

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр
за освітньо-професійною програмою
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

зі спеціальності

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

тема роботи:

*«Модернізація системи керування навчального стенду пневмоавтоматики
Festo Didactic TP101 із застосуванням інтелектуального реле Zelio»*

Виконав студент гр. АКІТ-21ск	_____ Штефрук Д.В.
Керівник	_____ Савицький О.І.
Нормоконтроль	_____ Маринич І. А.
Завідувач кафедри	_____ Рубан С. А.

Кривий Ріг-2024

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

« 25 » березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентові групи АКІТ-21ск Штефоруку Дмитру Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Модернізація системи керування навчального стенду пневмоавтоматики Festo Didactic TP101 із застосуванням інтелектуального реле Zelio»

затверджено наказом по університету № 232с від 25.03.2024 р.

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи: 03.06.2024 р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 125с., презентація у Microsoft PowerPoint (20 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-2

доц. Савицький О.І.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Вступ</i>	<i>01.03.24</i>
2	<i>Розділ 1</i>	<i>05.04.24</i>
3	<i>Розділ 2</i>	<i>01.05.24</i>
4	<i>Висновки</i>	<i>25.05.24</i>
5	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>28.05.24</i>
6	<i>Підготовка презентації та графічного матеріалу</i>	<i>20.05.24</i>
7	<i>Підготовка доповіді до захисту</i>	<i>03.06.24</i>

6. Дата видачі завдання: 29.01.2024р.

Керівник _____ / Савицький О.І./

7. Запевнення: Я, Штефорук Дмитро Володимирович, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент _____ / Штефорук Д.В./

АНОТАЦІЯ

Штефорок Д. В. «Модернізація системи керування навчального стенду пневмоавтоматики Festo Didactic TP101 із застосуванням інтелектуального реле Zelio».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – бакалавр, за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2024.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку літератури з 35 позицій та 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 125 сторінок, з яких основний зміст роботи викладено на 85 сторінках, робота включає 10 таблиць і 92 рисунки.

В якості об'єкту керування виступає система електропневматичного стенду Festo Didactic TP101.

Метою роботи є розробка проекту методичних вказівок лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності 131 прикладна механіка.

В першому розділі описано загальну характеристику системи керування, розглянуті схожі існуючі системи та патенти з пневматики, поставлене завдання по модернізації системи керування стендом пневматики.

У другому розділі описаний процес моделювання та програмування системи на двох мовах, вибір технічних засобів автоматизації, розглянута конфігурація обраного контролера, описана ідеологія побудови лабораторних робіт в методичних вказівках та коротко описана математична частина до них.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, FESTO DIDACTIC,
МОДЕЛЮВАННЯ, ZELIO, ПРОЕКТ МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК,
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Штефорок Д.В.</i>			<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					3	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>				<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПО АНОЛОГІЧНИМ ОБ'ЄКТАМ.....	8
1.1 Характеристика об'єкту проектування.....	8
1.2 Опис існуючих систем аналогів	18
1.3 Патентний пошук по проекту	22
1.4 Висновки та постановка задачі.....	25
Висновки по розділу	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА САК ПНЕВМАТИЧНИМ СТЕНДОМ ТА ЇЇ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	28
1.1 Функціональна схема. Моделювання об'єкту (системи).....	28
1.2 Вибір технічних засобів автоматизації.....	40
1.3 Конфігурування програмованого логічного контролера.....	49
1.4 Розробка програмного забезпечення	52
1.5 Розробка схем електричних модернізації стенду	70
1.6 Математичне обґрунтування проведення лабораторних робіт з пневмоелементами.....	77
1.7 Розробка проекту методичних вказівок для лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності прикладна механіка.....	131 83
Висновки по розділу	91

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата						
Розроб.		Штефурук Д.В.			<i>ЗМІСТ</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Савицький О.І.						4	2	
Н. Контр.		Маринич І.А.			<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>					
Затвердив		Тронь В.В.								

ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	94
ДОДАТОК А. Програмні коди прикладу застосування алгоритмів з дипломної роботи	99
ДОДАТОК Б. Схема пневматична зовнішніх з'єднань трубопроводів.....	124
ДОДАТОК В. Схема електрична принципова зовнішніх з'єднань модернізації стенду.....	125
ДОДАТОК Г. Принцип комутації кабелю DB25 з контролером Zelio Logic	
ДОДАТОК Д. Загальний вигляд інтегрованого контролера Zelio Logic на стенді	
ДОДАТОК Е. Проект методичних вказівок для лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності прикладна механіка	131

ВСТУП

Управління системами пневматики широко застосовується в різноманітному обладнанні виробничих промисловостей сучасного світу, а також в різного роду техніці спеціальних призначень. Пневматичні системи мають повне право називатися повноцінними конкурентами механічного, гідравлічного та електричного приводу за рахунок використання стисненого або зрідженого повітря в якості робочого середовища.

Сучасне управління пневматикою дає можливість вирішувати неординарні та складні завдання в сферах машин та різних автоматизаціях виробничих процесів. Широке використання вони здобули у випадках з потребами підвищеної швидкості роботи, або з відсутністю можливостей використання приводів іншого виду, спираючись на питання складності та безпеки експлуатаційного процесу.

Стенд електропневматичний Festo Didactic TP101 від компанії Festo був розроблений для вивчення основних систем керування виробничими процесами з використанням пневматичних засобів автоматики шляхом практичного вивчення елементної бази.

В наш час є тенденція схем комплексної системи керування об'єктами. Туди входить пневматичне, електричне та гідравлічне керування різного наповнення.

Основною метою дипломної роботи є безпосередньо модернізація науково-навчального електропневматичного стенду Festo Didactic TP101 шляхом інтеграції нового контролера з більш стійким програмним забезпеченням, ніж у фірмового. Розробити проект методичних вказівок лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності «131» Прикладна механіка.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Штефурук Д.В.</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					6	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>			
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

В даній роботі будуть розглянуті пневматичні системи, їх поширеність та використання в сучасному виробництві та приклади автоматичного керування такими системами пневматики. На основі розглянутої інформації необхідно буде підібрати контролер сучасного типу, який більш відповідатиме умовам та вимогам поставленої задачі.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ПО АНАЛОГІЧНИМ ОБ'ЄКТАМ

1.1 Характеристика об'єкту проектування

Електропневматичний навчальний стенд FESTO Didactic Tr 101 є розробкою інноваційної міжнародної німецької компанії FESTO, яка пропонує рішення з промислової автоматизації в напрямках пневматики та електротехніки. Стенд призначений для вивчення основних систем керування виробничими процесами з використанням пневматичних засобів автоматизації шляхом практичного вивчення елементної бази. Особливістю такого стенда є можливість збирати прості схеми на базі пневматичних приводів та пристроїв для подальшого вивчення їх основних характеристик. Він дозволяє виконувати перевірки працездатності проєктованих систем, та отримувати навички монтажу, налагодження та експлуатації систем та приводів пневматики.

Стенд представляє собою стіл, вертикальну плиту (для монтажу пневматичних пристроїв), компресорну установку та панель для кріплень електричних елементів та блоків управління. Самі ж елементи стенду подані у вигляді конструктору, який дозволяє зібрати на робочому просторі схему будь-якої пневматичної системи, яка буде обмежена лише кількістю/набором елементів, що присутні. Кожен з елементів стенду має відповідні кріплення для їх монтажу на робочий простір. Загальний вигляд стенда FESTO Didactic Tr 101 зображений на рис. 1.1.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.01.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Штефрук Д.В.</i>			<i>РОЗДІЛ 1</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					8	20
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>			
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>						



Рисунок 1.1 – Стенд "Festo Didactic Тр 101"

В стіл стану вбудовані спеціальні ящики, які містять в собі майже всі види пневматичної апаратури у вигляді комплектних пневматичних пристроїв, що призначені для керування тиском або напрямком потоку газу.

В своєму наборі стенд FESTO Didactic має такі електричні пристрої:

- Масляний компресор JUN-AIR 6-25 з ресивером (герметичним повітрязбірником), регулятором тиску і вологовідділювачем;
- Блок живлення постійної напруги (24V);
- Програмований логічний контролер FEC - FC34;
- Блок подачі електричних сигналів;
- Блок електричних реле (кількість в наборі – 2шт.);
- Датчик наближення, оптичний;
- Датчик наближення, електричний (кількість в наборі – 2шт.);
- Кінцевий вимикач, електричний (кількість в наборі – 2шт.).

З пневматичних пристроїв, стенд в своєму наборі має:

- Колектор;
- Пусковий клапан з клапаном управління фільтром і манометром;
- Односторонній клапан управління (кількість в наборі – 4шт.);
- Пневмоцилінд односторонньої дії;
- Пневмоцилінд двосторонньої дії (кількість в наборі – 2шт.);
- Втулка;
- Заглушка.

Окрім пневматичних та електричних пристроїв, також в наборі стану присутні й напів-електричні та напів-пневматичні пристрої, які здатні працювати лише при наявності обох факторів (електрики та пневматики). До таких пристроїв належать:

- 2 x 3/2 розподільник соленоїдний, нормально закритий;
- 5/2 розподільник соленоїдний;
- 5/2 розподільник з подвійним соленоїдом;
- Датчик тиску з індикатором.

Для реалізації з'єднань електричних та пневматичних елементів між собою, збору різного роду електричних та пневматичних схем, в наборі стану є спеціальні проводи (червоного та синього кольору – для електричних з'єднань) та пластикові трубки (напівпрозорі, для пневматичних з'єднань), які присутні у достатньому обсязі.

Електро-пневматичний стенд типу FESTO Didactic Tr 101 являє собою повністю дискретну систему управління, в якій сигнал або подається (логічна одиниця), або не подається (логічний нуль). Час переходу з одного стану в інший в електричній частині стану майже миттєвий, і дорівнює швидкості світла. Однак перехід пневматичної частини стану з неробочого стану в робочий повністю задається величиною тиску повітря в системі.

За візуалізацію спрацювання в наборі стану FESTO Didactic Tr 101 відповідають три циліндри, один з яких односторонньої дії, а інші два – двосторонньої.

Пневмоцилінд односторонньої дії

Пневмоциліндр односторонньої дії являє собою пневматичний пружинний пристрій, який, при подачі на нього повітря – переходить в активний стан. У випадку припинення подачі повітря, пружина, що знаходиться в середині циліндра, автоматично повертає його поршень в початкове положення. Даний пристрій має лише один пневматичний вхід, що й пояснює принцип його роботи. Загальний вигляд пневмоциліндра односторонньої дії зображений на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Пневмоцилінд односторонньої дії

Магнітне поле постійного магніту, прикріпленого до поршня циліндра, дає можливість пускати в хід датчики наближення.

Пневмоцилінд двоосторонньої дії

Пневмоцилінд двоосторонньої дії є пристроєм пневматичного характеру, який, на відміну від пневмоцилінда односторонньої дії, не має пружини всередині. Він має два пневматичних входи з обох сторін циліндра, кожен з яких відповідає за переміщення поршня в протилежну від себе сторону.

В наборі стенду такий пневмоциліндр йде у двох екземплярах. Вигляд пневмоциліндра двоосторонньої дії зображено на рис. 1.3.

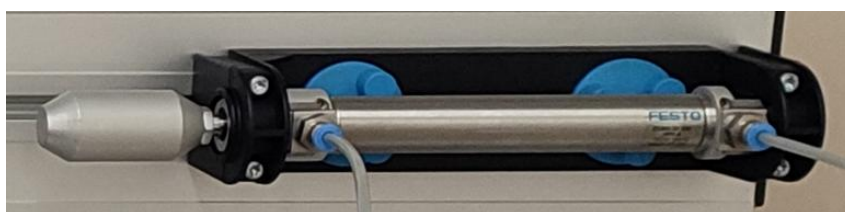


Рисунок 1.3 – Пневмоцилінд двоосторонньої дії

За керування пневмоциліндрами відповідають електромагнітні розподільники повітря.

Розподільник соленоїдний 2 х 3/2, нормально закритий

Даний пристрій являє собою механізм керування подачею повітря на пневмоциліндри, шляхом перемикання клапану всередині нього. Розподільник пружинного типу має один вхід та два виходи (два клапани регулювання). Електрично підключається він одним проводом з чотирма контактами та виходами, два з яких відповідають за живлення (синій та червоний відповідно), а інші два (з нумерацією) – за ввімкнення одного з клапанів (клапани також пронумеровані). Так як даний пристрій – пружинного типу, при припиненні подачі сигналу на один із клапанів, вони автоматично повернуться в своє першочергове положення, тим самим перекривши подачу повітря.

Загальний вигляд розподільника соленоїдного 2х3/2, нормально закритого зображено на рис. 1.4.

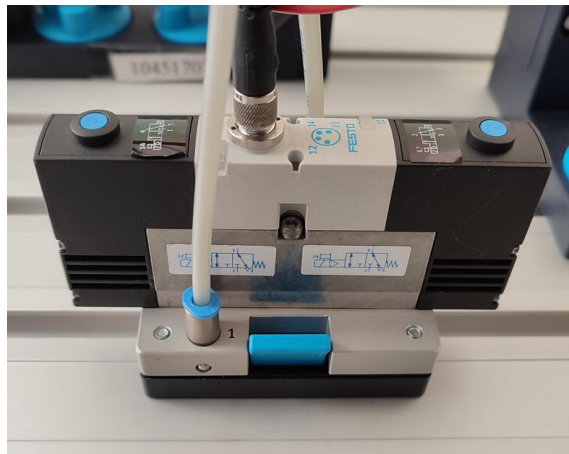


Рисунок 1.4 – Розподільник соленоїдний 2х3/2, нормально закритий

Кожен з пневматичних виходів пристрою являє собою окремий керуючий клапан зі своєю системою управління. Клапани працюють окремо один від одного. Схематичне уявлення розподільника зображено на рис. 1.5.

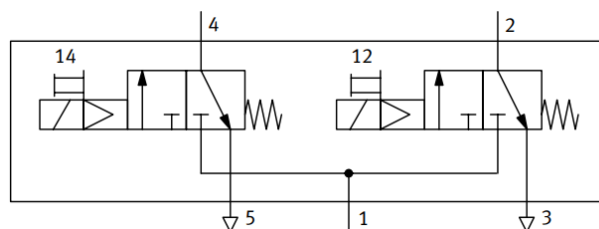


Рисунок 1.5 – Схематичне зображення внутрішньої системи розподільника

									Арк.
									12
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Котушка соленоїда розподільника споживає досить мало енергії та має низьке тепловиділення. В електричному з'єднанні такої котушки присутній електричний захист від змін полярності світло діода та захисну схему. Технічні характеристики розподільника 3/2 електромагнітного наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики розподільника 3/2 електромагнітного

Робочий тиск	від 300 до 800 кПа (3-8 бар)
Час зміни стану, при 600 кПа (6 бар)	ввімкнення: 20 мс вимкнення: 33 мс
Витрата (номінальна)	500 л/хв
Напруга живлення	24 В постійного струму

Розподільник 5/2 соленоїдний

Точно такий самий розподільник пружинного типу, як і 2 х 3/2, однак відрізняється додатковими клапанами, за допомогою яких є можливість стравлювати повітря з системи, що було подане раніше. На даний момент такий розподільник повітря є несправним. Загальний вигляд розподільника 5/2 соленоїдного зображено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Розподільник 5/2 соленоїдний

При подачі напруги на котушку соленоїда електромагнітний розподільник 5/2 реверсується та за допомогою поворотної пружини повертається у початкове положення під час припинення сигналу. Стан роботи клапанів відображається спеціальним світло діодом, що влаштований в

корпус. Клапан має можливість ручного керування за допомогою спеціальних кнопок з кожної сторони. Схематичне зображення розподільника показано на рис. 1.7.

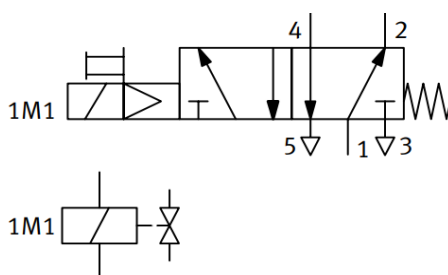


Рисунок 1.7 – Схематичне зображення внутрішньої системи розподільника 5/2 електромагнітного

Технічні характеристики розподільника 5/2 електромагнітного наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики розподільника 5/2 електромагнітного

Робочий тиск	від 300 до 800 кПа (3-8 бар)
Час зміни стану, при 600 кПа (6 бар)	ввімкнення: 25 мс вимкнення: 40 мс
Витрата (номінальна)	500 л/хв
Напруга живлення	24 В постійного струму

Розподільник 5/2 з подвійним соленоїдом

Даний пристрій є точно таким самим розподільником, як і звичайний розподільник 5/2 соленоїдний, однак має подвоєний соленоїд та не є пружинного типу (при припиненні подачі сигналу на один із клапанів, вони залишаються в своєму теперішньому положенні). Принцип роботи такого розподільника є простим: він або пропускає повітря через перший клапан, перекривши другий, або навпаки – через другий, перекривши перший. В пріоритеті подачі сигналів на клапани стоїть той, на який клапан був поданий сигнал перший. Щоб перемкнути стан розподільника, необхідно від'єднати провід подачі сигналу одного клапана, та під'єднати провід подачі сигналу

другого. Загальний вигляд розподільника 5/2 соленоїдного зображено на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Розподільник 5/2 з подвійним соленоїдом

В наборі стенду такий розподільник йде у двох екземплярах (для керування двома пневмоциліндрами двосторонньої дії).

Технічні характеристики розподільника 5/2 з подвійним соленоїдом наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики розподільника 5/2 з подвійним соленоїдом

Робочий тиск	300-800 кПа (3-8 бар)
Час зміни стану, при 600 кПа (6 бар)	15 мс
Витрата (номінальна)	500 л/хв
Напруга живлення	24 В постійного струму

При подачі напруги на котушку соленоїда електромагнітний розподільник 5/2 з подвійним соленоїдом реверсується, залишаючись в такому стані навіть після припинення подачі сигналу. Для повторного перемикавання розподільника необхідно подати сигнал на другий його вхід, тим самим знову перемкнувши його положення. Стан роботи клапанів відображається спеціальним світло діодом, що влаштований в корпус. Клапан має можливість ручного керування за допомогою спеціальних кнопок з кожної сторони. Схематичне зображення розподільника показано на рис. 1.9.

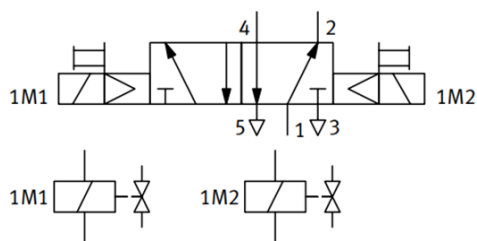


Рисунок 1.9 – Схематичне зображення внутрішньої системи розподільника 5/2 електромагнітного з подвійним соленоїдом

Так як стенд являє собою не лише електричну, а й пневматичну систему, то за живлення в ній відповідають два прилади: блок живлення електричний (для живлення електричних приладів) та масляний компресор JUN-AIR 6-25 (для живлення системи стенду енергією у вигляді повітря під тиском). Сам стенд є повністю комбінованою системою, і працюватиме лише при наявності обох елементів живлення.

Масляний компресор JUN-AIR 6-25

Масляний компресор JUN-AIR 6-25 з ресивером (герметичним повітрязбірником), регулятором тиску і вологовідділювачем є серцем всієї пневматичної системи стенду. Завдяки ньому здійснюється нагнітання повітря під тиском в так звані судини системи та живляться всі пневматичні прилади. Даний прилад дозволяє досягти максимального тиску в 16 атмосфер. Для роботи пневматичних схем, зібраних на стенді, зазвичай цілком вистачає до 4-ох атмосфер. Загальний вигляд компресора показано на рис. 1.10.



Рисунок 1.10 – Компресор JUN-AIR 6-25

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.01.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

Компресор досягає максимальної звукоізоляції за рахунок наявності двох шумопоглинальних камер на вході та виході відповідно.

Для зниження рівня вібрації, яка може передаватись через болти кріплень, в компресор вбудовані гумові демпфери. Запобігання поширення вібрації в зовнішнє середовище працює за рахунок присутності спеціальних пружин на яких змонтований двигун компресора.

Тихий шум роботи компресора, який майже не перевищує шум під час роботи побутового холодильника, дає змогу встановлювати його в будь-яких приміщеннях, навчальних класах та кабінетах, з великою наповненістю людей.

В роботі компресора застосовується якісне синтетичне мастило SJ-27, яке значно зменшує знос різних частин установки та збільшує термін його експлуатації, дозволяючи сильно скоротити витрати на технічне обслуговування пристрою. Таке мастило має ефект охолодження, що сприяє кращому відводу тепла від деталей, які перегріваються.

Тиск робочого газу вимірюється за допомогою вбудованих манометрів, шкали яких проградуєвані в барах або мегапаскалях (10 бар = 1 МПа).

