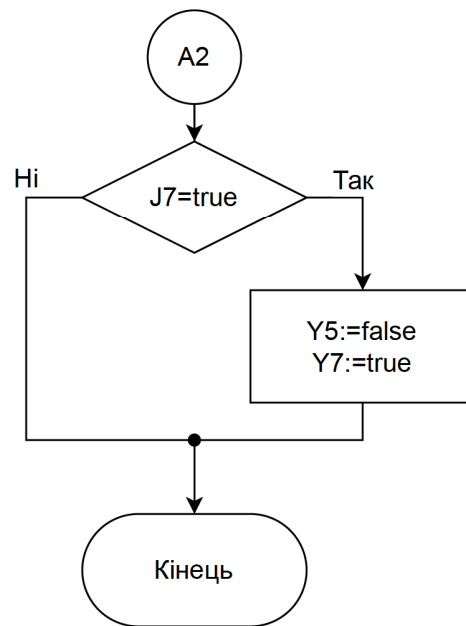


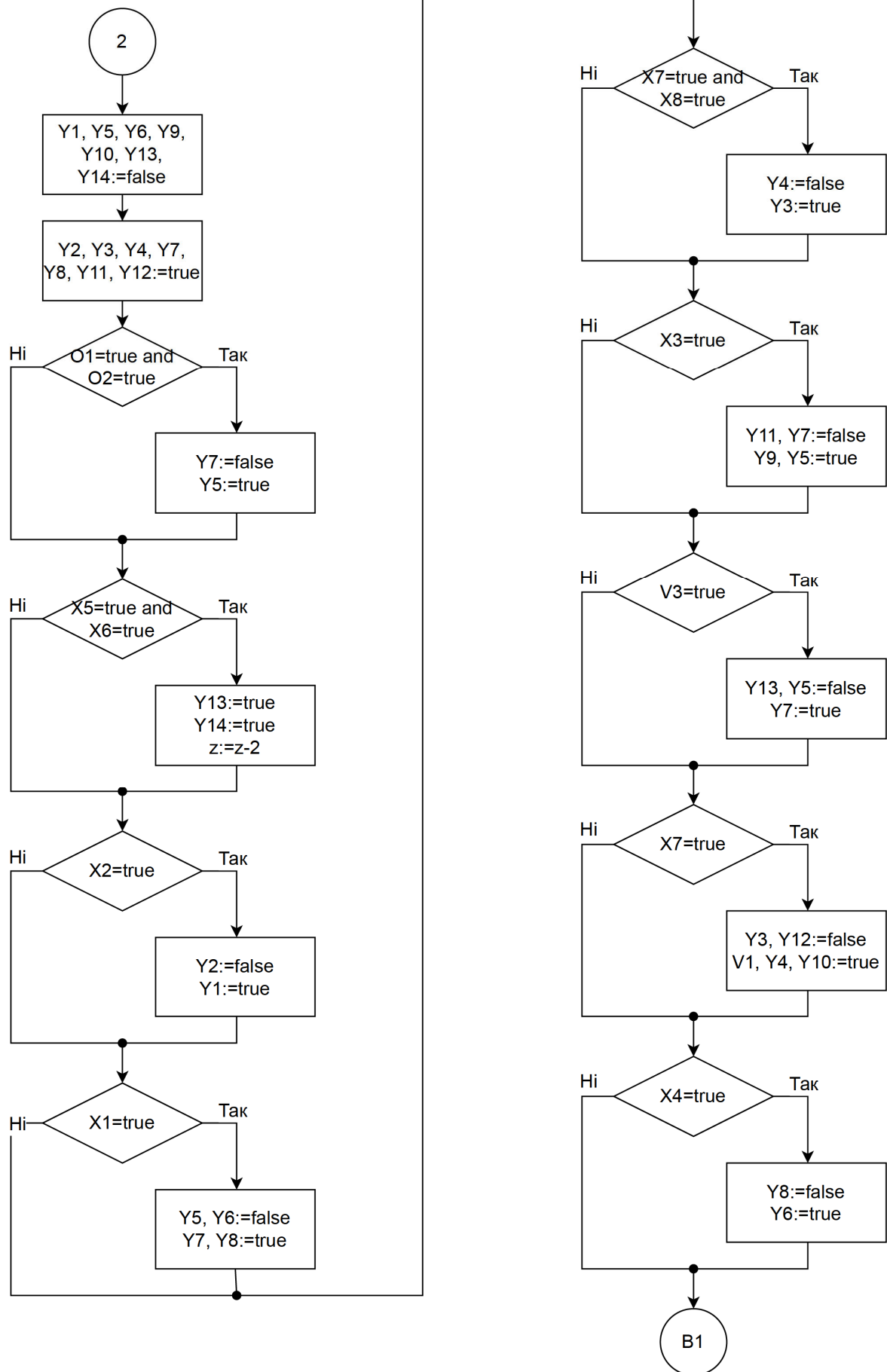
ДОДАТОК Б.