Технічні характеристики масляного компресору JUN-AIR 6-25 наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики компресору JUN-AIR 6-25

Робочий тиск (максимальний)	1600 кПа (16 бар)
Потужність	50 л/хв
Об'єм ресивера	25 л
Напруга живлення (змінний струм)	230 В
Частота роботи	50 Гц
Сила струму (максимальна)	2.9 А
Споживання електроенергії	0.34 кВт
Рівень гучності	45 дБ / 1 м
Робоча температура	від -10 °С до +50 °С

Блок живлення

Блок живлення, який йде в комплекті стенду, також являє собою виріб продукції FESTO. Він живиться змінною напругою 220V та ефективно перетворює її в стабільну постійну напругу 24V, якої цілком вистачає для живлення побудованої пневматичної системи разом з контролером. Загальний вигляд блока живлення FESTO показано на рис. 1.11.



Рисунок 1.11 – Блок живлення FESTO

Технічні характеристики блоку живлення FESTO наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики блоку живлення FESTO

Напруга живлення	220В/24 В +25% / -15%
Сила струму	до 180 мА
Пусковий струм	(при 30 В), 4А (10 мс)
Час переривання ланцюга	≤1 мс.

1.2 Опис існуючих систем аналогів

В сучасному світі пневматика знайшла широке застосування в різних галузях, робота яких зводиться до використання систем автоматизації та механізації виробничих процесів. До таких галузей належать:

- метало- та деревообробка;

- металургія;
- харчова промисловість;
- автомобільне- та верстатобудування;
- текстильна, взуттєва промисловість тощо.

Використання пневматичних приводів є оптимальним для деяких областей, та значно спрощує виконання роботи у місцях з високими температурними умовами, підвищеної пожежної небезпеки або запиленості, в тяжко-доступних та інших критично-небезпечних місцях, що можуть завдавати значної шкоди людині.

Кожна типова пневмосистема складається як мінімум з двох контурів, першим з яких є підготовка та подача стисненого повітря, а друга – його безпосереднє використання.

Підготовка та подача стисненого повітря не є сильною проблемою для сучасних технологій, адже існують різного роду генератори стисненого повітря. Це так звані компресори, які виконують забір атмосферного повітря шляхом втягування та стиснення його в середині себе, за рахунок чого й виникає перепад в тиску повітря між атмосферним та зібраним всередині ємності. Безпосередньо подача підготовленого стисненого повітря відбувається шляхом відкриття клапана та скидання накопичених запасів повітря в атмосферу. Так, як тиск повітря в резервуарі компресора прагне повністю вирівнятися з атмосферним, створюється та сама сила потоку повітря, яку вже за допомогою відповідних трубок та шлангів можна перенаправляти у потрібне місце.

За використання стисненого повітря відповідають різного роду виконавчі механізми, такі як пневмоциліндри та розподільники повітря. Однак розподільники повітря не дають змоги в повному обсязі керувати всією пневматикою системи.

Не дивлячись на більшість переваг використання пневматичних систем, постає задача дистанційного керування, яка вже частково або повністю була вирішена на більшості підприємствах світу. І вирішено це шляхом інтеграції в

електричну частину схеми різних контролерів сучасних типів, які значно розширюють можливості пневматичних систем та перш за все – дають можливість саме дистанційного керування. Одним із прикладів такої чудової інтеграції є розробка Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, які розробили керування гібридними системами (пневматичної, електричної та гідравлічної) на базі контролера МІК-51. Приблизна структурна схема такої систем зображена на рис. 1.12.

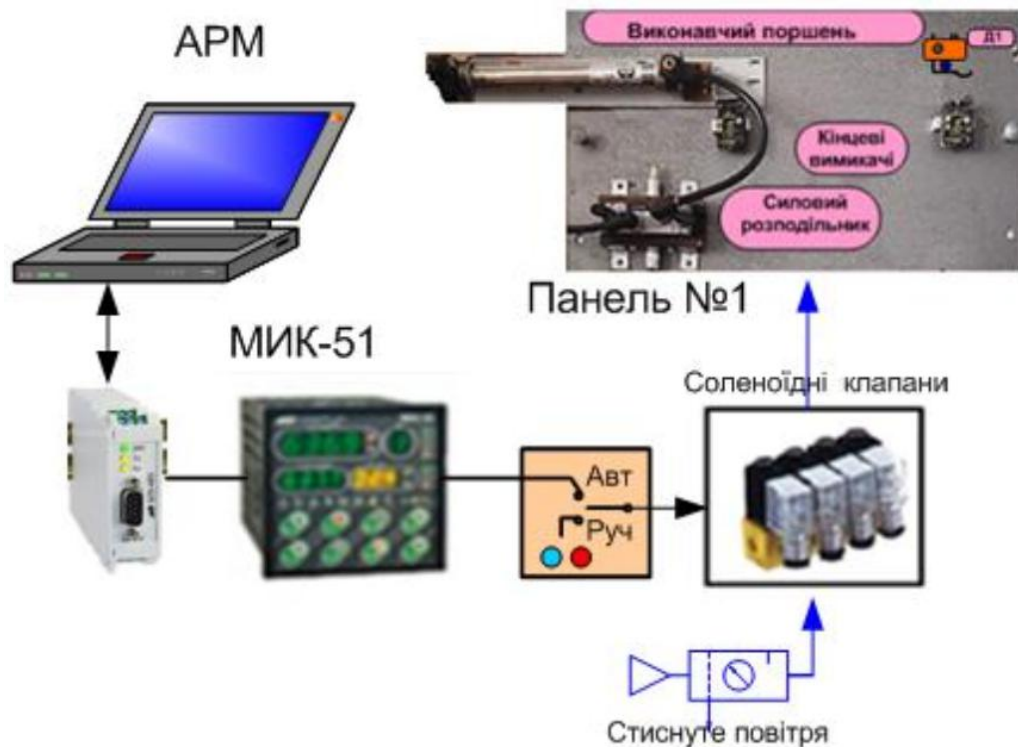


Рисунок 1.12 – Структурна схема проекту керування гібридними системами керування на базі контролера МІК-51.

Соленоїдні клапани пневматичного розподільника під'єднанні до контролера через дискретні виходи МІК-51. Така система також є розробкою студентів, як результат курсового та дипломного проекту, і в подальшому була впроваджена у навчальний процес

Контролер МІК-51 дає можливість програмування на мові FBD (Function Block Diagram) за допомогою вбудованих клавiш на передній панелі, або безпосередньо в спеціальному програмному середовищі FBD-Програм АЛЬФА. Бібліотека такої програми має більше 50-ти функціональних блоків.

Ще одним прикладом використання програмованих контролерів в якості дистанційного автоматичного керування системами пневматики та гідравліки є безпосередньо стандартний фірмовий контролер від компанії FESTO ПЛК FECFC34, який йде в самому наборі стенду. Контролер оснащений 8 цифровими виходами та 12 цифровими входами. Загальний вигляд фірмового контролера показано на рис. 1.13.

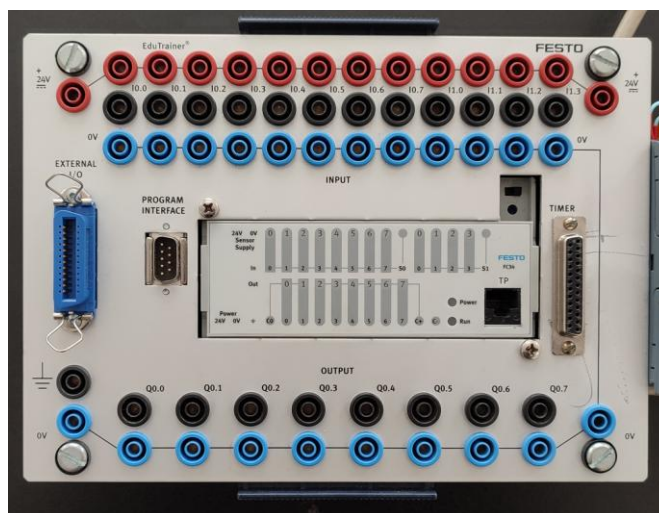


Рисунок 1.13 – Фірмовий контролер FESTO FECFC34

FEC EduTrainer дає можливість програмування на мовах LD (Ladder Diagram) та STL (Statement List Language). На даний момент компанія Festo не проводить оновлення програмного забезпечення контролера, що з часом перетворило контролер в застарілу та неактуальну версію керування системами автоматики. Технічні характеристики ПЛК FECFC34 наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики ПЛК FECFC34

Напруга живлення	24 В постійного струму +20%/-15%
Потужність	2,5 Вт
Робоча температура	0-55°C
Клас захисту	IP20

На даний момент вбудований контролер FECFC34 від компанії FESTO є складним у використанні, тому зараз постає питання модернізації керування

пневматичним стендом FESTO.

Ще одним прикладом системи з автоматичним керуванням за допомогою вбудованого контролера є той самий стенд FESTO, в якому в паралель до фірмового контролера був інтегрований контролер SIMATIC S7-1200 (CPU-1215C DC/DC/DC) від компанії SIEMENS. Вигляд інтегрованого контролера показано на рис. 1.14.



Рисунок 1.14 – Інтегрований контролер SIMATIC S7-1200 (CPU-1215C DC/DC/DC)

1.3 Патентний пошук по проекту

В світі існує безліч патентів з пневматичних систем. Більш близькими до пневматичних систем є саме гідравлічні системи, великою відмінністю яких є зовсім інший тип рушійної енергії, а саме – рідина.

Одним із таких схожих за використанням пневматичної системи є патент 2023 року WO2024076736 «Апарат для хірургії склоподібного тіла». Тут постає завдання правильно провести резекцію склоподібного тіла шляхом придушення впливу коливань атмосферного тиску, під яким працює апарат, зберігаючи швидкість різання фрези склоподібного тіла на високій швидкості. [21]

Апарат для хірургії склоподібного тіла включає в себе різак склоподібного тіла, який обертає поршень шляхом повторної подачі та виведення стисненого повітря в повітряну камеру в циліндрі та з неї. Резекція

склоподібного тіла відбувається шляхом зворотно-поступального переміщення ріжучої кромки внутрішньої трубки та зовнішньої ріжучої кромки трубки, яка закріплена на поршні в осьовому напрямку джерела генерації стисненого повітря. Керування стисненим повітрям відбувається шляхом відкриття та закриття електромагнітного клапана. [21]

Також механізм включає датчик тиску, що розташований на шляху від джерела генерації стисненого повітря до електромагнітного клапана та визначення тиск стисненого повітря, що подається в повітряну камеру. [21]

В даній системі відбувається керування часом відкриття та закриття електромагнітного клапана на основі результату виявлення датчика тиску. [21]

Прикладом використання гідравлічної системи є патент 2023 року WO2024074224 «Система та спосіб моніторингу та діагностики приводного пристрою для приводу клапану для рідинних трубопроводів та приводного пристрою, що входить до цієї системи». [27]

В даному патенті описується система моніторингу приводного пристрою увімкнути/вимкнути для активації клапана для трубопроводів рідини, причому виконавчий пристрій налаштований для переміщення клапанного елемента зазначеного клапана між першим положенням і другим положенням. Виконувальний пристрій містить щонайменше один рідинний циліндр, виконаний з можливістю керування лінійним переміщенням штока приводу. Система моніторингу містить безліч датчиків, встановлених на виконавчому пристрої і виконаних з можливістю виявлення безлічі робочих параметрів виконавчого пристрою, а також електронний блок обробки та керування. Електронний блок обробки та керування виконаний з можливістю передавати мікрорух клапанному елементу, щоб виявляти сигнали, що вказують на значення зазначених робочих параметрів під час зазначеного мікропереміщення клапанного елемента, і як функцію зазначених значень згаданих виявлених робочих параметрів, щоб оцінити, чи згаданий приводний пристрій здатний застосовувати крутний момент або величину сили, достатню для виконання згаданим клапанним елементом повного руху з першого

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.01.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

положення в друге положення. Мікропереміщення є таким, що являє собою лише початок руху рухомого елемента клапана, що відповідає лише подоланню механічних зазорів і ефектів розсіювання та деформації всередині приводу, і, крім того, таке, що не суттєво включати будь-які зміни в потоці рідини, контрольованому клапаном. Таким чином можна оцінити справність приводного пристрою, не спричиняючи зміни потоку рідини через вищезазначений клапан. Структурний малюнок виробу патенту в розрізі зображено на рисунку 1.15. [27]

Patent Application Publication May 12, 2022 Sheet 1 of 6 US 2022/0146016 A1

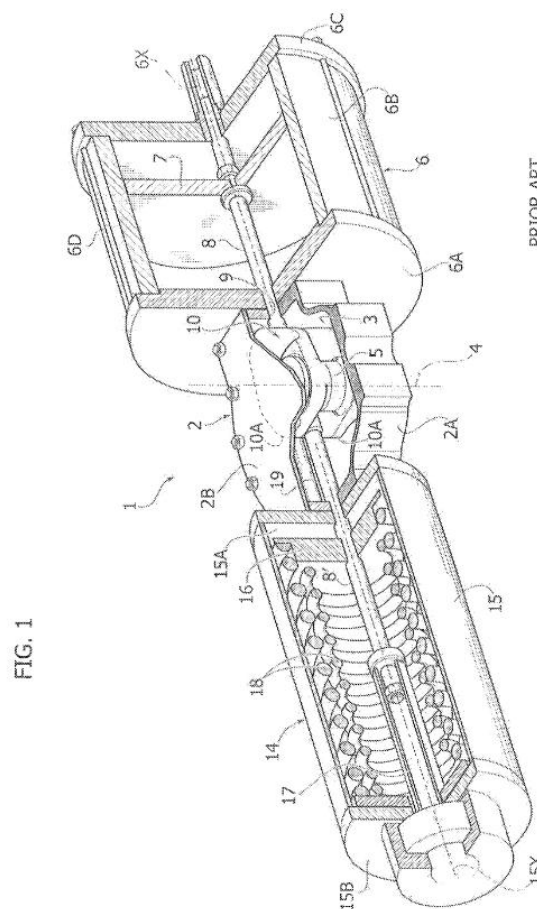


FIG. 1

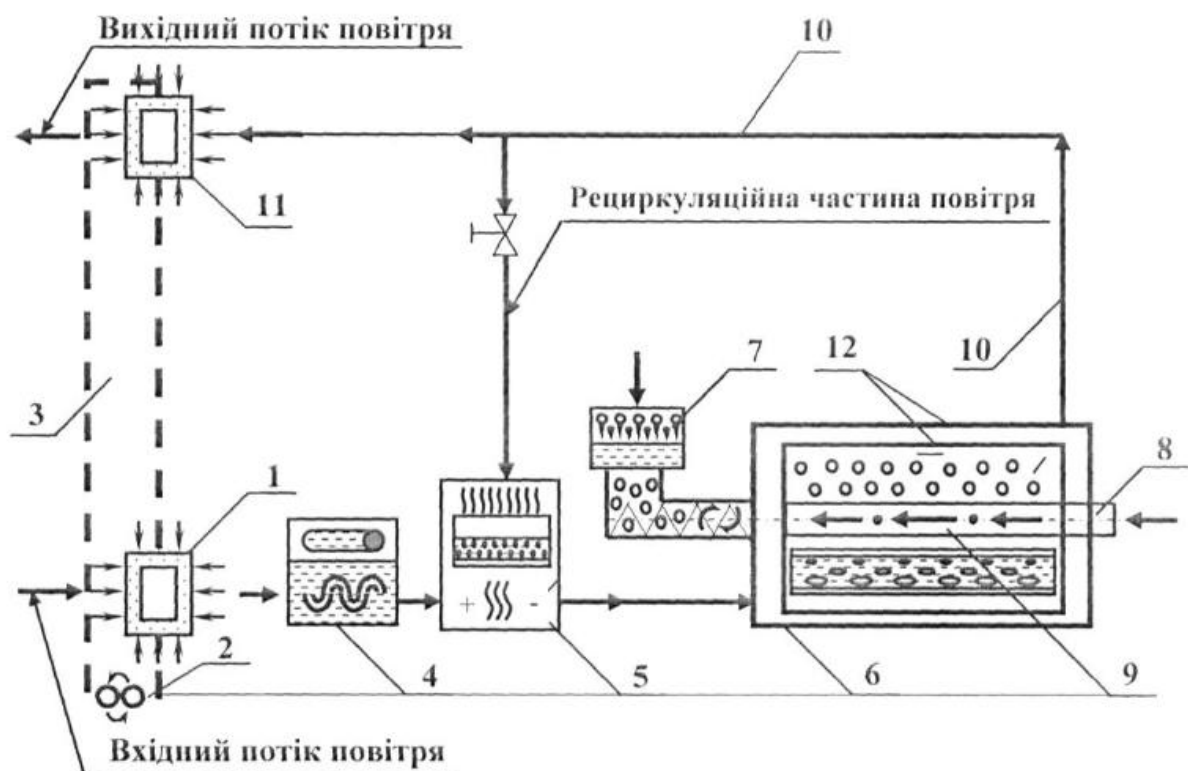
Рисунок 1.15 – Структурний малюнок виробу патенту в розрізі

Українські розробки не стояли на місці, і серед них також зустрічаються патенти. Одним із них є патент 2020 року №99552 «Пристрій для пророщування солоду», який наразі використовується в галузі харчової промисловості. [29]

Пристрій для пророщування солоду із коаксіальними ємностями

										Арк.
										24
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ КРБ.151.24.04.01.ПЗ					

складається з калорифера вхідного потоку повітря, насоса, системи гідравлічного зв'язку калориферів, калорифера температурної підготовки вхідного потоку, іонізатора повітря, солодовирощувального барабана з дозатором подачі зерна, лінії подачі води в зрошувальну систему та лінії відведення відпрацьованого повітря, калорифера вихідного потоку повітря. У пристрої солодовирощувальний барабан виконано із двох коаксіальних емностей різних діаметрів: зовнішнього і внутрішнього. Структурний малюнок пристрою для пророщування солоду зображено на рисунку 1.16. [29]



Фіг. 1

Рисунок 1.16 – Структурний малюнок пристрою для пророщування солоду

1.4 Висновки та постановка задачі

Згідно пройденого матеріалу та розглянутих способів автоматизації керування пневматичних та гідравлічних систем, було вирішено задіяти метод інтеграції в пневматичний стенд FESTO програмований логічний контролер. Для полегшення способу програмування ПЛК, необхідно використати

контролер простого типу. Для вирішення цієї задачі повністю підходить програмований логічний контролер Zelio Logic версії SR2 B201BD (рис. 4.1) компанії Schneider Electric, який має більш спрощене програмне середовище, ніж контролери компанії SIEMENS. Даний контролер має 12 входів та 8 релейних виходів, яких цілком достатньо для реалізації повного автоматичного керування пневматичною системою стенду Festo Didactic TP101. Загальний вигляд контролера зображено на рисунку 1.17.

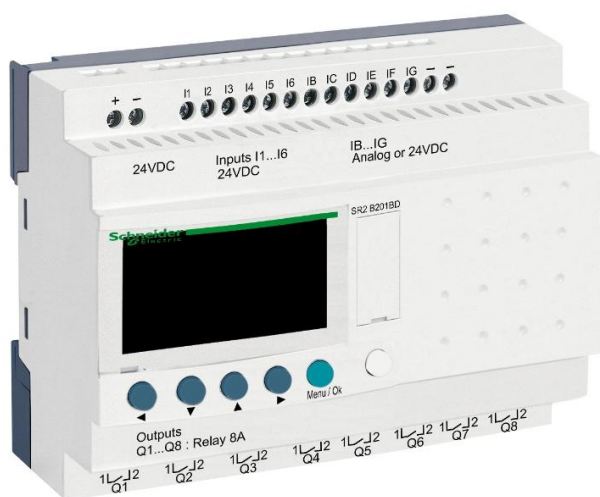


Рисунок 1.17 – Загальний вигляд контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD

Постановка задачі звучить так: Необхідно модернізувати систему керування навчального стенду пневмоавтоматики Festo Didactic TP101 із застосуванням інтелектуального реле Zelio. Для зв'язку контролера з електричною системою стенду, необхідно під'єднати його в паралель до основного фірмового контролера компанії Festo за допомогою кабелю DB-25. Додатково до цього, необхідно інтегрувати в персональний робочий комп'ютер плату розширення RS232 для комутації нового контролера з ПК та завантаження до нього програмного забезпечення.

Висновки по розділу:

В першому розділі кваліфікаційної роботи було викладено коротку характеристику електропневматичного стенду Festo Didactic TP101, система

якого виступає в якості об'єкту керування. Описані його основні елементи та виконавчі механізми.

Також були розглянуті схожі системи аналогії інтеграції контролерів в пневматичні або гідравлічні системи задля забезпечення їх автоматичним та дистанційним керуванням без присутнього людського фактору. В якості прикладів таких інтеграцій була розглянута розробка Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, які розробили керування гібридними системами (пневматичної, електричної та гідравлічної) на базі контролера МІК-51, та вже існуюча інтеграція контролера SIMATIC S7-1200 (CPU-1215C DC/DC/DC) від компанії SIEMENS в досліджувану систему електропневматичного стенду Festo Didactic TP101.

На основі розглянутих існуючих автоматичних систем пневматики та інших пневматичних патентів була поставлена задача модернізації системи керування навчального електропневматичного стенду Festo Didactic TP101, шляхом додаткової інтеграції більш спрощеного програмованого логічного контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD компанії Schneider Electric для подальшої розробки проекту методичних вказівок лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності «131». Застосування більш простого контролера повністю вирішить питання засвоєння студентами елементарної бази програмування контролерів, перш ніж переходити до програмування складного контролера SIEMENS.

Додатково до цього, необхідно інтегрувати в персональний робочий комп'ютер плату розширення RS232 для комутації нового контролера з ПК та завантаження до нього програмного забезпечення.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.01.ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА САК ПНЕВМАТИЧНИМ СТЕНДОМ ТА ЇЇ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

2.1. Функціональна схема. Моделювання об'єкту (системи)

Перед фізичною зборкою об'єкта, необхідно створити його теоретичну модель з можливістю симуляції в реальному часі, яка дозволить зрозуміти всі її особливості та, шляхом тестування, завчасно переконатися в її працездатності. Для вирішення таких чітко-направлених потреб можна скористатися фірмовим програмним середовищем компанії FESTO – FluidSIM Pneumatic. В даному середовищі повністю надана можливість будувати та симулювати різного роду пневматичні системи разом з їх електричною керуючою частиною, що дозволить нам переконатися в правильності побудови електро-пневматичної системи ще на етапі її розробки.

За основу системи, що будуватиметься, візьмемо уявну модель подачі деталей на конвеєр та подальшого її переміщення на закалювання в піч. Така система матиме три пневматичних циліндра, два з яких (перший та третій) будуть відповідати за переміщення деталей по конвеєру, а інший (другий) – за штампування на деталі відповідного маркування продукції. Кожен з циліндрів матиме свій особистий датчик крайнього положення, а самі циліндри керуватимуться розподільниками повітря, відповідно до свого типу. На початку конвеєра буде стояти оптичний датчик, який, при наявності деталі, запускатиме процес виробництва. Більш детально про уявну модель системи в пункті 2.6.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>РОЗДІЛ 2</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Штефурок Д.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					28	64
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>				<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

Відкрив програмне середовище FluidSIM Pneumatic, в якому створив новий проект та додав у нього необхідні елементи пневматики, згідно їх достовірних позначень, що вказані на самих елементах стенда. Додані елементи пневматики зображені на рисунку 2.1.

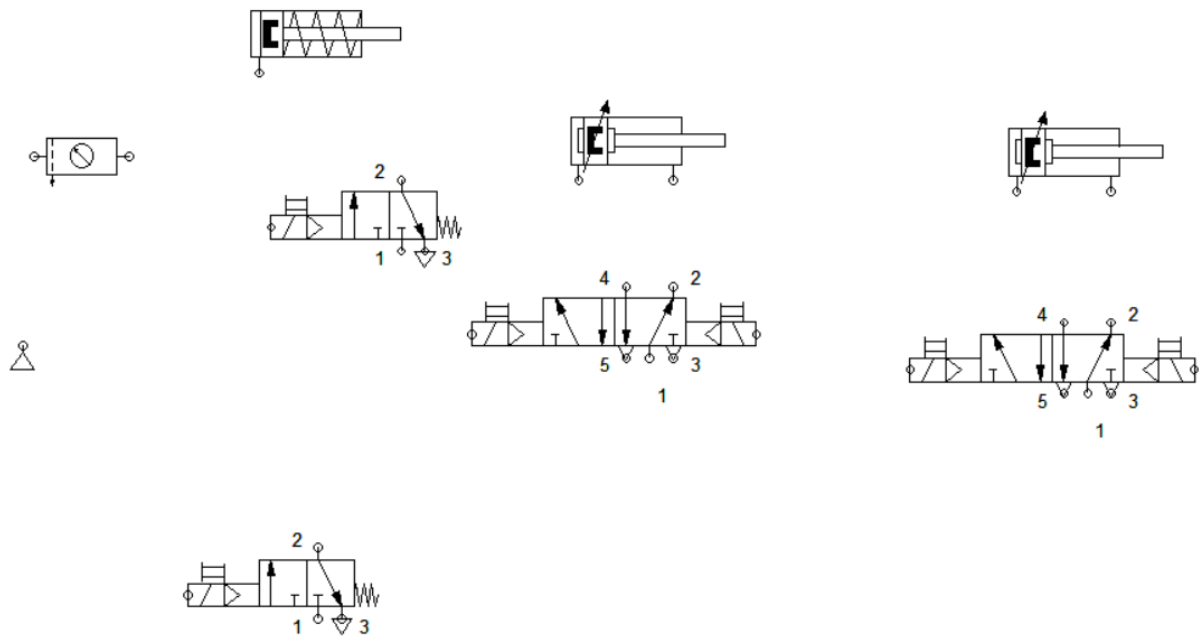


Рисунок 2.1 – Додані елементи пневматики

З'єднав кожен з елементів між собою та підписав відповідно. Утворена пневматична частина схеми зображена на рисунку 2.2.

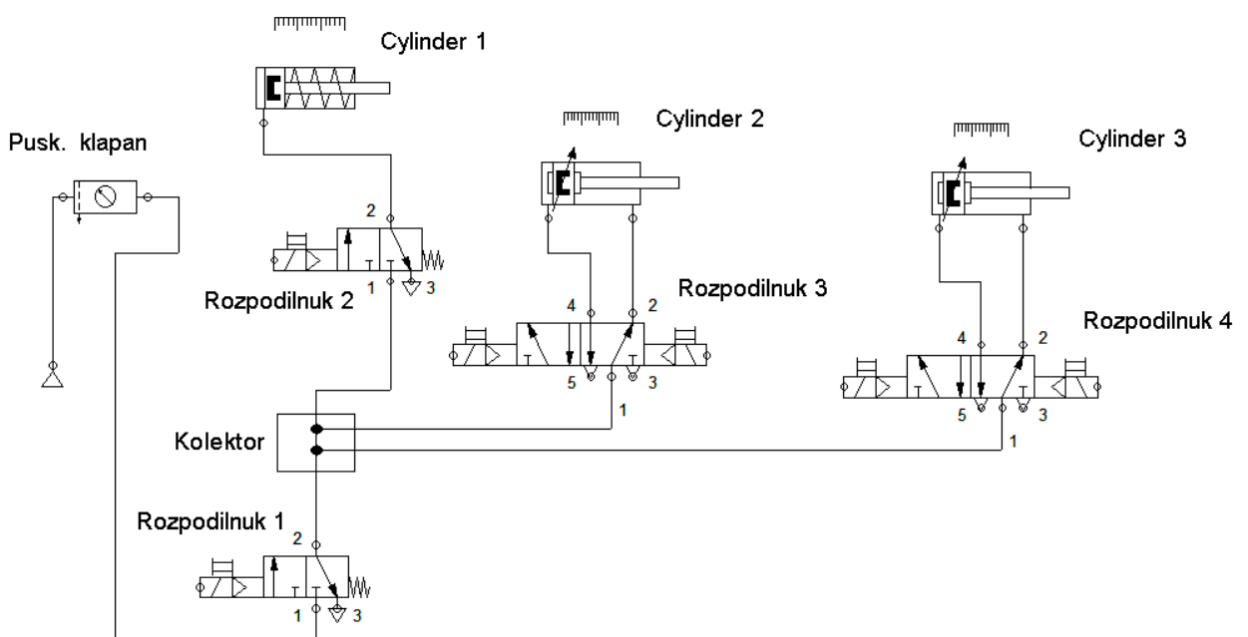


Рисунок 2.2 – Утворена пневматична частина схеми

Розподільники 1 та 2 (рис. 2.2) в даному випадку являють собою два окремих клапана одного 2x3/2 розподільника соленоїдного (рис. 1.4), які керуються окремо, в той час як розподільники 3 та 4 (рис. 2.2) є окремими розподільниками 5/2 з подвійним соленоїдом (рис. 1.8). Загалом, на реальній побудованій схемі будуть використовуватися лише три розподільника, а таке розділення створено для окремого позначення роботи кожного клапана.

Далі побудував електричну схему з'єднань. В програму додав логічний модуль та підписав його відповідно до назви обраного контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD. Також, для керування системою додав на схему три кнопки (I1, I2, I3), що відповідають кнопкам на блоку введення логічних сигналів (рис. 2.16).

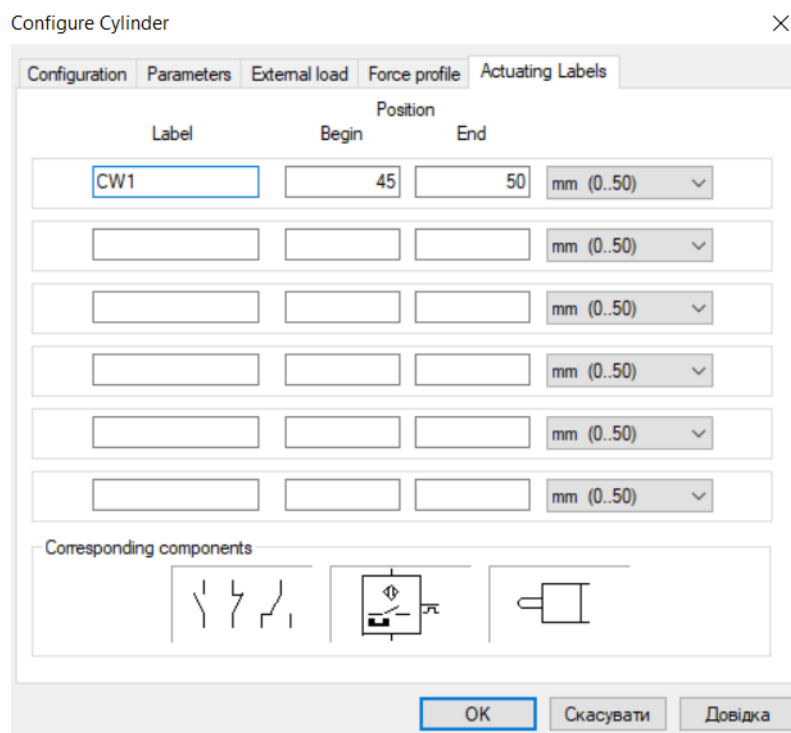


Рисунок 2.3 – Встановлений зв'язок з циліндром

Так як в програмі немає електричних елементів, які відповідають за точне відтворення деяких датчиків, для симуляції електричних кінцевих вимикачів, які будуть сигналізувати про крайнє положення першого та другого циліндра, створив два контакти (згідно схеми на самих вимикачах, рис. 2.19) з відповідними назвами (CW1, CW2), які прив'язав до крайніх

положень циліндрів в програмі (рис. 2.3). Дані контакти (рис. 2.4) будуть спрацьовувати та замикатись при умові досягнення пневматичних циліндрів свого крайнього положення під час симуляції програми, та, замикаючись, подаватимуть сигнал на ПЛК, який його реєструватиме. Для симуляції датчика наближення електричного (рис. 2.20), що буде встановлений для фіксації крайнього положення третього пневмоциліндра, використав наявний в бібліотеці елементів прилад (CW3, рис. 2.4), який схематично повністю відповідає нашому приладу.

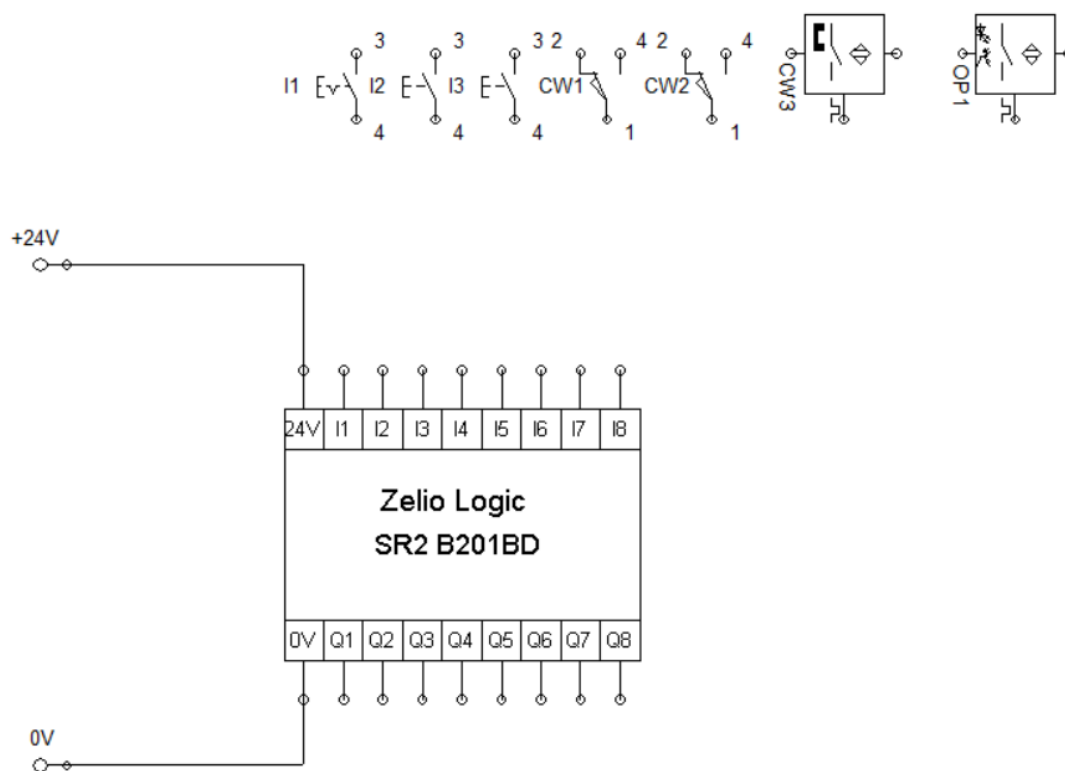


Рисунок 2.4 – Додані елементи кнопок та датчиків

Для симуляції оптичного датчика наближення (рис. 2.18), також використав наявний в бібліотеці елементів прилад (OP1), який схематично повністю відповідає даному типу датчика (рис. 2.4).

Всі кнопки управління системою та елементи, що будуть відповідати за симуляцію різного роду датчиків, підписав та з'єднав з входами контролера разом із живленням. Утворена частина електричної схеми підключень зображена на рисунку 2.5.

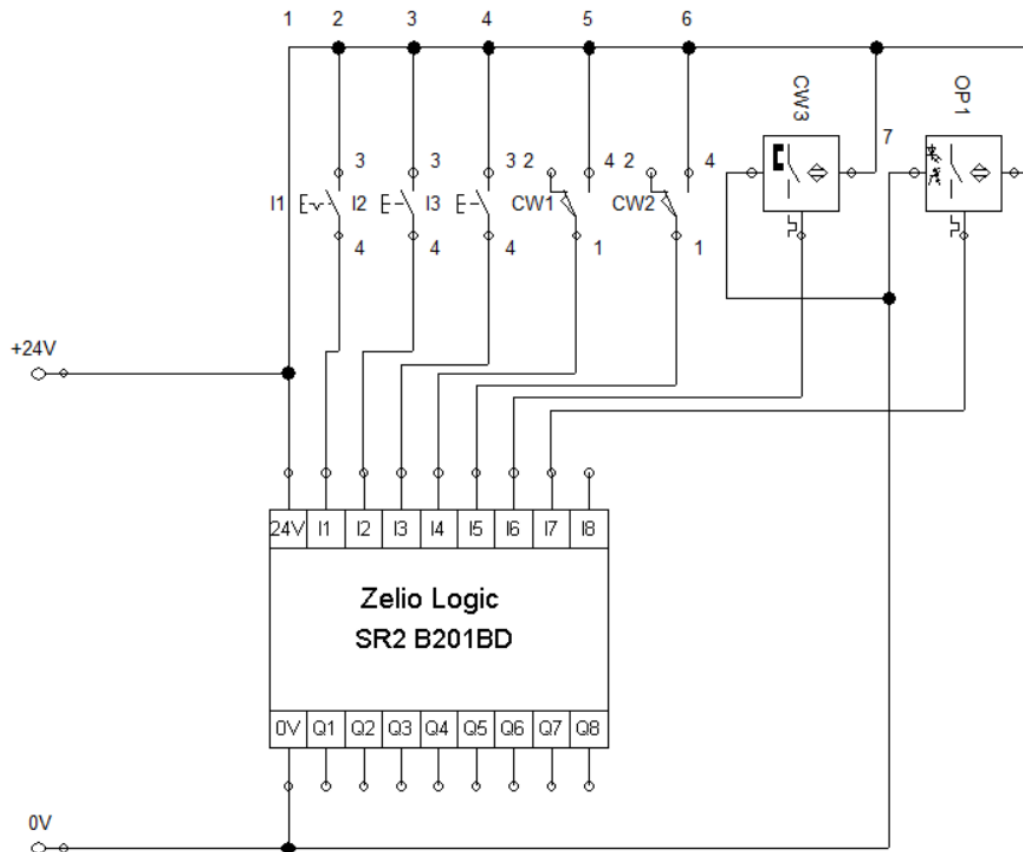


Рисунок 2.5 – Утворена частина електричної схеми підключень

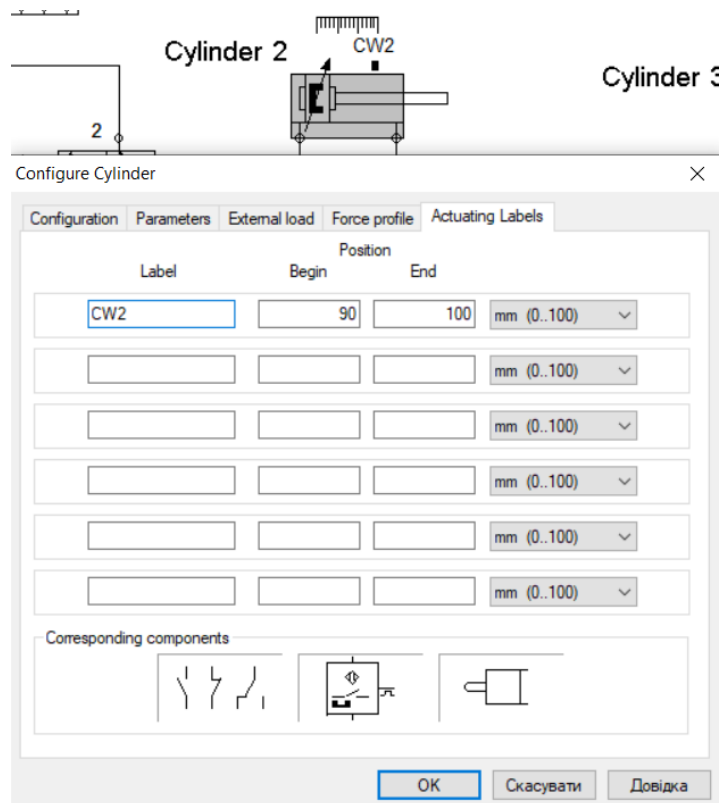


Рисунок 2.6 – Налаштування комутації датчиків з циліндрами

Налаштував комутацію кінцевих вимикачів та датчиків з циліндрами, прив'язавши до їх кінцевих положень. Налаштування комутації датчиків з циліндрами зображена на рисунку 2.6.

Для передачі сигналів з контролера на перший клапан розподільника 1, створив соленоїдне реле (K1), яке підписав відповідно, та в налаштуваннях вказав зв'язок з клапаном розподільника (рис. 2.8), над яким буде здійснюватися керування. Так само вчинив і з другим клапаном розподільника 1 (K2). Соленоїдне реле буде передавати електричний сигнал з контролера на розподільник, тим самим приводячи його в дію. З'єднав створені реле з виходами контролера (Q1 та Q2). Утворена частина електричної схеми підключень зображена на рисунку 2.7.