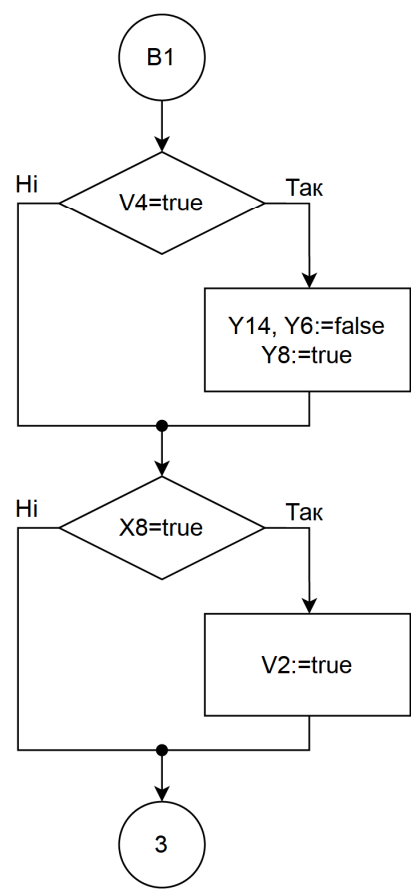
Блок-схема алгоритму керування

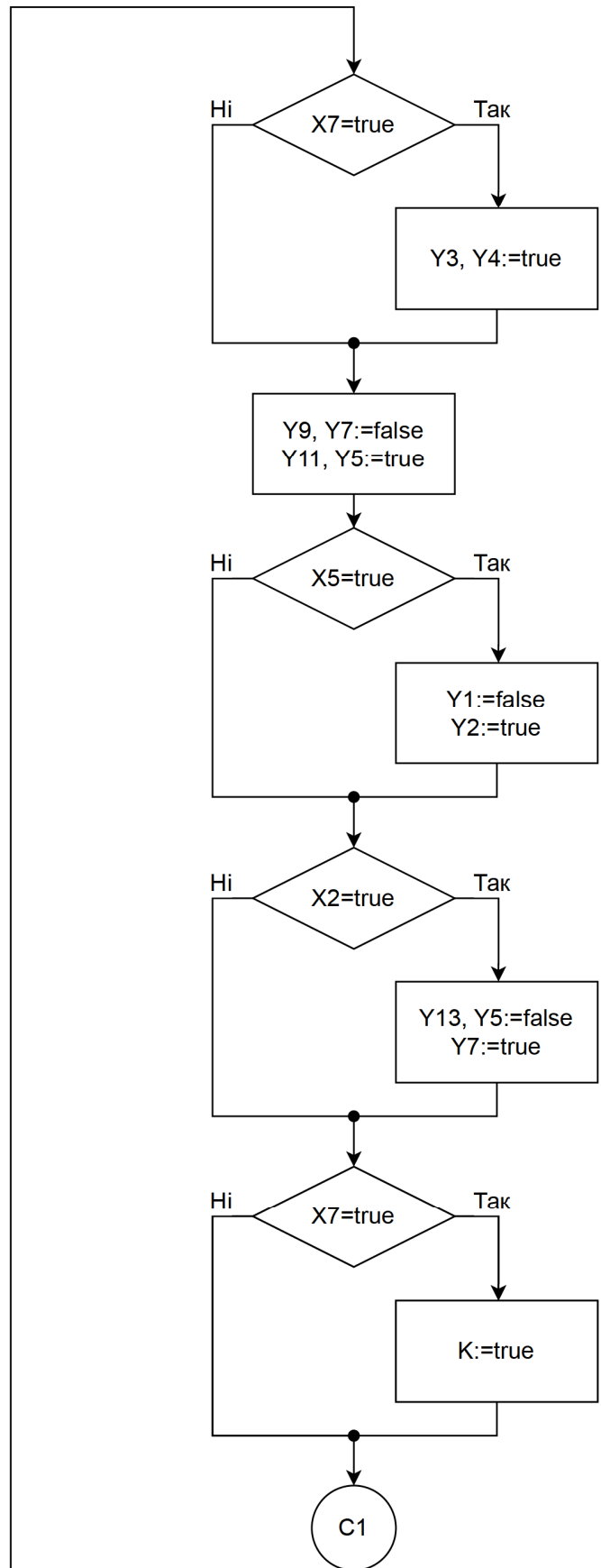
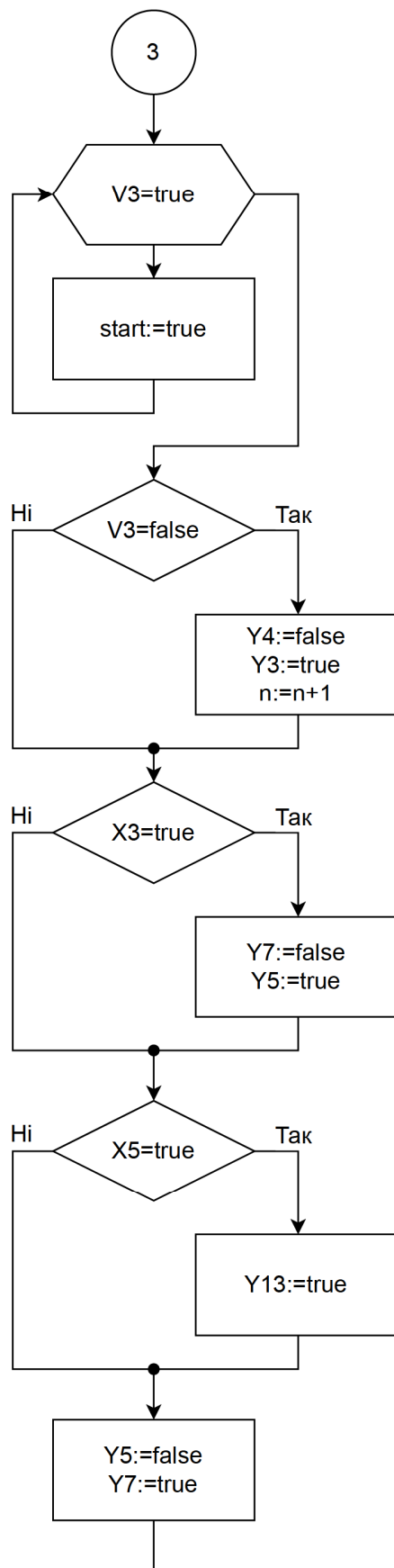