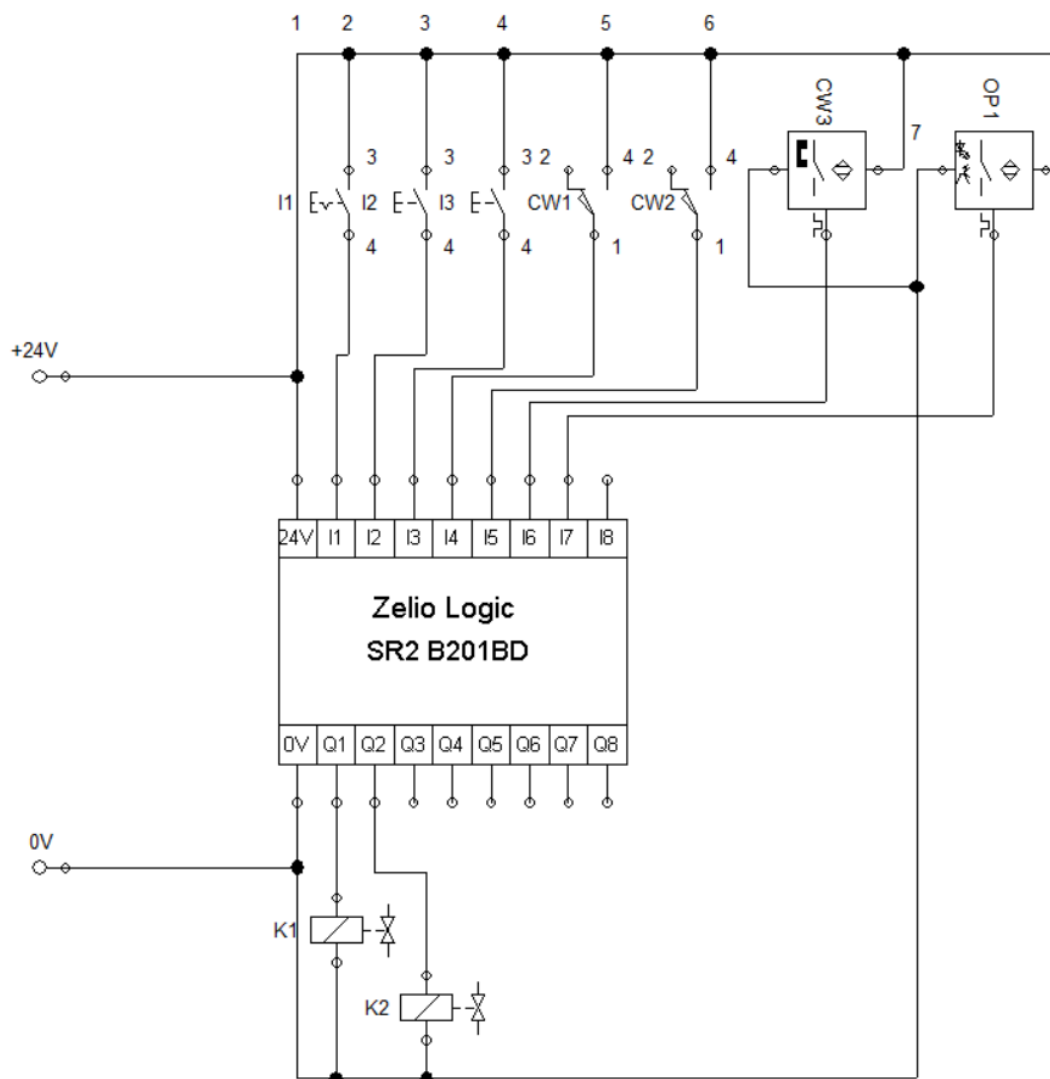


Рисунок 2.7 – Утворена частина електричної схеми підключень

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------

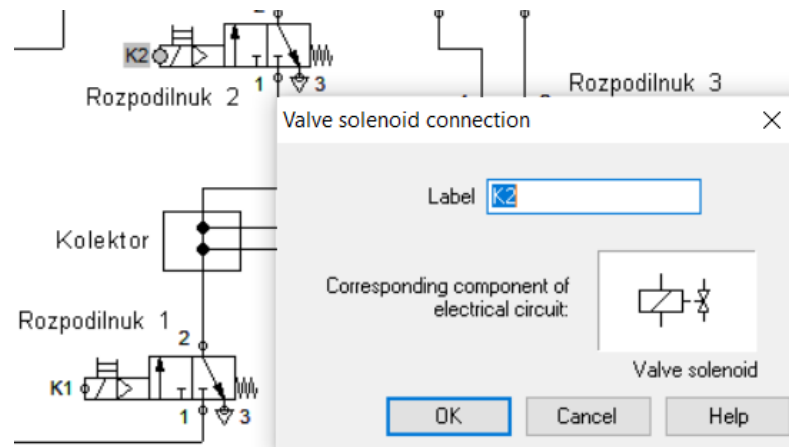


Рисунок 2.8 – Створені зв'язки з розподільниками

Так як розподільники 3 та 4 керуватимуть двосторонніми циліндрами 2 та 3 (рис. 2.2), необхідно реалізувати переключення положення розподільника з постійною подачею стисненого повітря в один із його клапанів. Цього можна досягти шляхом використання блоку реле (рис. 2.17), який дає змогу перемикає подачу сигналу одного контакту між двома положеннями. Таким чином, можливе почергове керування подачею тичку в кожен клапан двостороннього циліндра.

Програмне середовище FluidSIM Pneumatic не має у своєму наборі бібліотеки відповідного елемента блоку реле, тому створив два елементи двопозиційного контакту (R1 та R2), які відповідають схемі на самому елементі релейного блоку (рис. 2.9). Для керування такими контактами створив звичайне реле (R1 та R2), кожне з яких вже з'єднав з виходами контролера та, в налаштуваннях, зв'язав їх з двопозиційними контактами. Додані елементи електричної частини схеми з налаштованими електричними зв'язками зображено на рисунку 2.9.

Циліндри 2 та 3 є двосторонніми, отже і їх розподільники також двосторонні. Для таких розподільників необхідне відповідне двостороннє керування. Для цього на кожен з розподільників створив по два соленоїдних реле (K3-K4 та K5-K6), які з'єднав зі створеними двопозиційними контактами (R1 та R2) (рис. 2.11) та параметрично зв'язав з кожним керуючим входом розподільників (рис. 2.10). Таким чином, реле R1 та R2 керуватимуть

двопозиційними контактами R1 та R2, які перемикатимуть положення двостороннього розподільника між двома позиціями.

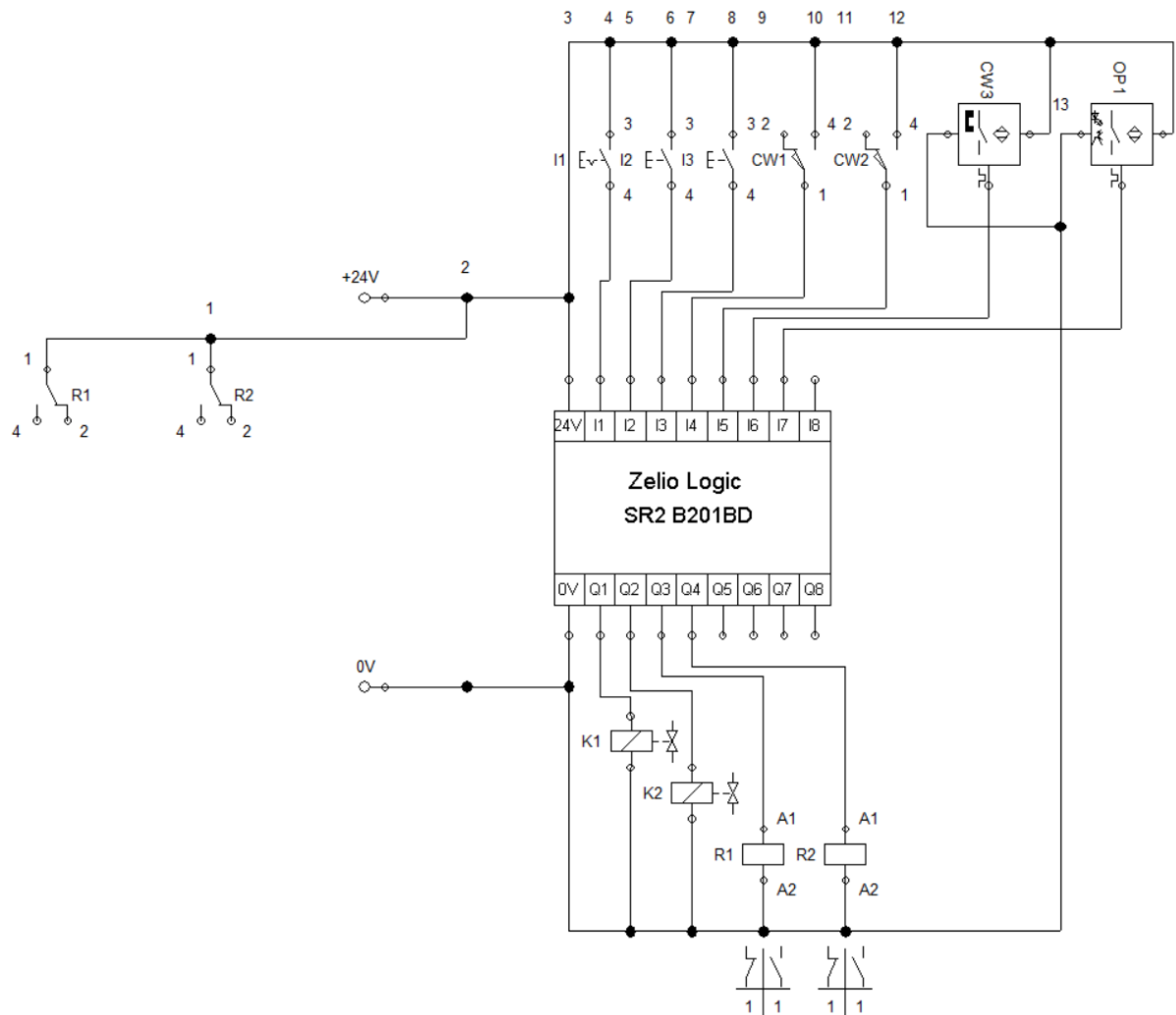


Рисунок 2.9 – Додані елементи зі зв'язками

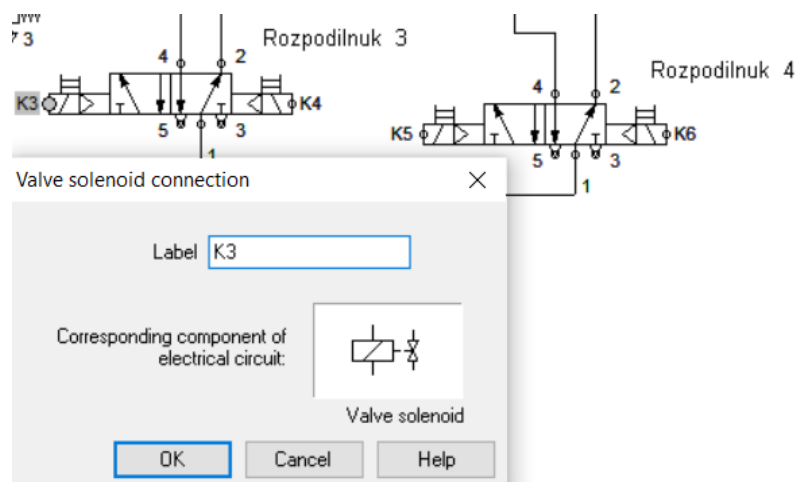


Рисунок 2.10 – Налаштовані зв'язки

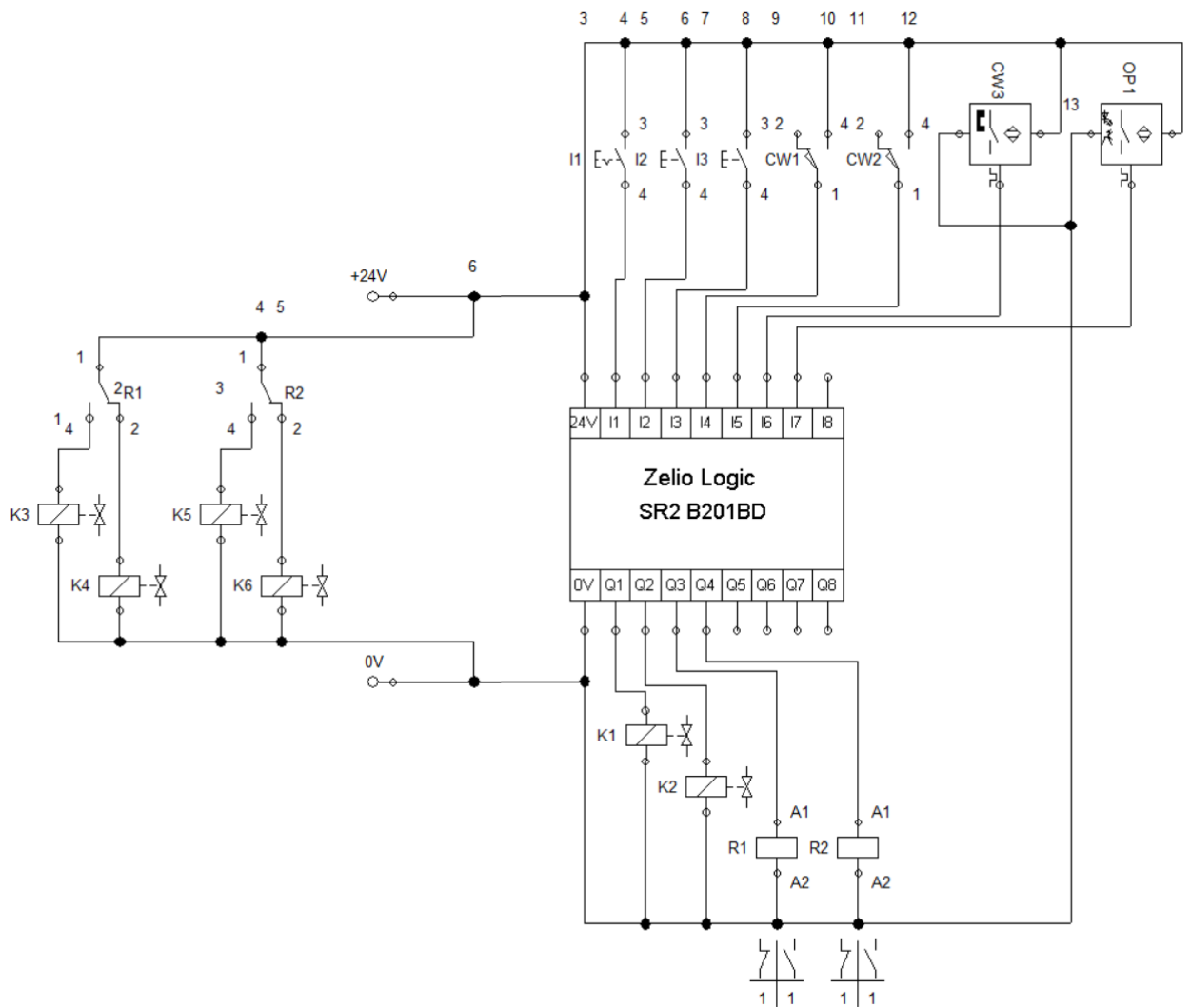


Рисунок 2.11 – Додані елементи зі зв'язками

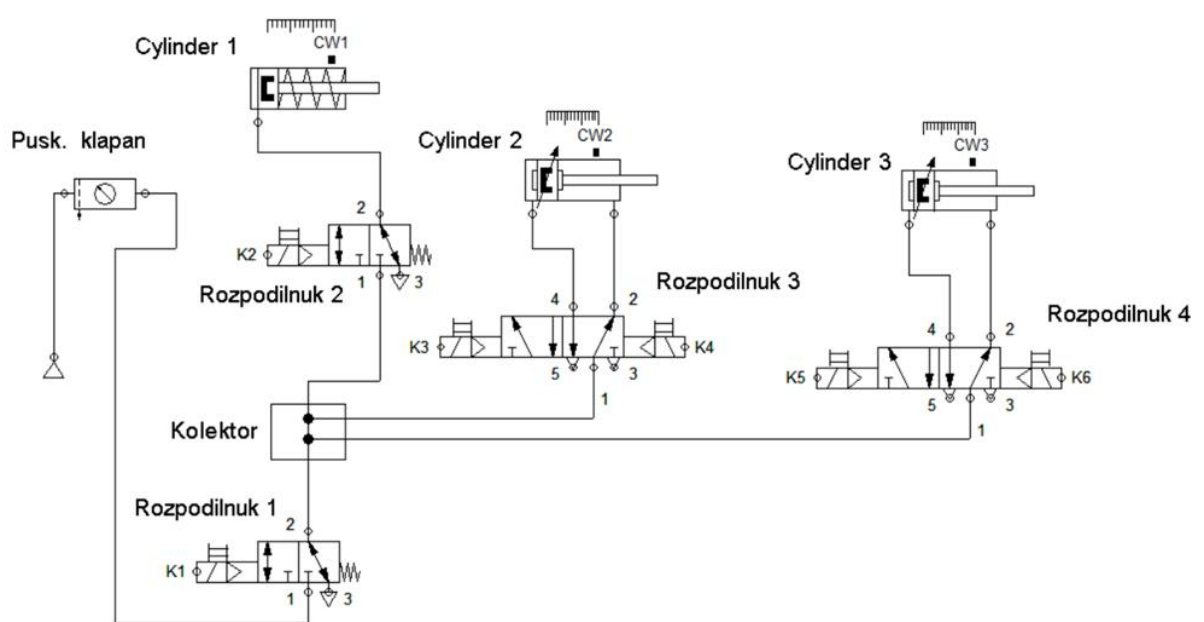


Рисунок 2.12 – Зібрана пневматична схема

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------

Повна зібрана пневматична та електрична схеми з налагодженими зв'язками зображені на рисунку 2.12 та 2.13.

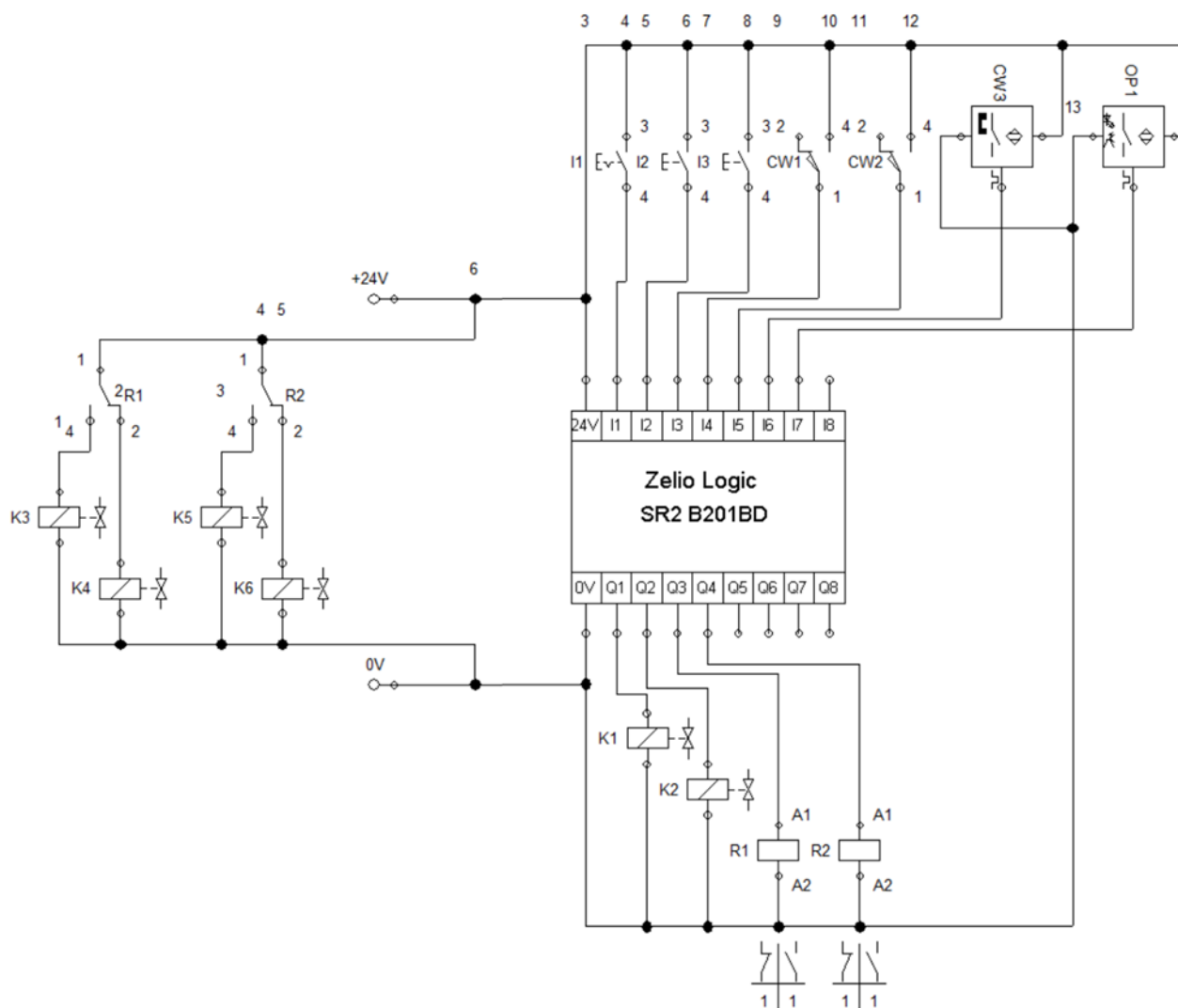


Рисунок 2.13 – Зібрана електрична схема

Зайшов в налаштування контролера та з'єднав входи з виходами контролера, які відповідають безпосередньо за керування розподільниками. Писати велику та складну програму роботи системи в даному середовищі не є вірним рішенням, адже воно не призначене під такі цілі, а його програмне середовище вкрай обмежене в своїх розмірах та можливостях. Сама програма роботи контролера буде написана в подальшому лише в середовищі, яке під це призначене. Вигляд з'єднань всередині контролера зображено на рисунку 2.14.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

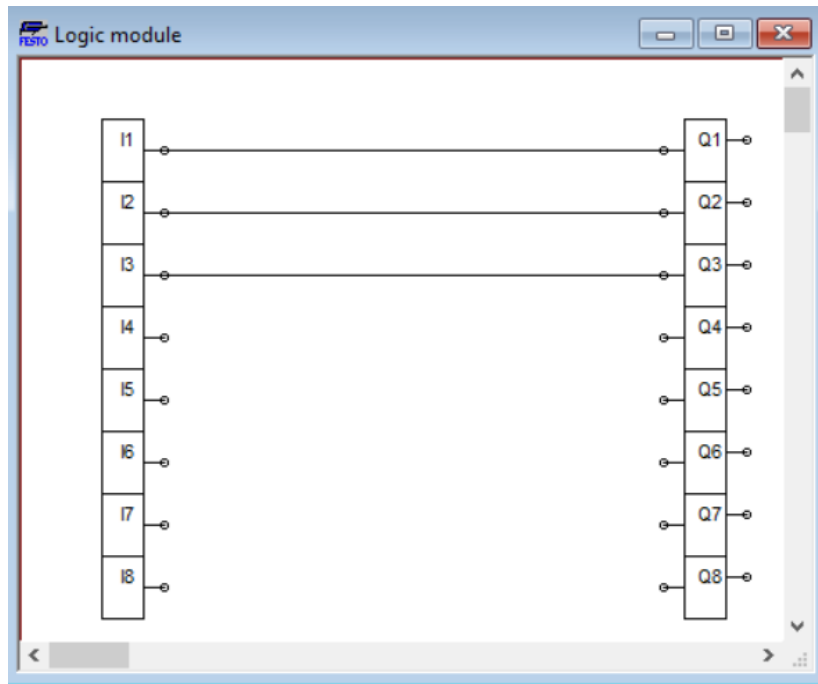


Рисунок 2.14 – Вигляд з'єднань всередині контролера

Переконався в правильності побудованих зв'язків системи, провівши її симуляцію. Результати симуляції побудованої системи зображено на рисунках 2.15 та 2.16.

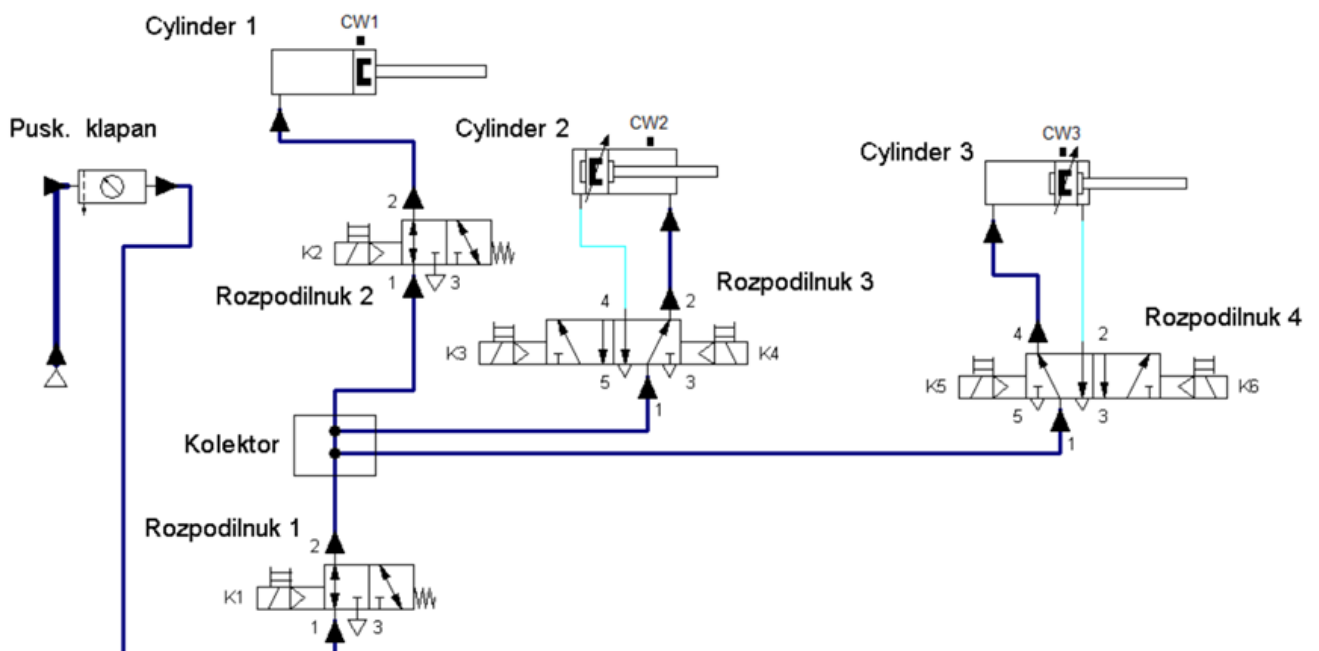


Рисунок 2.15 – Симуляція побудованої пневматичної системи

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

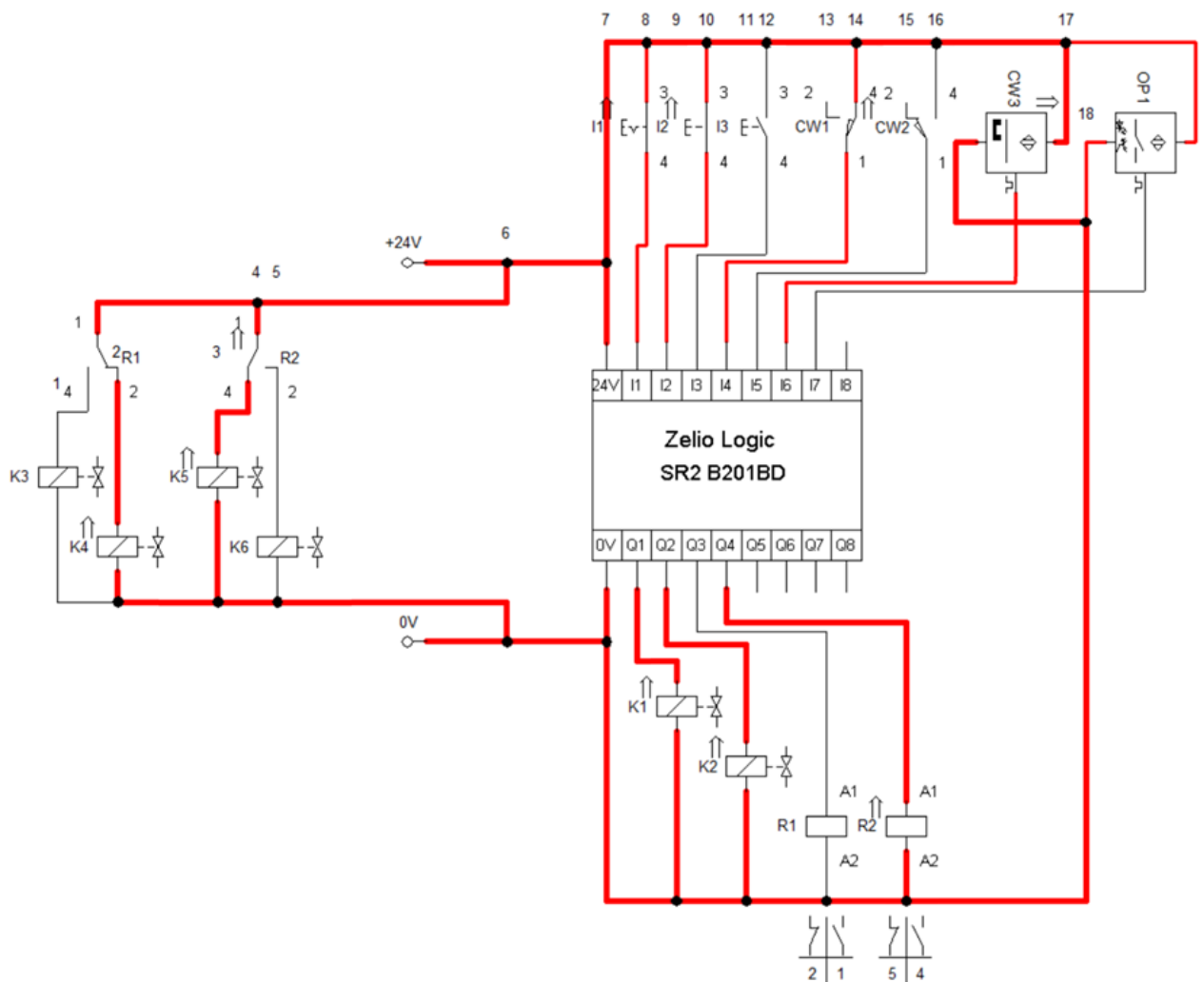


Рисунок 2.16 – Симуляція побудованої електричної системи

Після симуляції системи, вивів графіки роботи пневматичних циліндрів, розподільників, та інших елементів системи.

Висновок: Згідно отриманих графіків, переконався, що система працює належним чином. Всі елементи як електричної, так і пневматичної частин побудовані та зв'язані один з одним без жодних помилок. Система повністю працездатна та може бути реалізована фізично. Графіки симуляції системи зображені на рисунку 2.17.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

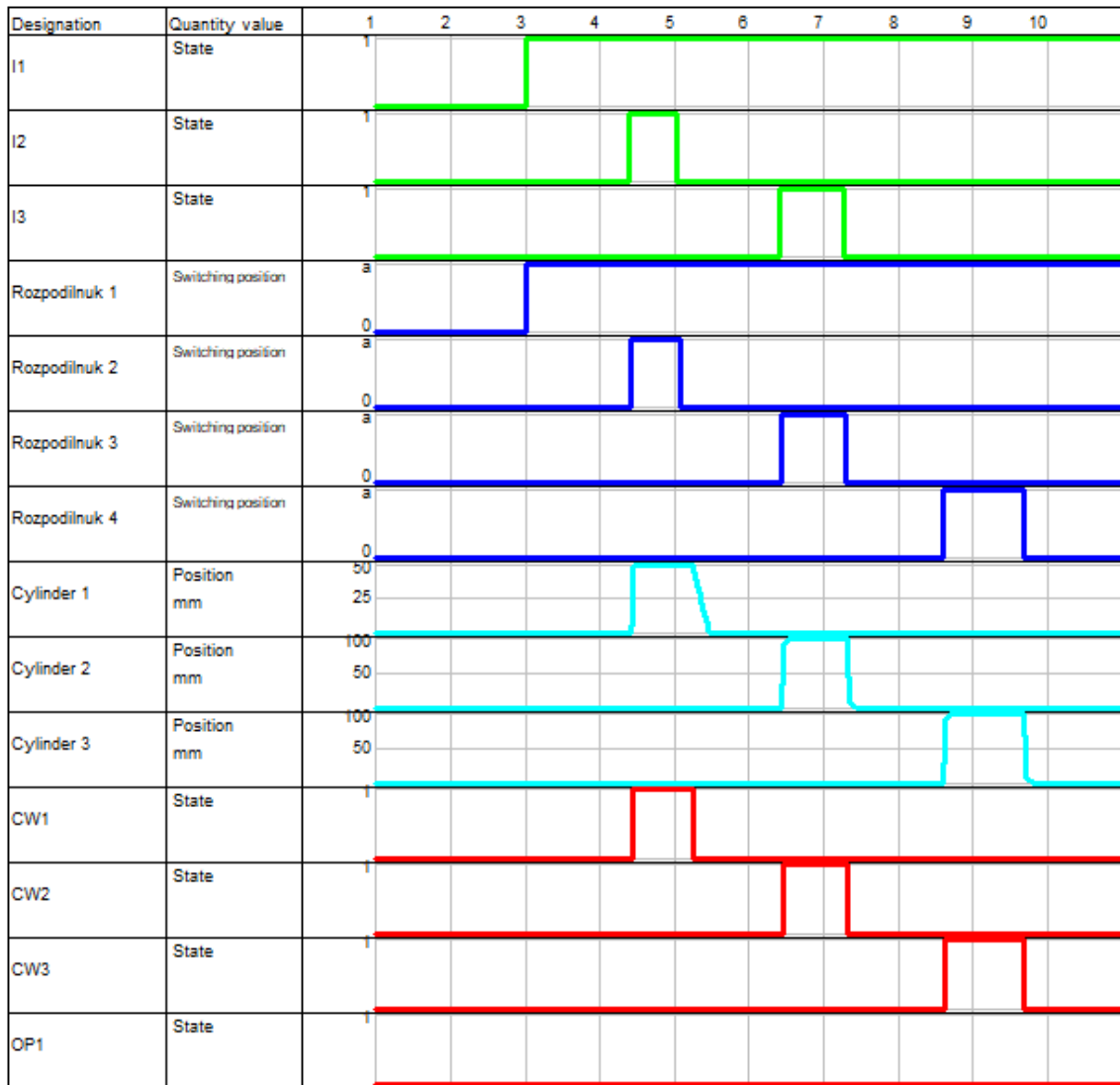


Рисунок 2.17 – Графіки симуляції системи

2.2. Вибір технічних засобів автоматизації

Для реалізації ручного керування пневматичною системою стенда були обрані фірмові елементи блоку подачі сигналів та двох додаткових релейних блоків, які входять до складу Festo Didactic Tr 101.

Блок введення електричних сигналів

Блок введення електричних сигналів являє собою коробку електричних входів та виходів, з трьома кнопками та наборами контактів, якими вони керують. Загалом даний блок введення електричних сигналів має 12 контактів. На кожную кнопку керування припадає по чотири контакти, два з яких є

нормально-розімкненими, а інші два – нормально-замкненими. При натисненні на кнопку подач сигналу, вона взаємодіє з власним блоком електричних контактів, за який відповідає, та замикає/розмикає їх (в залежності від їхнього виду дії).

Для своєї нормальної роботи даний блок також повинен живитися напругою в 24V, яку при спрацюванні, пропускає крізь свої контакти та передає на інші елементи системи. Загальний вигляд блоку подачі логічних сигналів показано на рис. 2.18.

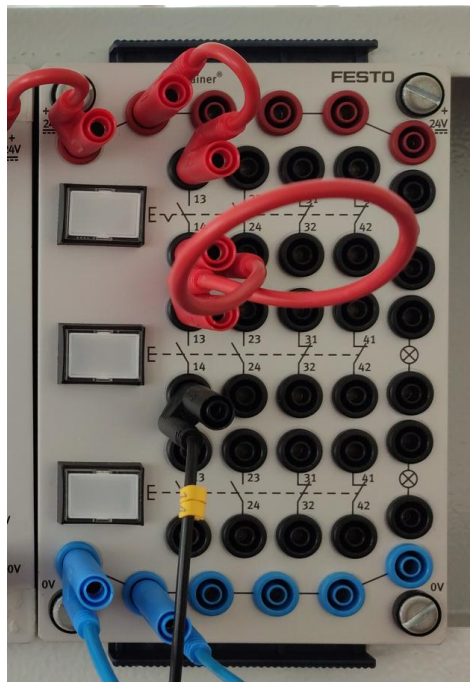


Рисунок 2.18 – Блок введення електричних сигналів

Блок з 3 електричних реле

Блок реле являє собою таку саму коробку електричних входів та виходів, з трьома наборами релейних контактів, за спрацювання яких відповідає електричне реле. Тобто, замість тих самих «фізичних» кнопок, як в блоку введення електричних сигналів, ми маємо електричний вхід, при подачі електричного сигналу на який, спрацьовує електричне реле, та замикає/розмикає контакти, що йому належать. Даний блок реле так само має по чотири контакти на реле. Загалом - 12 контактів. Однак, на відміну від блока введення електричних сигналів, у кожного з контактів блоку реле є два

контакт, через який від буде пропускати сигнал у разі свого спрацювання. Живлення даного пристрою можна реалізувати як окремими проводами, під'єднавши їх до клем пристрою, так і одним спеціальним (фірмовим) проводом, який з однієї сторони містить в собі три роз'єми для порту з пінами, що присутні на самому пристрої, а з іншої – три різні виходи у вигляді проводів для клемника. Такий оптичний датчик наближення є доволі простим у використанні та не потребує додаткових налаштувань. Загальний вигляд оптичного датчика наближення показано на рис. 2.20.



Рисунок 2.20 – Датчик наближення, оптичний

Електричний кінцевий вимикач

В якості датчиків, які будуть відповідати за зняття крайніх положень перших двох циліндрів, були обрані фірмові електричні кінцеві вимикачі, які входять в набір стенду Festo Didactic Tr 101. Електричний кінцевий вимикач є не тільки електронним пристроєм, але й пристроєм фізичного спрацювання. За своєю суттю вимикач є звичайним контактом з двома входами (синій та червоний відповідно) та одним виходом. Загальний вигляд кінцевого вимикача показано на рис. 2.21.

В середині пластикового корпусу вимикача вбудований мікровимикач, який обладнаний роликовим важелем і електричними з'єднаннями. Такий мікровимикач може перебувати як у нормально розімкненому стані, так і

нормально замкнутому, відповідно до його підключення. Також є можливість підключення мікрровимикача в якості контакту, що перемикається.

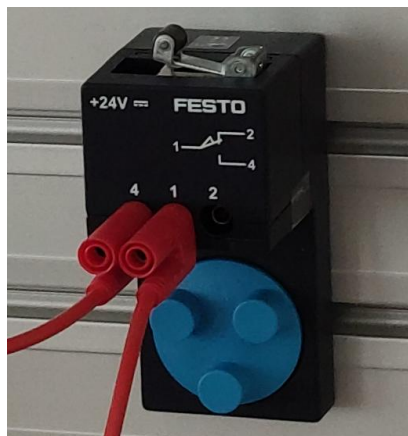


Рисунок 2.21 – Кінцевий вимикач, електричний

Електричне підключення та принцип роботи цього приладу нічим не відрізняється від оптичного датчика. Однак, на відміну від нього, умови спрацювання він має зовсім інші. Кінцевий вимикач пропускає крізь себе сигнал лише тоді, коли головка поршня циліндра (або якийсь інший елемент системи) фізично не натисне на його контакт/кнопку.

Технічні характеристики електричного кінцевого вимикача наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики кінцевого вимикача електричного

Напруга живлення	24В постійного струму
Струм на контактах (максимальний)	5 А
Частота перемикання (максимальна)	200 Гц
Відтворювана точність перемикання	0.2 мм
Шлях перемикача	2.7 мм
Сила спрацювання	5 Н

Технологічна сигналізація стану реалізується за допомогою декількох манометрів, присутніх в різних місцях пневматичної системи. Загалом встановлені три манометри для виводу поточних значень тиску повітря в

системі, два з яких є фізичними, а один – електричним.

Електричний датчик наближення

В якості датчика крайнього положення, який буде реєструвати роботу третього циліндра в його крайньому положенні, був обраний фірмовий електричний датчик наближення, який входить в набір стенду Festo Didactic Tr 101. Електричний датчик наближення є доволі малим пристроєм, який кріпиться на пневматичний циліндр відповідним кріпленням та дає можливість виявити, коли саме поршень всередині циліндра досягає свого крайнього положення. Його принцип роботи полягає в тому, що при наближенні до електричного поля датчик починає видавати електричний сигнал. В свою чергу, поршень циліндра є намагніченим (або постійний магніт на поршні циліндра), за рахунок чого датчик і відчуває його переміщення всередині, відносного свого положення. Загальний вигляд електричного датчика наближення показано на рис. 2.22.



Рисунок 2.22 – Датчик наближення, електричний

Стан роботи датчика відображається спеціальним жовтим світлодіодом, що влаштований в корпус.

За своїм електричним підключенням він майже нічим не відрізняється від оптичного датчика наближення. Однак, якщо у оптичного датчика є можливість вибору типу підключення живлення (трьома різними проводами або одним спеціальним, фірмовим), то цьому достатньо лише одного спеціального (фірмового) проводу з трьома пінами та різними виходами, адже пристрій дуже компактний і не має клем.

В наборі стенду такий датчик наближення є у двох екземплярах, що дає можливість перевіряти крайні положення як одного пневмо-циліндра, так і двох

									Арк.
									45
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ				

одночасно. Технічні характеристики датчика наближення електронного наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика наближення електронного

Робоча напруга	Від 10 до 30В постійного струму
Струм	До 200 мА
Точність перемикання	± 1 мм
Час перемикання	Ввімкнення/вимкнення: 0.5 мс

В якості датчиків, що будуть реєструвати значення тиску в системі, були обрані фірмові пусковий фільтр-регулятор з манометром, який буде стояти на вході в пневматичну систему та не тільки фільтрувати вхідне повітря, але й відображати значення тиску завдяки вбудованому манометру, та електронний манометр з одним пневматичним входом, який буде вбудований в центр системи та виводитиме точні значення тиску в системі без похибок, що дасть змогу прослідкувати за його змінами з точністю чисел до сотих. Дані елементи також присутні в наборі стенду Festo Didactic Tr 101.

Загальний пусковий клапан з манометром

Загальний пусковий клапан з манометром являє собою пристрій перекриття/подачі повітря під тиском на пневматичну систему шляхом спеціального двопозиційного клапана, який керується вручну. Даний пристрій має влаштований манометр, який дозволяє слідкувати за поданим тиском повітря в системі. Також він оснащений регулювальною ручкою, яку можна повертати для установки необхідного тиску.