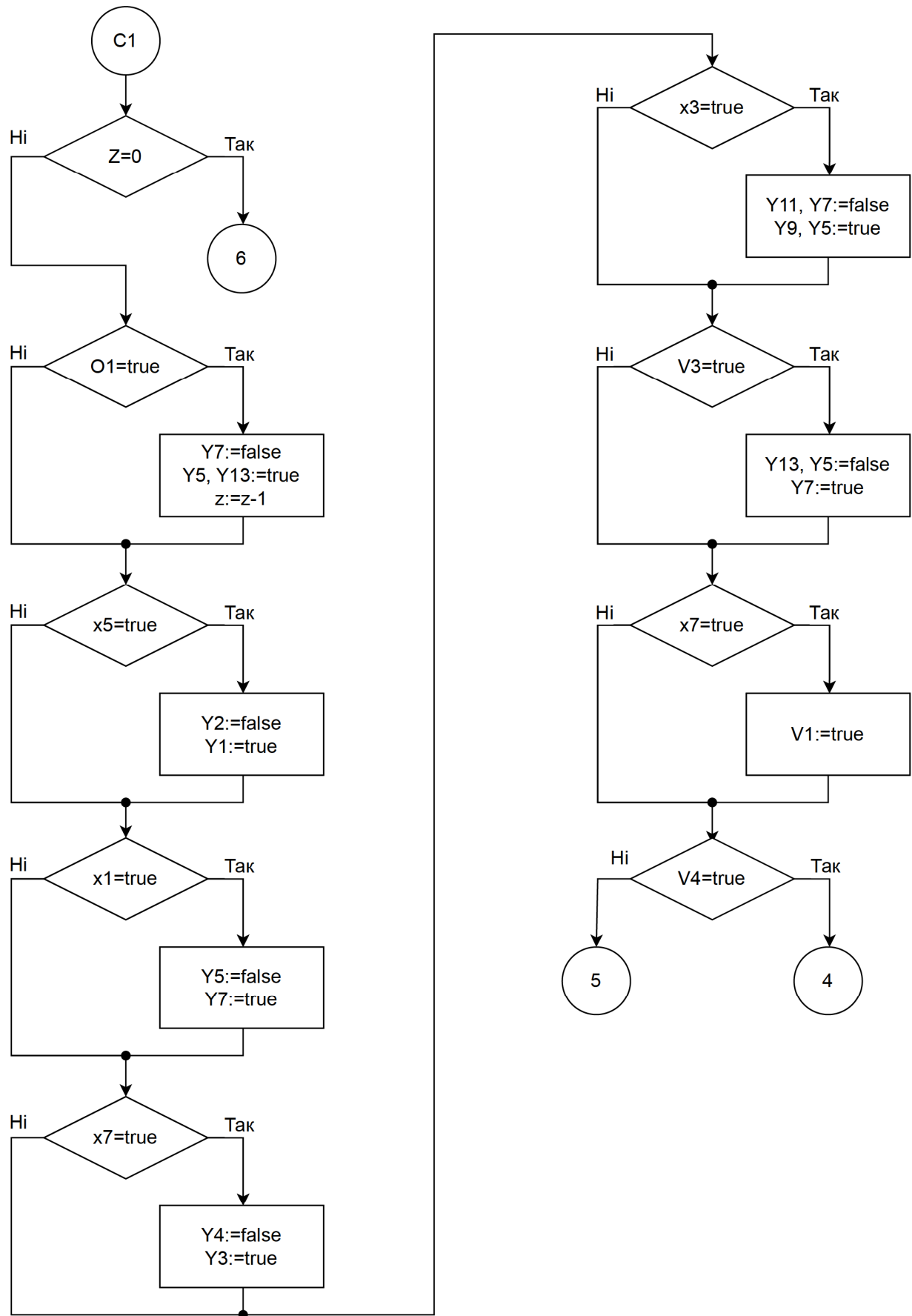


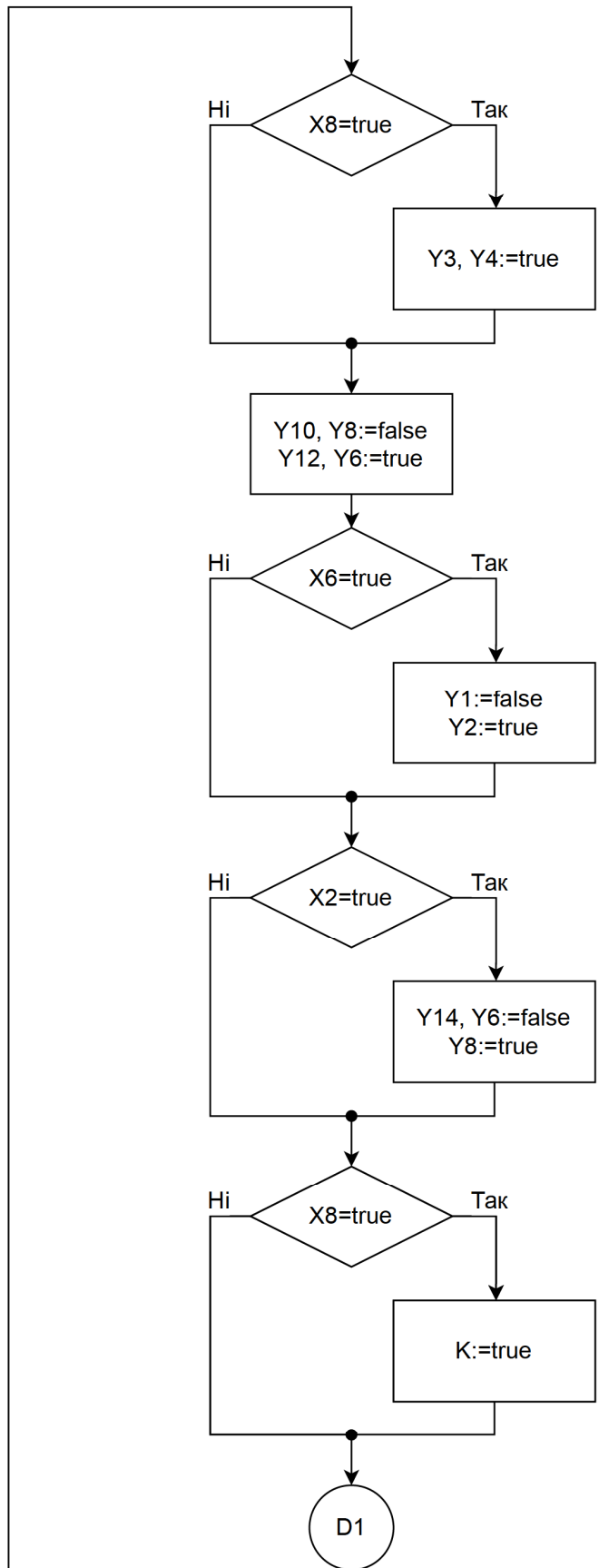