Окрім манометра, в пристрій влаштований фільтр-регулятор вхідного повітря з водороздільником, який здатний очищати повітря під тиском від різного роду забруднень, конденсату та іржі. Таким чином, в пневматичну систему подається вже відфільтроване повітря під тиском, що значно зменшує негативний вплив на систему та збільшує її термін експлуатації. Загальний вигляд загального пускового клапана показано на рис. 2.23.



Рисунок 2.23 – Загальний пусковий клапан

Технічні характеристики загального пускового клапана з манометром наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики загального пускового клапана з манометром

Положення для монтажу	Вертикальне, з похибкою $\pm 5^\circ$
Витрата (номінальна)	110 л/хв
Вхідний тиск	від 100 до 1000 кПа (1-10 бар)
Робочий тиск	від 50 до 700 кПа (0.5-7 бар)

Окрім манометра на загальному пусковому клапані, в наборі елементів стенду також присутній електронний манометр з одним пневматичним входом. Він являє собою універсальний пристрій для показу та реєстрації значень тиску в системі. Такий манометр оснащений датчиком тиску з дисплеєм та індикатором. Загальний вигляд електронного манометра показано на рис. 2.24.

Електричний манометр дає можливість більш чітко з'ясувати реальний тиск в системі, та прослідкувати його зміни. Так як електричний манометр є мобільним пристроєм, це дає змогу приєднувати його в різні частини схеми та дізнаватися про перепади тиску повітря, його втрати на вході та виході

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------

КОЖНОГО З ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ.



Рисунок 2.24 – Електронний датчик тиску

Технічні характеристики датчика тиску наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики датчика тиску

Робоча напруга	від 15 до 30 В постійного струму
Максимальна залишкова пульсація	10%
Тиск (робочий)	від 0 до 10 бар (0-1000 кПа)
Вихід (аналоговий)	від 0 до 10 В
Функція виводу	Нормально відкритий контакт, позитивне перемикання
Струм спрацьовування (максимальний)	150 мА

Технологічний захист та блокування

Для організації безпеки роботи пневматичної системи стенду, деякі елементи його набору містять в собі спеціальні клапани скидання тиску. Наприклад, саме такий клапан безпеки вбудований в загальний пусковий клапан подачі тиску в систему.

Під час роботи системи, при ручному перекритті загального пускового клапану подачі повітря в систему, той автоматично переходить в закрите

положення для подачі повітря, й одночасно відкрите для спуску стисненого повітря, що залишилося в системі. Таким чином тиск в системі вирівнюється з атмосферним тиском, за рахунок чого система стенду втрачає свою енергію й робота стенду зупиняється. Такий принцип скидання повітря є дуже доцільним зі сторони техніки безпеки, адже стиснене повітря вже не зможе зашкодити людині під час ремонтних робіт на робочому місці.

2.3. Конфігурування програмованого логічного контролера

Zelio Logic являє собою серію компактних інтелектуальні реле, які призначені для керування простими системами автоматизації. Кожен з контролерів Zelio Logic відрізняється один від одного як розмірами, кількістю входів/виходів, наявністю дисплею з клавішами керування, так і функціональними можливостями, які характеризуються кількістю присутніх в контролері різного роду елементів (входів, виходів, таймерів, лічильників, компараторів, реле, годинників, текстовими блоками для виводу даних на дисплей тощо). Також, до самого контролера можна додавати модулі, розміри й функціональні можливості яких дозволяють обрати необхідний модуль для певної ситуації.

Обрана версія контролера Zelio Logic «SR2 B201BD» живиться напругою в 24В, що дозволяє використовувати для його роботи вже існуючий блок живлення FESTO, без додаткових витрат на окремий пристрій.

У верхній частині контролера можна побачити два окремих входи «+» та «-», які призначені для живлення контролера. Поруч з ними розташовані 12 входів: 6 дискретних (I1-I6) та 6 аналогових 0-10V (IB-IG). В подальшому на них будуть подаватися вхідні сигнали.

У нижній частині так само розташовані 8 виходів (Q1- Q8), з яких будуть видаватися вихідні сигнали на керуючу систему.

Всі входи та виходи контролера є контактами релейного типу, що робить контролер доволі мобільним і зручним у встановленні та експлуатації.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Загальний вигляд контролера зображено на рисунку 2.25.

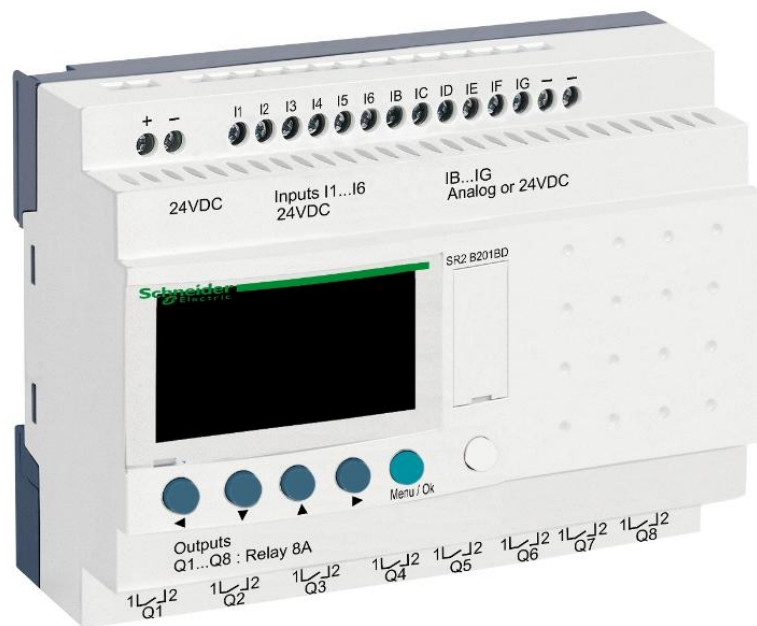


Рисунок 2.25 – Загальний вигляд контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD

Майже кожен з контролерів Zelio Logic, окрім кнопок керування, обладнаний невеликим дисплеєм для виводу інформації та досить зручним інтерфейсом.

Кожен дисплей контролера вміщає в себе 4 строки інформації, на яких виводяться текстові дані. При включенні контролера, на дисплеї автоматично будуть відображені такі дані:

- входи (від 1-6 до B-G, відображаються у верхній строчці контролера);
- виходи (1-8, відображаються у нижній строчці контролера);
- стан, в якому на даний момент знаходиться контролер (STOP/RUN LD);
- поточний день, число, місяць та година.

Зовнішній вигляд початкового дисплея контролера зображено на рисунку 2.26.

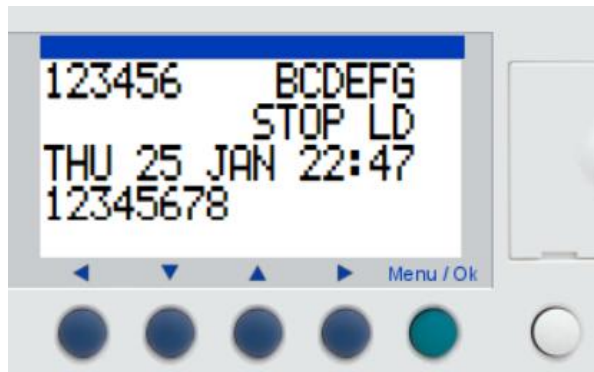


Рисунок 2.26 – Початковий дисплей контролера

Контролер в своєму програмному забезпеченні має такі мови програмування: LD (Ladder diagram), FBD (Function Block Diagram) та SFC. При створенні нового проекту в офіційному програмному середовищі контролера Zelio Logic також можна переконаватися у правильно обраній конфігурації пристрою. Конфігурація контролера та вибір мови програмування зображено на рисунку 2.27.

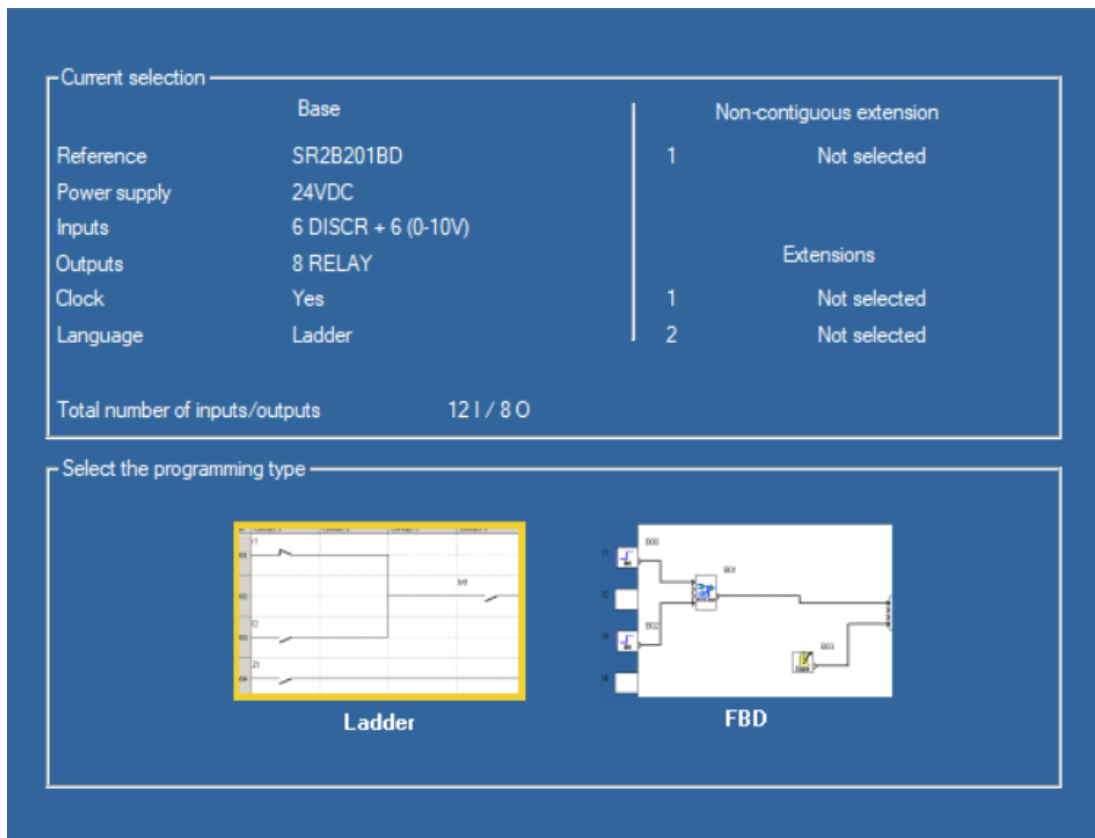


Рисунок 2.27 – Конфігурація контролера та вибір мови програмування

Для налаштування конфігурації Zelio Logic використовують програмне

забезпечення Zelio Soft, яке може забезпечити спрощене програмування невеликих установок мовами Ladder, FBD та SFC.

Контролер серії «SR2 B201BD» в своєму програмному середовищі має такий набір елементів:

- входи «Discrete inputs» (12 входів від I1-I6 до IВ-IG);
- елемент кнопка «Zx keys» (4 кнопки, Z1-Z4);
- набір реле «Auxiliary relays» (56 реле від M1 до NV);
- виходи «Discrete outputs» (8 виходів, Q1-Q8);
- набір таймерів «Timers» (28 таймерів, T1-TV);
- набір лічильників «Counters» (28 лічильників, C1-CV);
- швидкий лічильник «Fast counter» (один лічильник, K1);
- набір лічильників компараторів «Counter comparators» (8 компараторів, V1-V8);
- набір аналогових компараторів «Analog comparators» (16 компараторів, A1-AG);
- набір годинників «Clocks» (8 компараторів, 1-8);
- набір текстових блоків «Text blocks» (16 годинників, TX1-TXG);
- елемент ліхтарик «LCD Backlighting» (один ліхтарик, TL1);
- елемент пори року «Summer winter» (один елемент, W1);

Такий широкий набір елементів повністю покриває потреби в програмуванні навіть складних схем автоматизації.

2.4. Розробка програмного забезпечення

На даному етапі розробки керування системою пневматичного станда необхідно мати чітке уявлення самого процесу виробництва, за управління якого буде відповідати контролер. Тому створимо уявну модель системи виробництва. Нехай це буде керування подачею деталей на виробничий конвеєр. Маючи три виконавчих механізми в якості пневмоциліндрів,

опишемо процес виробництва.

На початку виробництва буде стояти оптичний датчик, який буде фіксувати подачу деталі на конвеєр та подавати сигнал з невеликою затримкою на перший пневмоциліндр, який буде виштовхувати деталь на конвеєр. Через деякий час деталь дійде до другого пневмоциліндра, який штампуватиме на ній умовний серійний номер або логотип компанії. Час швидкості пересування деталей по конвеєру нехай задається відповідними таймерами та датчиками кінцевого положення, які будуть створювати затримку між спрацюванням циліндрів. Після штампування, деталь дійде до третього пневмоциліндра, який виштовхне виріб з конвеєра в піч на закалювання.

Програма повинна працювати в трьох режимах: режим тестування, ручний та автоматичний режим.

В першому режимі система буде перевірятись на дефекти та несправності шляхом почергового тестування кожного з елементів системи. Досягти умови, що при поломці одного з циліндрів система буде повідомляти про помилку та, через деякий час, повністю зупинятись, перекриваючи пневматичне живлення. Вид помилки нехай виводиться на дисплей контролера. В наступних режимах роботи зберегти умови помилок та повної зупинки системи.

В ручному режимі програма буде працювати за вище описаним принципом подачі деталей на конвеєр, однак лише за один прохід. Це дозволить протестувати повну роботу системи на наявність сторонніх факторів, які можуть спричинити появу дефектів на готовій продукції в серійному виробництві.

Автоматичний режим буде повністю дублювати роботу програми ручного режиму, однак система в цьому режимі матиме змогу працювати циклічно. Така система буде готова до серійного виробництва, реагуючи на кожну нову подану деталь на вході.

Обраний режим та інша інформація з важливими повідомленнями буде

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

Для зручності орієнтування, вся програма будувалася окремими блоками, які відповідають за відповідні елементи або частину роботи системи.

Режим 1 – подача живлення та тестування.

При натисканні першої кнопки І1, оптичний датчик ІВ очікуватиме три сигнали на спрацювання, які будуть реєструватися лічильником СС4. При отриманні трьох сигналів, спрацює таймер ТТ1, який створить затримку в 5 секунд перед спрацюванням першого клапана Q1 розподільника 1 на загальну подачу повітря в систему. Після спрацювання Q1, таймером ТД створюється затримка в 5 секунд перед початком перевірки першого циліндра на працездатність. Частина схеми першого режиму роботи зображена на рисунку 2.29.

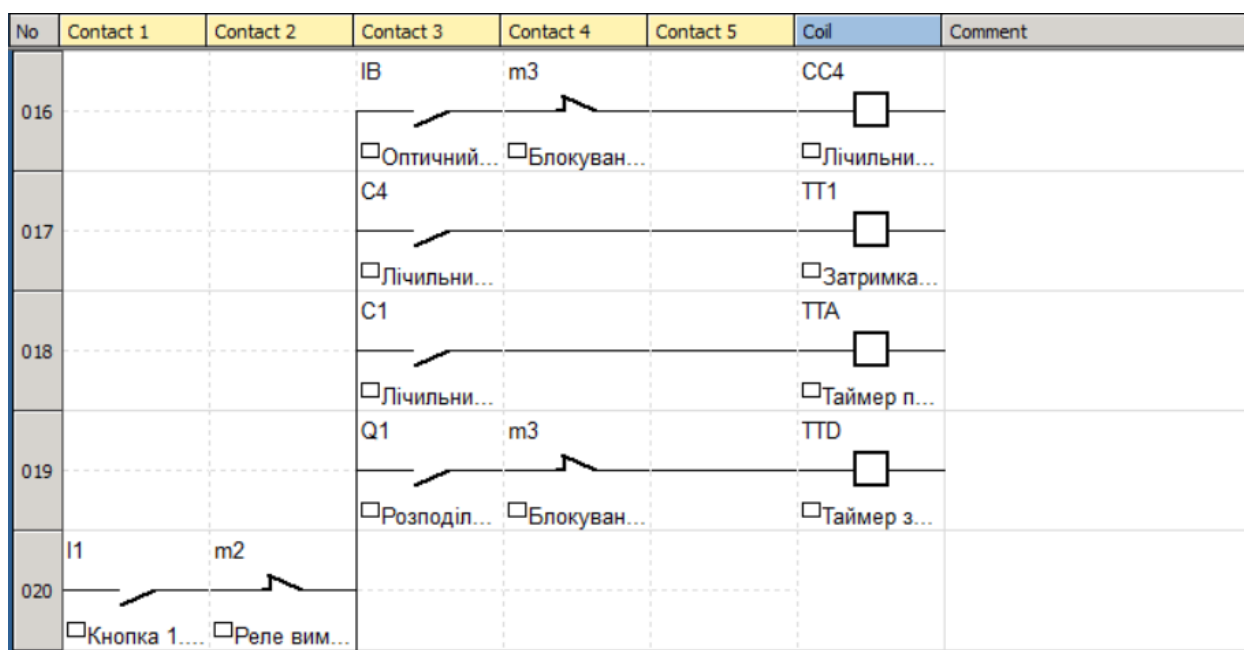


Рисунок 2.29 – Частина схеми першого режиму роботи

Таймерами Т2, Т5 та Т8 задається робота кожного з циліндрів. Таймери працюють у циклічному імпульсному режимі, подаючи кожні 3 секунди сигнал на увімкнення/вимкнення циліндра. Кінцевими вимикачами (І4, І5, І6), які встановлені на кожному циліндрі, приймаються сигнали про спрацювання кожного з циліндрів та реєструються лічильниками С1, С2 та С3. Після трьох спрацювань першого циліндра, починається перевірка другого циліндра, а

після – третього. Кожен з циліндрів перевіряється послідовно, завдяки чому є можливість визначити, який саме з циліндрів несправний. Таймери, що відповідають за роботу кожного з циліндрів зображені на рисунку 2.30.













No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Coil	Comment
005		T2  <input type="checkbox"/> Таймер п...				[Q2 <input type="checkbox"/> Розподіл...	
006			I4  <input type="checkbox"/> Циліндр ...			CC1 <input type="checkbox"/> Лічильни...	Лічильник значень кінцевого вимикача Циліндра 1
007				I5  <input type="checkbox"/> Циліндр ...		CC9 <input type="checkbox"/> Перевірк...	
008	tJ 	TN 					
009		T5  <input type="checkbox"/> Затримка... <input type="checkbox"/> Таймер п...				[Q3 <input type="checkbox"/> Розподіл...	
010			I5  <input type="checkbox"/> Циліндр ...			CC2 <input type="checkbox"/> Лічильни...	Лічильник значень кінцевого вимикача Циліндра 2
011				I6  <input type="checkbox"/> Циліндр ...		CCA <input type="checkbox"/> Перевірк...	
012	tL 	TK 					
013		T8  <input type="checkbox"/> Затримка... <input type="checkbox"/> Таймер п...				[Q4 <input type="checkbox"/> Розподіл...	
014			I6  <input type="checkbox"/> Циліндр ...			CC3 <input type="checkbox"/> Лічильни...	Лічильник значень кінцевого вимикача Циліндра 3

Рисунок 2.30 – Таймери роботи циліндрів

Обраний перший режим з таймерами, що відповідають за роботу циліндрів відображається на дисплеї контролера в реальному часі за допомогою текстового блоку TX1. Детальне зображення з відображенням даних режиму «Тестування» показано на рисунку 2.31.

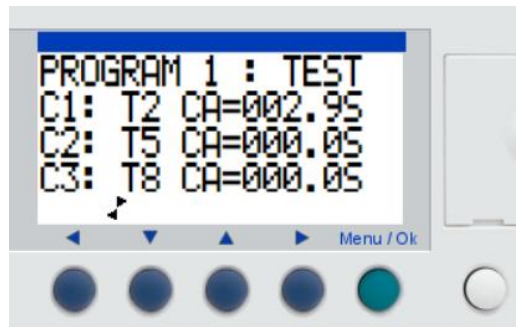


Рисунок 2.31 – Відображення даних режиму «Тестування»

На перевірку кожного з циліндрів таймерами Т3, Т6 та Т9 виділено 30 секунд. Нормальна робота циліндра під час тестування займає приблизно 16 секунд до повних трьох спрацювань. При виявленні помилки в роботі системи (один з циліндрів не спрацював), система намагається впродовж часу, що залишилося для тестування, привести циліндр в дію шляхом подальшої подачі імпульсних сигналів на нього. Якщо циліндр не відпрацює три рази за 30 секунд, які йому надані, на екран контролера виведеться інформація про несправний циліндр та його номер (наприклад: «CYLINDER 1 ERROR»). Точний вигляд помилки на дисплеї контролера показано на рисунку 2.32.