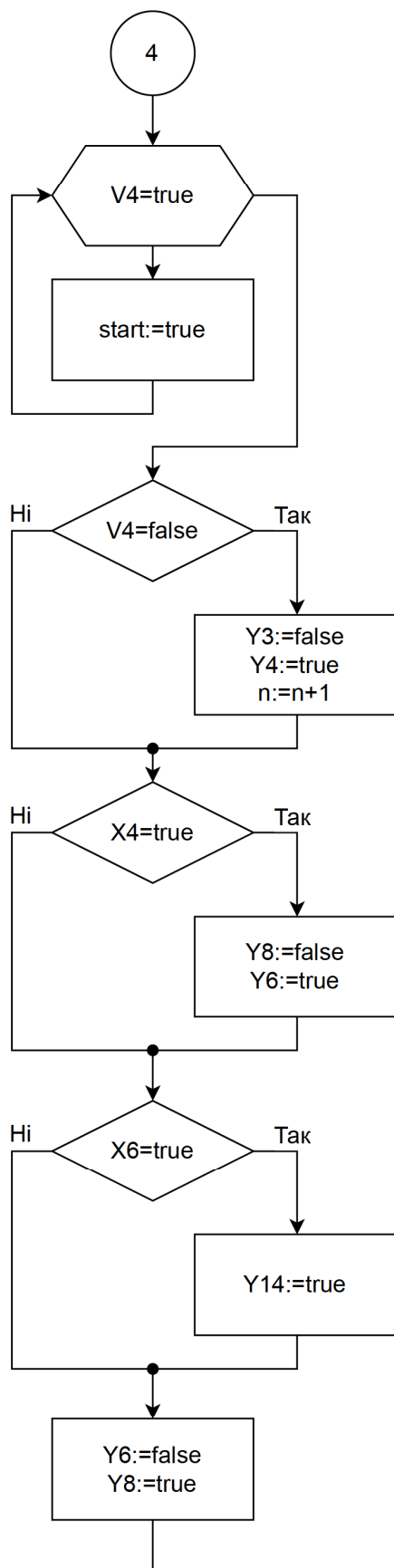


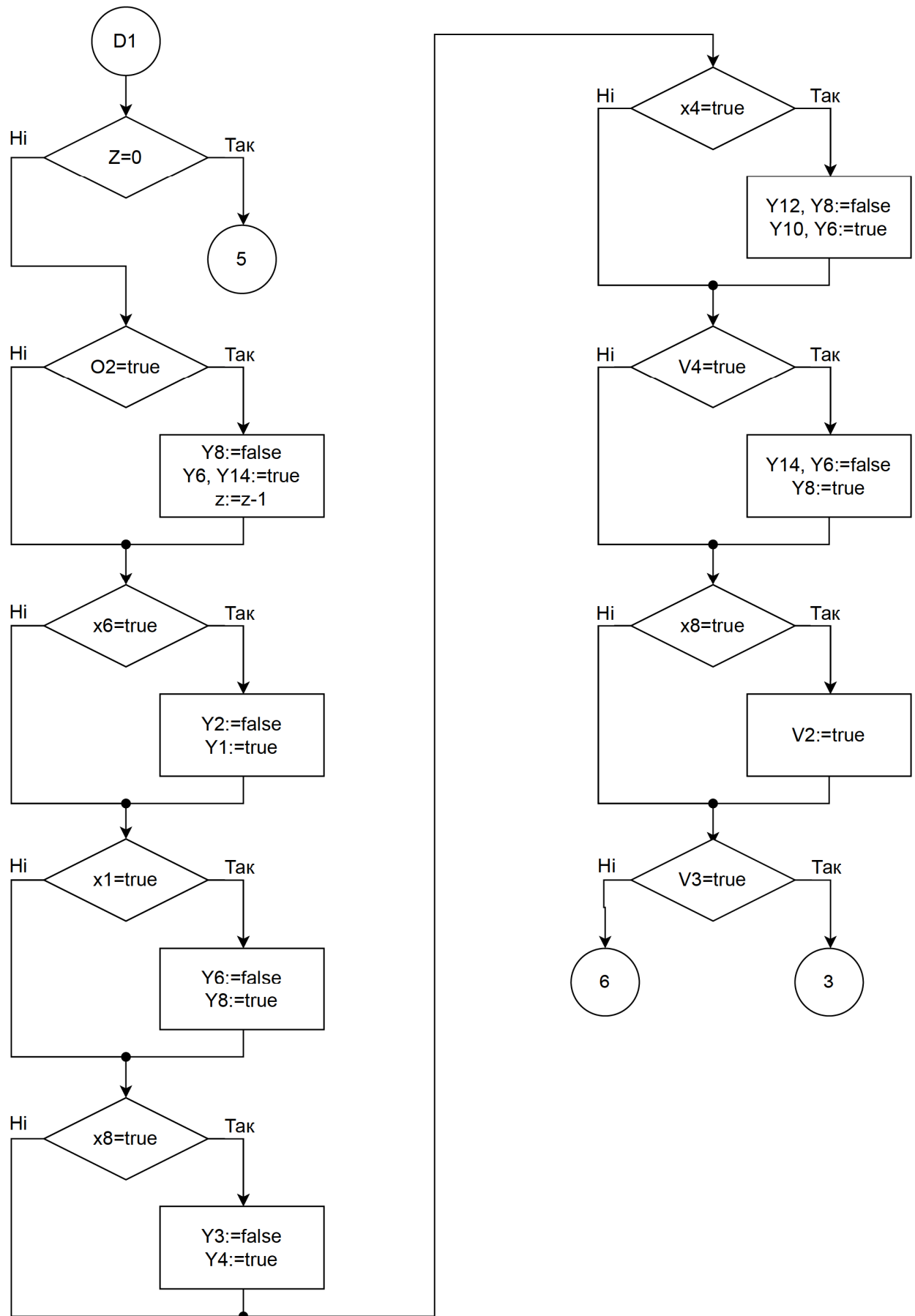


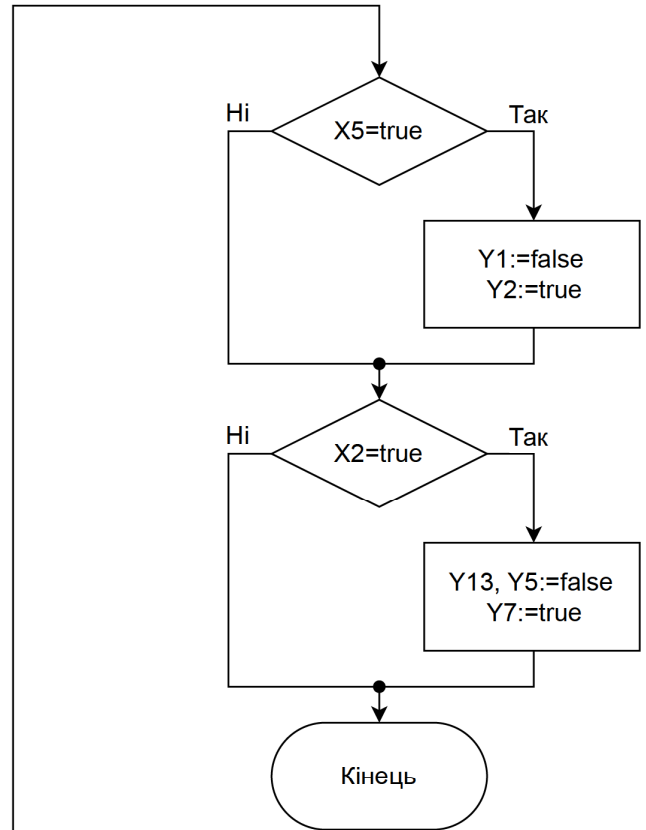
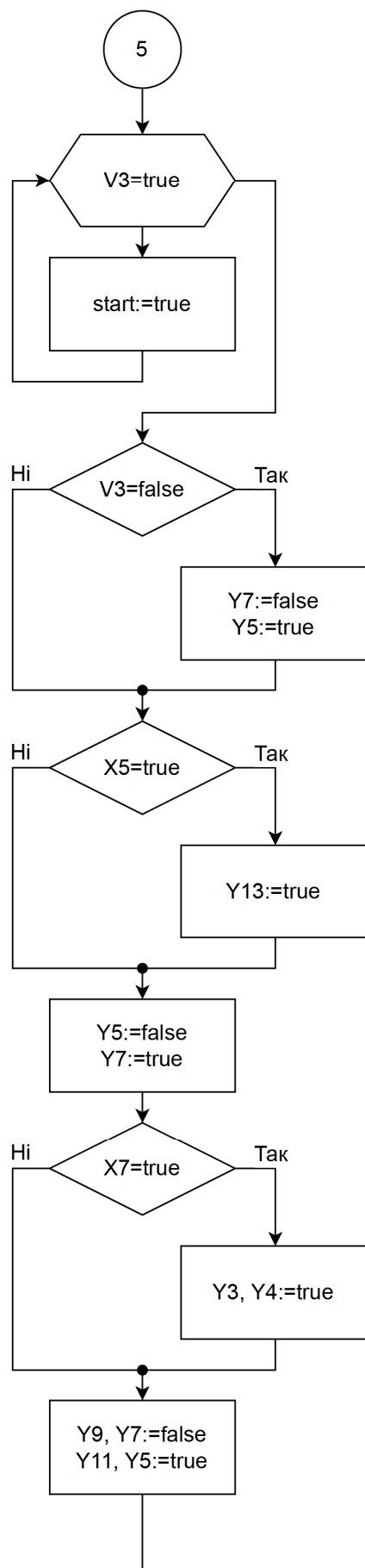