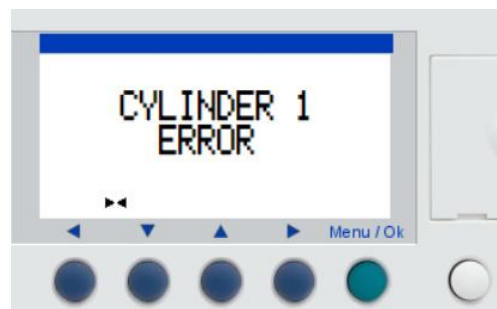


Рисунок 2.32 – Відображення помилки на дисплеї контролера

Після цього в системи буде ще 15 секунд, які задаються додатковим таймером TV, впродовж яких вона намагатиметься виконати дію. Якщо навіть додаткового часу та повідомлення про помилку не вистачає для того, щоб вирішити питання несправності, система автоматично припиняє свою роботу, повністю перекриваючи пневматичне живлення та виводячи на дисплей відповідне повідомлення з мерехтінням про свою несправність (наприклад: «STOP SYSTEM, SYSTEM NOT WORK / PLEASE – RESTART THE

SYSTEM»)). Точний вигляд повідомлення про зупинку системи на дисплеї контролера показано на рисунку 2.33.



Рисунок 2.33– Відображення повідомлення про зупинку системи

Якщо програма не виявила жодних помилок в роботі системи, після завершення тестування на екран контролера виведеться повідомлення про відсутність проблем в її роботі (наприклад: «THE SYSTEM HAS NO PROBLEM»)). Детальне зображення такого повідомлення показано на рисунку 2.34.



Рисунок 2.34 – Відображення повідомлення про відсутність проблем

Режим 2 – Ручний режим роботи.

При натисканні другої кнопки I2, не вимикаючи першу кнопку живлення I1, увімкнеться режим ручної роботи, при якому система відпрацює один цикл та повністю зупиниться. При цьому завдяки реле M3 автоматично блокуватиметься перший режим роботи. Також, перед початком роботи системи передбачене автоматичне скидання значень циліндрів, переводячи їх стан в неактивний, задля збереження правильності роботи режиму. Схема блокування першого режиму показана на рисунку 2.35.

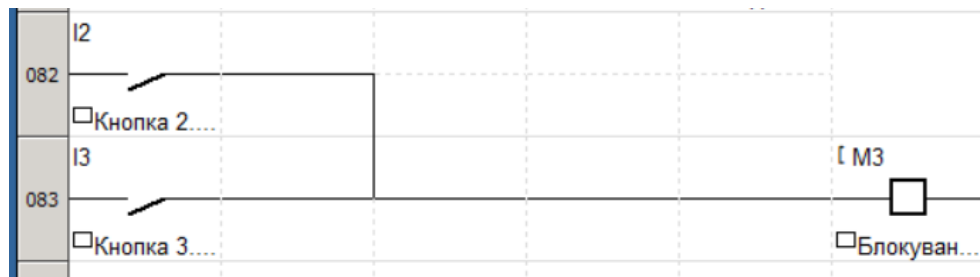


Рисунок 2.35 – Схема блокування першого режиму

Увімкнувши другий режим роботи системи, спочатку, із затримкою в 5 секунд, за яку відповідає таймер TE, спрацює перший клапан розподільника 1 та подасть пневматичне живлення на всю систему. Далі, оптичний датчик ІВ очікуватиме сигнал від деталі, що прийде на вхід конвеєра. Схема з таймером затримки другого режиму показана на рисунку 2.36.

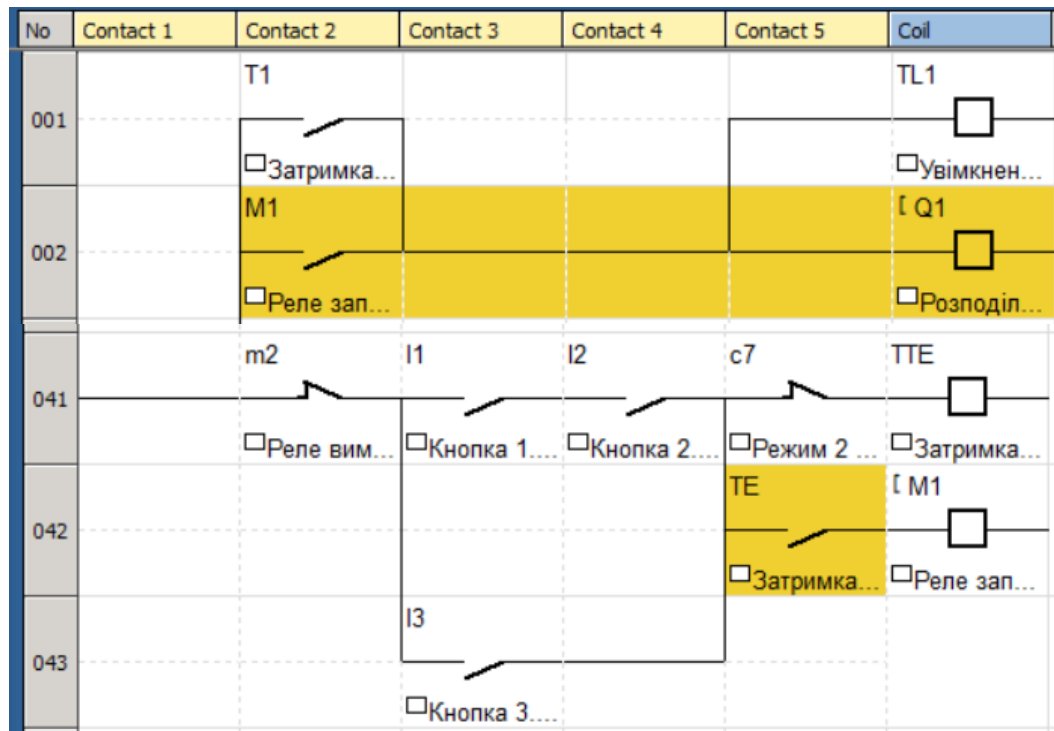


Рисунок 2.36 – Таймер затримки другого режиму

При отриманні такого сигналу про наявність деталі, запуститься затримка в три секунди, за яку відповідає таймер TF (на випадок, якщо деталь велика, або її рух на конвеєрі повільний), та подасться сигнал на спрацювання першого циліндру. При його спрацюванні, його положення фіксується кінцевим вимикачем І4 на лічильник С8, та таймером TG створиться затримка

в три секунди, впродовж яких циліндр 1 (подача деталі на конвеєр) ще буде стояти в своєму активному положенні (на випадок, якщо деталь не встигла повністю перейти на стрічку конвеєра), після чого вимкнеться. Одночасно з таймером TG, спрацьовує таймер ТН, який створює затримку в 11 секунд перед спрацюванням другого циліндру. Схема з таймерами затримки першого циліндра показана на рисунку 2.37.

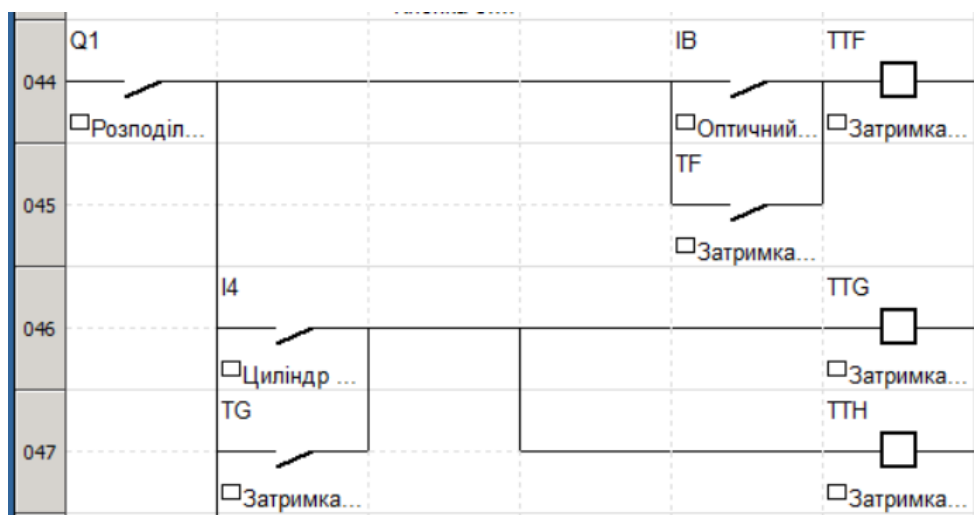


Рисунок 2.37 – Таймери затримки першого циліндра

При спрацюванні другого циліндру, його положення фіксується кінцевим вимикачем I5 на лічильник С9, та таймером ТJ створиться затримка в три секунди, впродовж яких циліндр 2 (штампування) ще буде стояти в своєму активному положенні (для того, щоб на деталі чітко відобразився штамп), після чого вимкнеться. Одночасно з таймером ТJ, спрацьовує таймер ТК, який створює затримку в 11 секунд перед спрацюванням третього циліндру. Схема з таймерами затримки другого циліндра показана на рисунку 2.38.

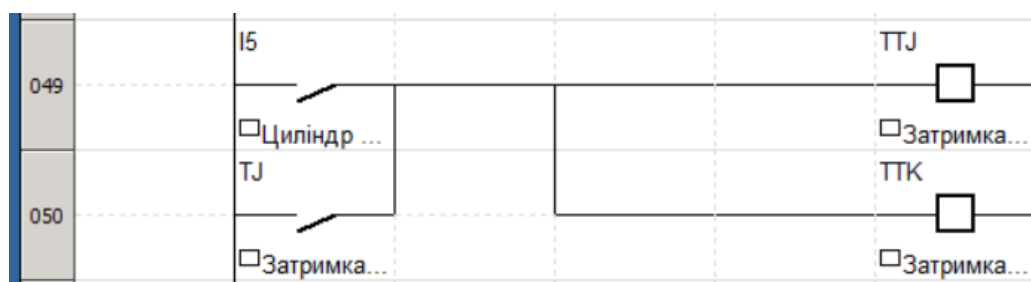


Рисунок 2.38 – Таймери затримки другого циліндра

При спрацюванні третього циліндру, його положення фіксується кінцевим вимикачем І6 на лічильник СА, та таймером ТЛ створиться затримка в три секунди, впродовж яких циліндр 3 (подача деталі в піч на закалювання) ще буде стояти в своєму активному положенні (на випадок, якщо деталь важка, і циліндру потрібен час на її переміщення), після чого вимкнеться. При спрацюванні таймера ТЛ, його контакт замикається, після чого подається сигнал на лічильник С7, який відраховує повний кінець одного циклу (тобто один сигнал), та розмикає живлення другого режиму. При цьому система повністю зупиняється та перекриває подачу повітря. Схема з таймерами затримки третього циліндра показана на рисунку 2.39.

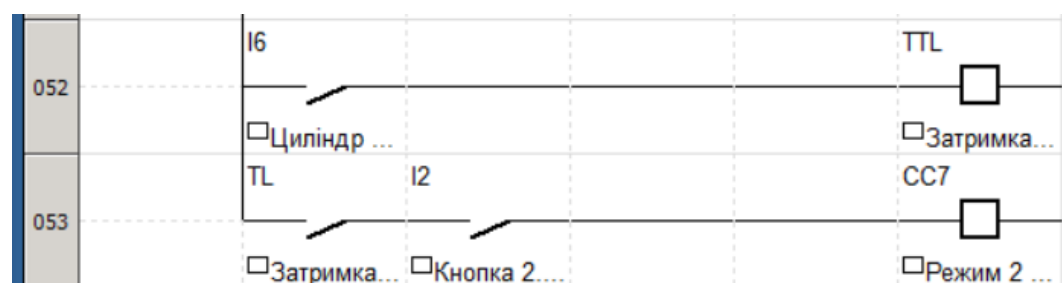


Рисунок 2.39 – Таймери затримки третього циліндра

В даному режимі роботи системи також передбачена перевірка на помилки, тому при їх виявленні, система поведе себе за таким самим принципом попередження та повного вимкнення, що був описаний в першому режимі роботи.

Режим 3 – Автоматичний режим роботи.

При натисканні третьої кнопки І3, не вимикаючи першу кнопку живлення І1, увімкнеться режим автоматичної роботи, при якому система буде працювати циклічно, реагуючи на кожну наступну подану деталь на вхід конвеєра. При цьому завдяки реле М3 автоматично блокуватиметься перший режим роботи. Також, перед початком роботи системи передбачене автоматичне скидання значень циліндрів, переводячи їх стан в неактивний, задля збереження правильності роботи режиму.

Увімкнувши третій режим роботи системи, спочатку, із затримкою в 5

секунд, за яку відповідає таймер TE, спрацює перший клапан розподільника 1 та подасть пневматичне живлення на всю систему. Далі, оптичний датчик IB очікуватиме сигнал від деталі, що прийде на вхід конвеєра.

При отриманні такого сигналу про наявність деталі, запуститься затримка в три секунди, за яку відповідає таймер TF (на випадок, якщо деталь велика, або її рух на конвеєрі повільний), та подасться сигнал на спрацювання першого циліндру. При його спрацюванні, його положення фіксується кінцевим вимикачем I4 на лічильник C8, та таймером TG створиться затримка в три секунди, впродовж яких циліндр 1 (подача деталі на конвеєр) ще буде стояти в своєму активному положенні (на випадок, якщо деталь не встигла повністю перейти на стрічку конвеєра), після чого вимкнеться. Одночасно з таймером TG, спрацює таймер TH, який створює затримку в 11 секунд перед спрацюванням другого циліндру.

При спрацюванні другого циліндру, його положення фіксується кінцевим вимикачем I5 на лічильник C9, та таймером TJ створиться затримка в три секунди, впродовж яких циліндр 2 (штампування) ще буде стояти в своєму активному положенні (для того, щоб на деталі чітко відобразився штамп), після чого вимкнеться. Одночасно з таймером TJ, спрацює таймер TK, який створює затримку в 11 секунд перед спрацюванням третього циліндру.

При спрацюванні третього циліндру, його положення фіксується кінцевим вимикачем I6 на лічильник CA, та таймером TL створиться затримка в три секунди, впродовж яких циліндр 3 (подача деталі в піч на закалювання) ще буде стояти в своєму активному положенні (на випадок, якщо деталь важка, і циліндру потрібен час на її переміщення), після чого вимкнеться. При спрацюванні таймера TL, його контакт замикається, після чого подається сигнал на лічильник C7. Однак, в даному режимі лічильник C7 не блокує роботу системи за рахунок свого постійного скидання. Саме тому він не розмикає живлення третього режиму. При цьому система готова до наступного циклу роботи за рахунок реалізованої умови скидання таймерів

										Арк.
										62
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ					

TF, TG, TH, TJ, TK та TL додатковим реле М4. Програма реалізованої умови скидання таймерів показана на рисунку 2.40.

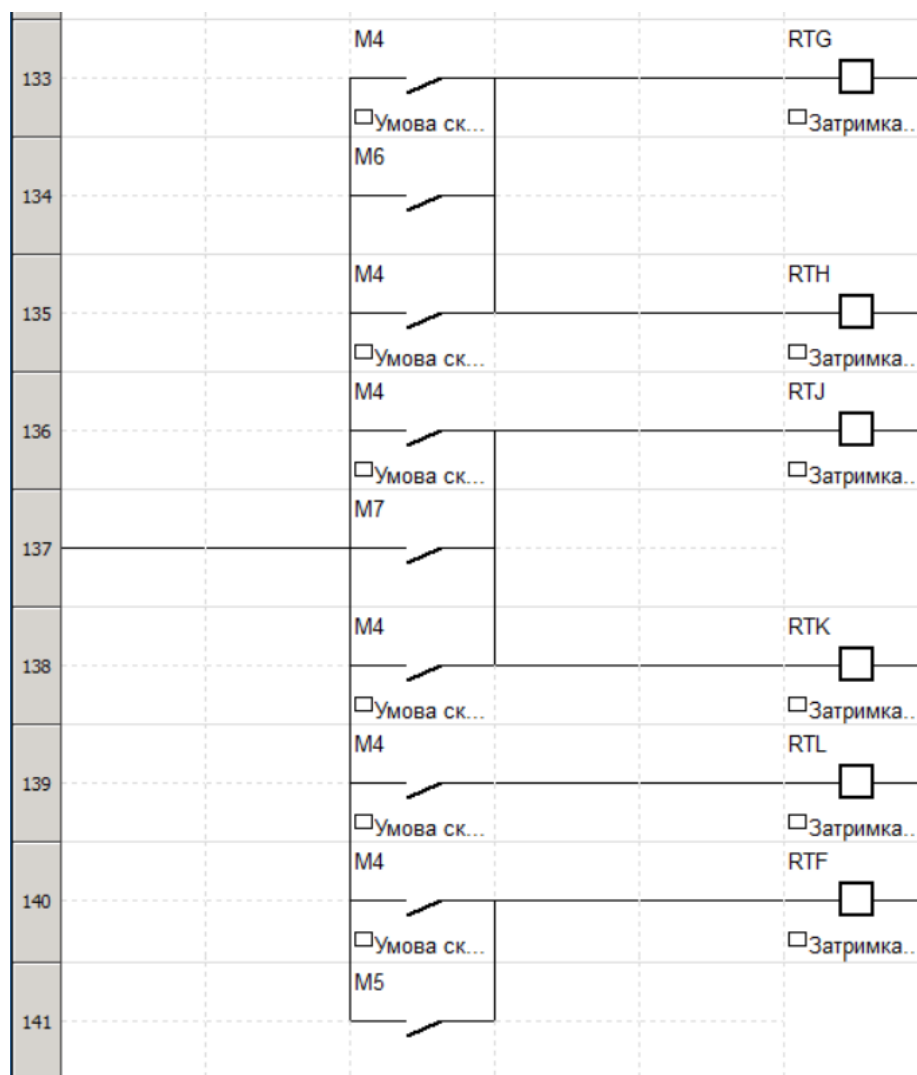


Рисунок 2.40 – Програма реалізованої умови скидання таймерів

В даному режимі роботи системи також передбачена перевірка на помилки, тому при їх виявленні, система поведе себе за таким самим принципом попередження та повного вимкнення, що був описаний в першому режимі роботи.

Майже кожен елемент побудованої схеми був підписаний відповідним коментарем для розуміння його необхідності у схемі. Більш детально про побудовану схему керування пневматичною системою подачі деталей на конвеєр дивитися в Додатку А.

Після закінчення побудови схеми, запустив симуляції та переконався в

правильності її роботи, протестувавши кожен режим окремо та створивши декілька навмисних помилок системи. Вікно симуляції побудованої системи керування зображено на рисунку 2.41.

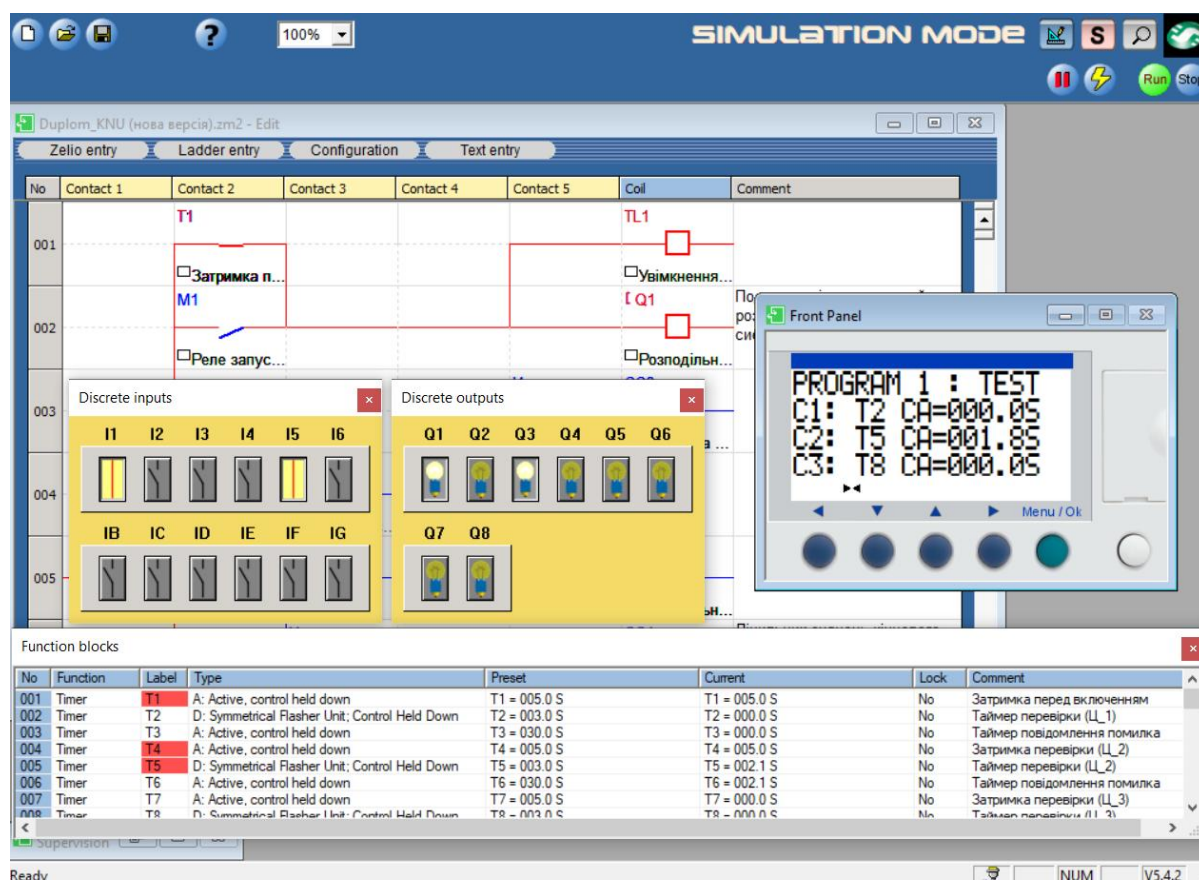


Рисунок 2.41 – Вікно симуляції системи

Побудована схема керування повністю відповідає умовам поставленої задачі та з легкістю вирішує питання автоматизації процесу без участі людського фактору присутності.