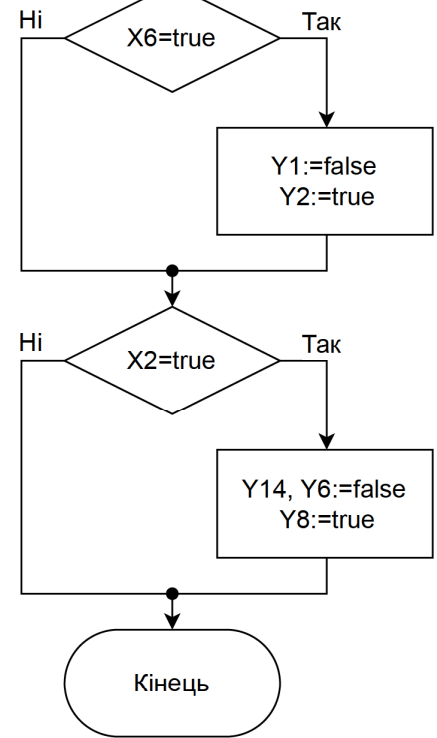
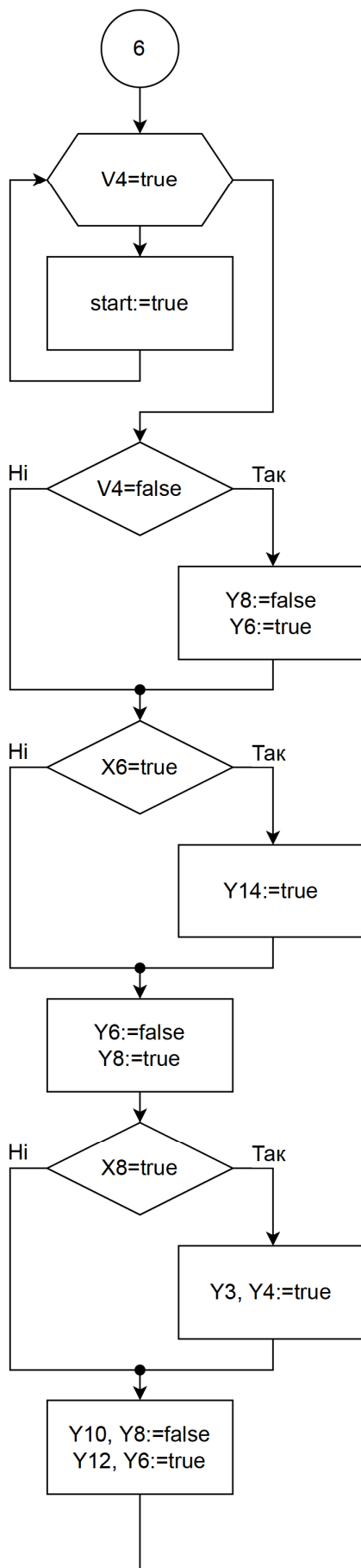












ДОДАТОК В.

Код програми

CASE step OF

1:(*Початок*)

IF base=TRUE THEN

start:=0;

stop:=0;

Y1:=FALSE;

Y2:=TRUE;

Y3:=TRUE;

Y4:=TRUE;

Y5:=FALSE;

Y6:=FALSE;

Y7:=TRUE;

Y8:=TRUE;

Y9:=FALSE;

Y10:=FALSE;

Y11:=TRUE;

Y12:=TRUE;

Y13:=FALSE;

Y14:=FALSE;

END_IF

IF stop=TRUE THEN

start:=FALSE;

Y1:=FALSE;

Y2:=FALSE;

Y3:=FALSE;

Y4:=FALSE;

Y5:=FALSE;

Y6:=FALSE;

Y7:=FALSE;

Y8:=FALSE;

```
Y9:=FALSE;
Y10:=FALSE;
Y11:=FALSE;
Y12:=FALSE;
Y13:=FALSE;
Y14:=FALSE;
V1:=FALSE;
V2:=FALSE;
K:=FALSE;
END_IF
IF start=TRUE THEN
    stop:=FALSE;
    step:=2;
END_IF
IF J1=TRUE THEN
    Y2:=FALSE;
    Y1:=TRUE;
END_IF
IF J2=TRUE THEN
    Y1:=FALSE;
    Y2:=TRUE;
END_IF
IF J3=TRUE THEN
    Y4:=FALSE;
    Y3:=TRUE;
END_IF
IF J4=TRUE THEN
    Y3:=FALSE;
    Y4:=TRUE;
END_IF
```

```
IF J5=TRUE THEN
    Y7:=FALSE;
    Y5:=TRUE;
END_IF
IF J6=TRUE THEN
    Y8:=FALSE;
    Y6:=TRUE;
END_IF
IF J7=TRUE THEN
    Y5:=FALSE;
    Y7:=TRUE;
END_IF
IF J8=TRUE THEN
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
END_IF
IF J9=TRUE THEN
    Y11:=FALSE;
    Y9:=TRUE;
END_IF
IF J10=TRUE THEN
    Y12:=FALSE;
    y10:=TRUE;
END_IF
IF J11=TRUE THEN
    Y9:=FALSE;
    Y11:=TRUE;
END_IF
IF J12=TRUE THEN
    Y10:=FALSE;
```

```

        Y12:=TRUE;
    END_IF
    IF J13=TRUE THEN
        Y13:=TRUE;
    END_IF
    IF J14=TRUE THEN
        Y14:=TRUE;
    END_IF
    IF J15=TRUE THEN
        Y3:=TRUE;
        Y4:=TRUE;
    END_IF
    IF J16=TRUE THEN
        Y13:=FALSE;
    END_IF
    IF J17=TRUE THEN
        Y14:=FALSE;
    END_IF
2:(*Цикл*)
    Y1:=FALSE;
    Y2:=TRUE;
    Y3:=TRUE;
    Y4:=TRUE;
    Y5:=FALSE;
    Y6:=FALSE;
    Y7:=TRUE;
    Y8:=TRUE;
    Y9:=FALSE;
    Y10:=FALSE;
    Y11:=TRUE;

```

```

Y12:=TRUE;
Y13:=FALSE;
Y14:=FALSE;
tm(IN := i);
tm(PT:=t#2m);
IF tm.Q THEN
    O1:=TRUE;
    O2:=TRUE;
END_IF;
IF O1=TRUE AND O2=TRUE THEN
    Y7:=FALSE;
    Y5:=TRUE;

END_IF
IF x5=TRUE AND x6=TRUE THEN
    Y13:=TRUE;
    Y14:=TRUE;
    z:=z-2;
END_IF
IF x2=TRUE THEN
    Y2:=FALSE;
    Y1:=TRUE;
END_IF
IF x1=TRUE THEN
    Y5:=FALSE;
    Y7:=TRUE;
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
END_IF
IF x7=TRUE AND x8=TRUE THEN

```

```
        Y4:=FALSE;
        Y3:=TRUE;
    END_IF
    IF x3=TRUE THEN
        Y11:=FALSE;
        Y9:=TRUE;
        Y7:=FALSE;
        Y5:=TRUE;
    END_IF
    IF V3=TRUE THEN
        Y13:=FALSE;
        Y5:=FALSE;
        Y7:=TRUE;
    END_IF
    IF x7=TRUE THEN
        V1:=TRUE;
        Y3:=FALSE;
        Y4:=TRUE;
        Y12:=FALSE;
        Y10:=TRUE;
    END_IF
    IF x4=TRUE THEN
        Y8:=FALSE;
        Y6:=TRUE;
    END_IF
    IF V4=TRUE THEN
        Y14:=FALSE;
        Y6:=FALSE;
        Y8:=TRUE;
    END_IF
```

```
IF X8=TRUE THEN
```

```
    V2:=TRUE;
```

```
END_IF
```

```
STEP:=3;
```

3:(*Очікування сигналу з верстату №1*)

```
IF start=TRUE THEN
```

```
    WHILE V3=TRUE DO
```

```
        start:=TRUE;
```

```
    END_WHILE
```

```
IF V3=FALSE THEN
```

```
    Y4:=FALSE;
```

```
    Y3:=TRUE;
```

```
    n:=n+1;
```

```
END_IF
```

```
IF x3=TRUE THEN
```

```
    Y7:=FALSE;
```

```
    Y5:=TRUE;
```

```
END_IF
```

```
IF x5=TRUE THEN
```

```
    Y13:=TRUE;
```

```
END_IF
```

```
Y5:=FALSE;
```

```
Y7:=TRUE;
```

```
IF X7=TRUE THEN
```

```
    Y3:=TRUE;
```

```
    Y4:=TRUE;
```

```
END_IF
```

```
Y9:=FALSE;
```

```
Y11:=TRUE;
```

```
Y7:=FALSE;
```

```
Y5:=TRUE;
IF X5=TRUE THEN
    Y1:=FALSE;
    Y2:=TRUE;
END_IF
IF X2=TRUE THEN
    Y13:=FALSE;
    Y5:=FALSE;
    Y7:=TRUE;
END_IF
IF X7=TRUE THEN
    K:=TRUE;
END_IF
IF z=0 THEN
    step:=6;
END_IF
IF O1=TRUE THEN
    Y7:=FALSE;
    Y5:=TRUE;
    Y13:=TRUE;
    z:=z-1;
END_IF
IF X5=TRUE THEN
    Y2:=FALSE;
    Y1:=TRUE;
END_IF
IF X1=TRUE THEN
    Y5:=FALSE;
    Y7:=TRUE;
END_IF
```

IF x7=TRUE THEN

Y4:=FALSE;

Y3:=TRUE;

END_IF

IF x3=TRUE THEN

Y11:=FALSE;

Y9:=TRUE;

Y7:=FALSE;

Y5:=TRUE;

END_IF

IF V3=TRUE THEN

Y13:=FALSE;

Y5:=FALSE;

Y7:=TRUE;

END_IF

IF x7=TRUE THEN

V1:=TRUE;

END_IF

IF V4=TRUE THEN

step:=4;

END_IF

IF V4=FALSE THEN

step:=5;

END_IF

END_IF

4:(*Очікування сигналу з верстата №2*)

IF start=TRUE THEN

WHILE V4=TRUE DO

start:=TRUE;

END_WHILE

```
IF V4=FALSE THEN
    Y3:=FALSE;
    Y4:=TRUE;
    n:=n+1;
END_IF
IF x4=TRUE THEN
    Y8:=FALSE;
    Y6:=TRUE;
END_IF
IF x6=TRUE THEN
    Y14:=TRUE;
END_IF
Y6:=FALSE;
Y8:=TRUE;
IF X8=TRUE THEN
    Y3:=TRUE;
    Y4:=TRUE;
END_IF
Y10:=FALSE;
Y12:=TRUE;
Y8:=FALSE;
Y6:=TRUE;
IF X6=TRUE THEN
    Y1:=FALSE;
    Y2:=TRUE;
END_IF
IF X2=TRUE THEN
    Y14:=FALSE;
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
```

```
END_IF
IF X8=TRUE THEN
    K:=TRUE;
END_IF
IF z=0 THEN
    step:=5;
END_IF
IF O2=TRUE THEN
    Y8:=FALSE;
    Y6:=TRUE;
    Y14:=TRUE;
    z:=z-1;
END_IF
IF X6=TRUE THEN
    Y2:=FALSE;
    Y1:=TRUE;
END_IF
IF X1=TRUE THEN
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
END_IF
IF x8=TRUE THEN
    Y3:=FALSE;
    Y4:=TRUE;
END_IF
IF x4=TRUE THEN
    Y12:=FALSE;
    Y10:=TRUE;
    Y8:=FALSE;
    Y6:=TRUE;
```

```

END_IF
IF V4=TRUE THEN
    Y14:=FALSE;
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
END_IF
IF x8=TRUE THEN
    V2:=TRUE;
END_IF
IF V3=TRUE THEN
    step:=3;
END_IF
IF V3=FALSE THEN
    step:=6;
END_IF

```

```

END_IF

```

5:(*Забирання деталі з верстата №1*)

```

IF start=TRUE THEN
    WHILE V3=TRUE DO
        start:=TRUE;
    END_WHILE
    IF x3=TRUE THEN
        Y7:=FALSE;
        Y5:=TRUE;
    END_IF
    IF x5=TRUE THEN
        Y13:=TRUE;
    END_IF
    Y5:=FALSE;
    Y7:=TRUE;

```

IF X7=TRUE THEN

Y3:=TRUE;

Y4:=TRUE;

END_IF

Y9:=FALSE;

Y11:=TRUE;

Y7:=FALSE;

Y5:=TRUE;

IF X5=TRUE THEN

Y1:=FALSE;

Y2:=TRUE;

END_IF

IF X2=TRUE THEN

Y13:=FALSE;

Y5:=FALSE;

Y7:=TRUE;

END_IF

END_IF

6:(*Забирання деталі з верстата №2*)

IF start=TRUE THEN

WHILE V4=TRUE DO

start:=TRUE;

END_WHILE

IF x4=TRUE THEN

Y8:=FALSE;

Y6:=TRUE;

END_IF

IF x6=TRUE THEN

Y14:=TRUE;

END_IF

```
Y6:=FALSE;
Y8:=TRUE;
IF X8=TRUE THEN
    Y4:=TRUE;
    Y3:=TRUE;
END_IF
Y10:=FALSE;
Y12:=TRUE;
Y8:=FALSE;
Y6:=TRUE;
IF X6=TRUE THEN
    Y1:=FALSE;
    Y2:=TRUE;
END_IF
IF X2=TRUE THEN
    Y14:=FALSE;
    Y6:=FALSE;
    Y8:=TRUE;
END_IF
END_IF
END_CASE
```