Після розробки програми керування пневматичною системою стенда на мові LD, перейшов до програмування на мові FBD. Програмування на двох мовах однієї системи керування дасть нам чітке розуміння відмінностей між ними, що в подальшому полегшить розробку лабораторних робіт для методичних вказівок.

Програмування на мові FBD було вирішено виконати за тією ж самою аналогією, що й на LD, частково переносячи елементи та структуру їх підключень. Для початку створив входи та виходи контролера, та в їх

налаштуваннях задав кожному тип, що відповідає фізичному типу контакту на реальному стенді. Створені входи та виходи контролера зображені на рисунку 2.42.

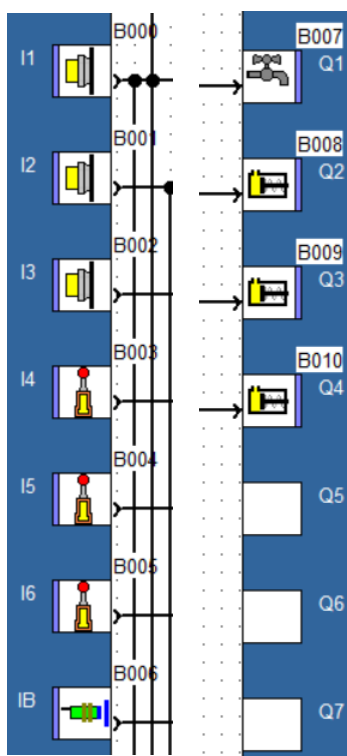


Рисунок 2.42 – Створені входи та виходи контролера

Далі, реалізував схему роботи програми у першому режимі. Умови ввімкнення таймерів та лічильників виконав за рахунок використання логічних елементів та їх комбінацій, що в наслідок створювало окремі частини умов роботи системи. Так як на мові FBD елементи системи позначаються звичайною нумерацією (починаючи з нуля), кожному елементу схеми додав коментар, який характеризував би його назву на мові LD. Це також зробить легшим подальшу орієнтацію в програмі, виключивши можливість плутанини між підключеннями елементів схеми та повторного опису її роботи, адже він ідентичний тому, що був викладений вище.

Після реалізації схеми першого режиму роботи системи, перейшов до побудови схеми другого режиму. Схема другого режиму роботи також є тою самою схемою третього режиму, однак вони відрізняються лише умовами увімкнення та вимкнення. Якщо частина схеми у другому режимі не є

циклічною, і обриває свою роботу після першого проходу, то в третьому режимі це обривання блокується, дозволяючи працювати їй циклічно. Ці умови увімкнення та вимкнення однієї частини схеми в двох різних режимах задав, використовуюючи набір бібліотеки логічних елементів Zelio Soft. Більше про побудовану схему дивитись Додаток А.

Для реалізації скидання значень при умові вибору наступного режиму або виникнення помилки, побудував декілька додаткових блоків умов. Умова скидання значень таймерів та лічильників першого режиму під час вибору іншого, зображена на рисунку 2.43.

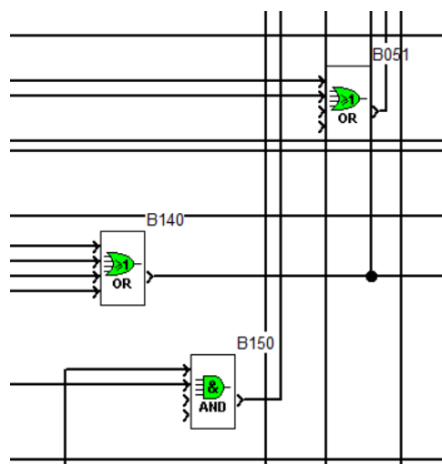


Рисунок 2.43 – Частина схеми з умовою скидання значень першого режиму

Умова секундного скидання значень зображена на рисунку 2.44.

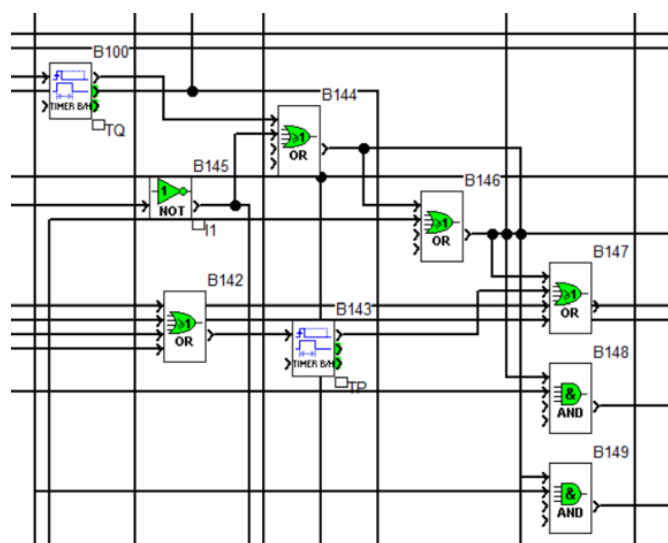


Рисунок 2.44 – Частина схеми з умовою скидання значень при перемиканні режиму

Умова скидання значень другого та третього режиму, під час роботи першого, зображена на рисунку 2.45.

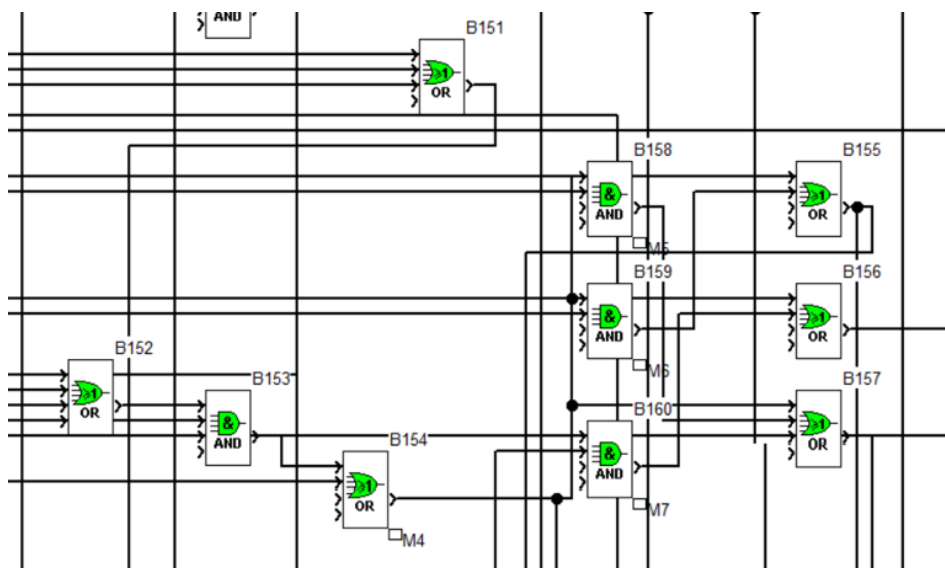


Рисунок 2.45 – Частина схеми з умовою скидання значень другого та третього режиму

Прописавши умови скидання значень, перейшов до написання частини схеми, яка буде відповідати за виведення інформаційного тексту про обраний режим роботи. Спочатку створив загальні умови. Схема із загальними умовами виведення тексту зображена на рисунку 2.46.

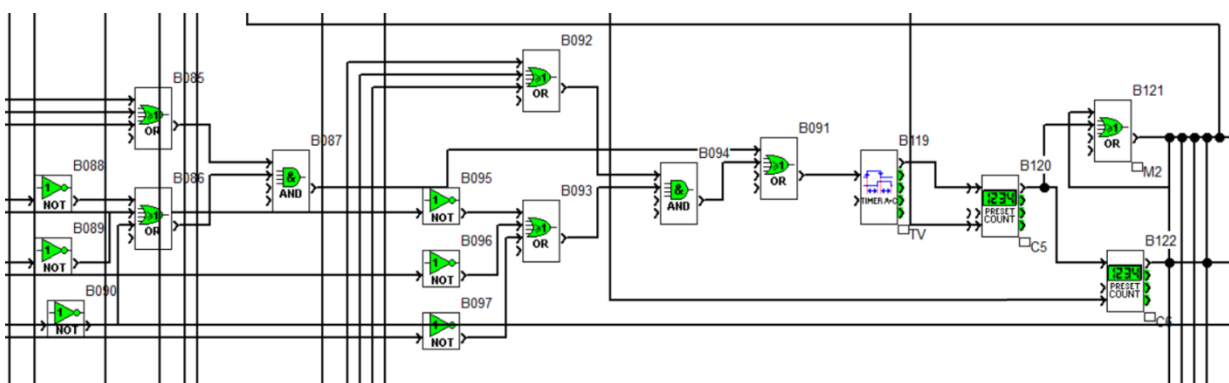


Рисунок 2.46 – Частина схеми із загальними умовами виведення тексту

Далі прописав умови виведення тексту з інформацією про тип режиму та при умові, що система справно працює. Схема з умовами виведення тексту режимів зображена на рисунку 2.47.

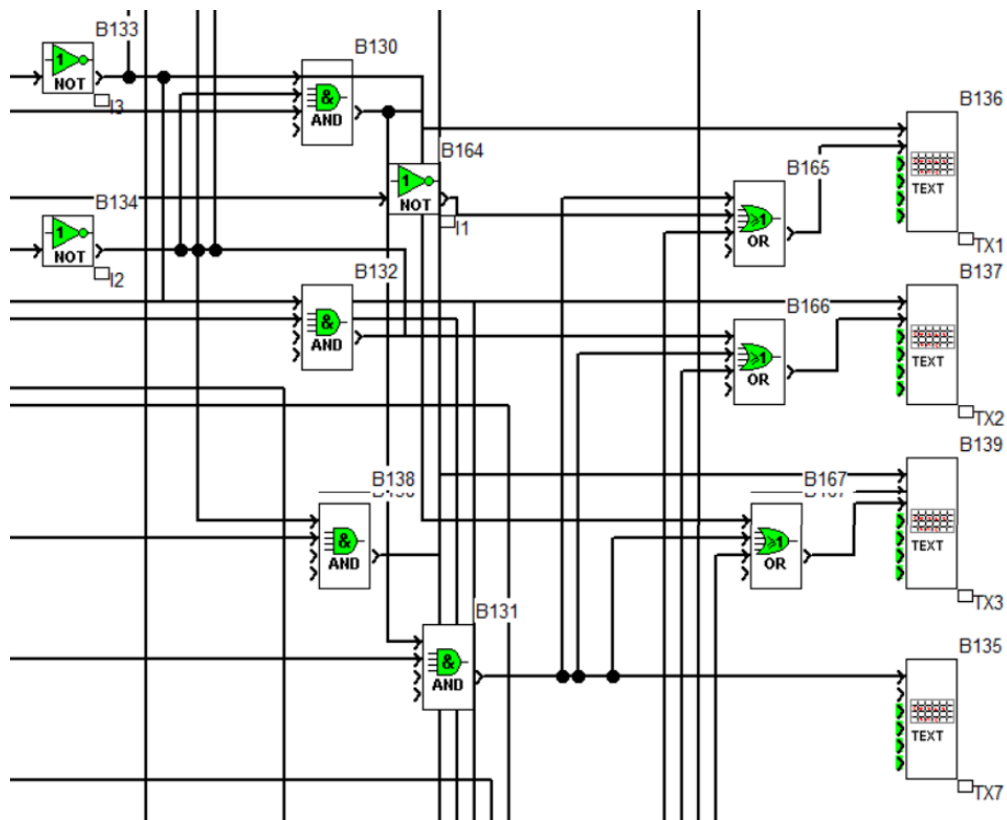


Рисунок 2.47 – Частина схеми з умовами виведення тексту режимів

Так, як мова FBD обмежена в можливостях виводу текстової інформації про стан лічильників та таймерів, обмежився виводом текстової інформації про стан режиму та його мову програми. Приклад такого повідомлення зображено на рисунку 2.48.

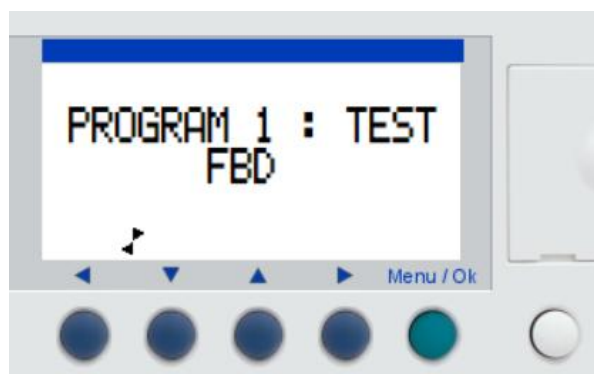


Рисунок 2.48 – Приклад повідомлення на мові FBD

Так само прописав умови виводу помилок для кожного циліндра. Схема з умовами виводу помилок циліндрів зображена на рисунку 2.49.

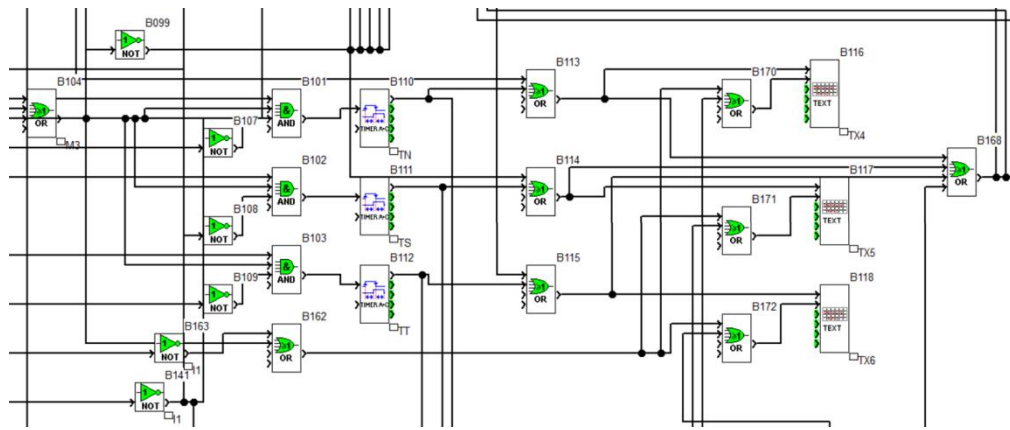


Рисунок 2.49 – Частина схеми з умовами виводу помилок циліндрів

Після завершення складання звичайних умов виводу текстових повідомлень на дисплей контролера, прописав умови повного вимкнення системи та виводу тексту про її несправність. Частина схеми з такими умовами зображена на рисунку 2.50.

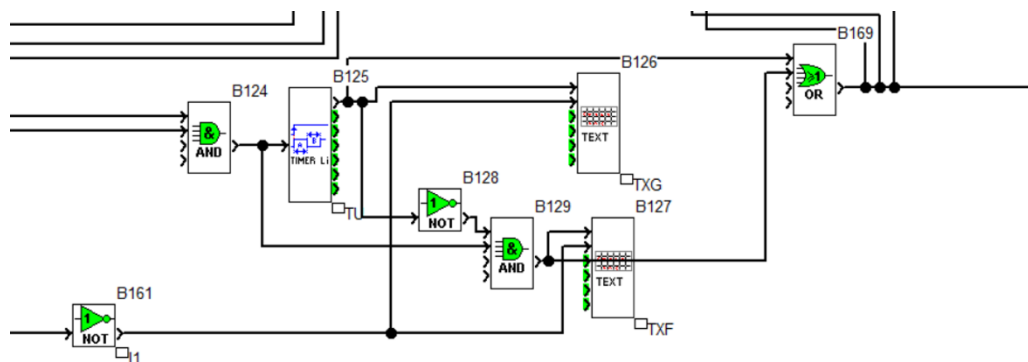


Рисунок 2.50 – Частина схеми з умовами виводу загальних помилок та вимкнення системи

Зібравши всі частини схеми до купи, про симулював утворену програму та переконався у відсутності помилок побудованої схеми. Нажаль, навіть в режимі симуляції мова FBD обмежена в своїх можливостях, адже мова LD в режимі симуляції обладнана допоміжними вікнами керування системою у вигляді клавiш керування входами, ламп, що символізують виходи контролера, та таблиці стеження за поточними даними елементів, чого немає на FBD. Це спричиняє великі труднощі для розробника під час тестування схеми, змішуючи його постійно бігати по полю елементів та власноруч

відслідковувати кожен сигнал. Симуляція програми частково зображена на рисунку 2.51.

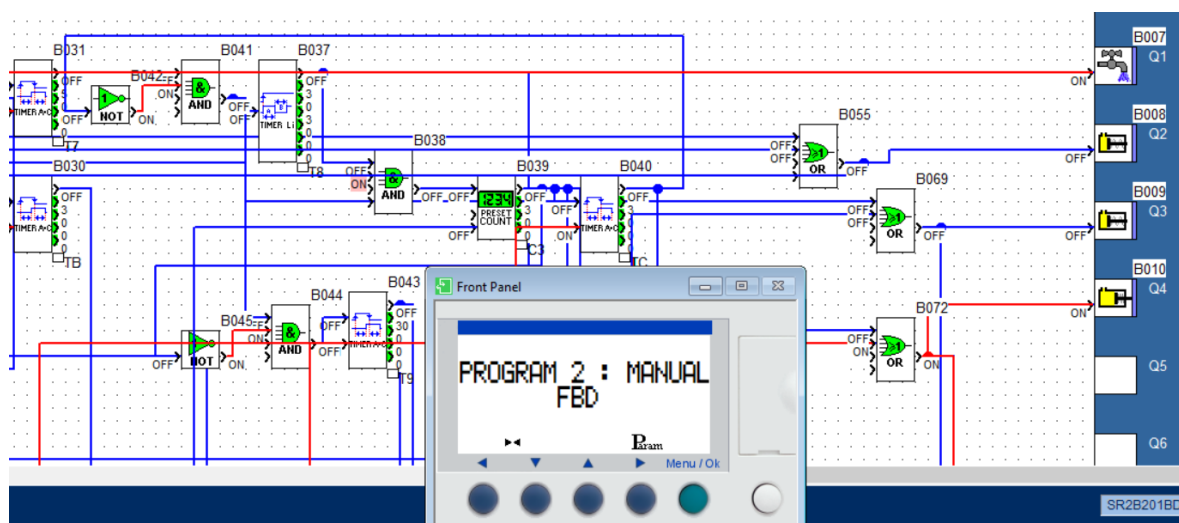


Рисунок 2.51 – Вдала симуляція програми

Розглянувши дві мови програмування обраного об'єкту, зробимо такі висновки: на мові LD (Ladder diagram) більш спрощена схема для не спеціалістів, не маючих представлення про електронні компоненти систем керування, а на FBD (Function Block Diagram) – для спеціалістів, які вже мали досвід роботи з електронними схемами, і для них представлення алгоритмів роботи логічних схем такого роду є навпаки простими методами рішення поставлених задач. Більше про побудовані схеми дивитись Додаток А.

2.5. Розробка схем електричних модернізації стану

Загальна структура проекту

Для побудови схем пневматичних та зовнішніх електричних з'єднань стану, було використане програмне забезпечення EPLAN Education 2023.

Для початку було створено новий проект, в основі якого лежав обраний шаблон із бібліотеки EPLAN «GOST_bas001». Налаштування створеного проекту показано на рис. 2.52.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

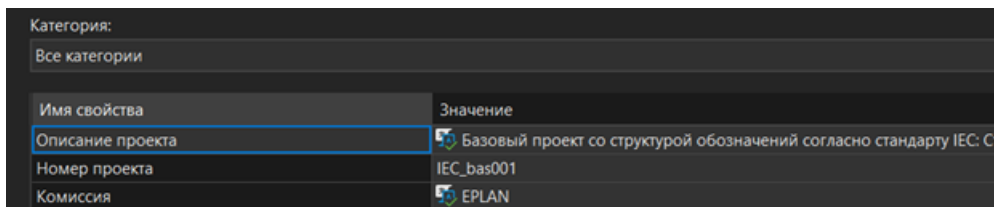


Рисунок 2.52 – Налаштування створеного проекту

В програмі було створено схему типу «Многополюсна схема з'єднань» для побудови схеми зовнішніх електричних з'єднань. За шаблон, з бібліотеки програмного середовища EPLAN був взятий файл «GOST_next_page_scheme_A3.fn1». Налаштування сторінки зовнішніх електричних з'єднань показано на рис. 2.53.

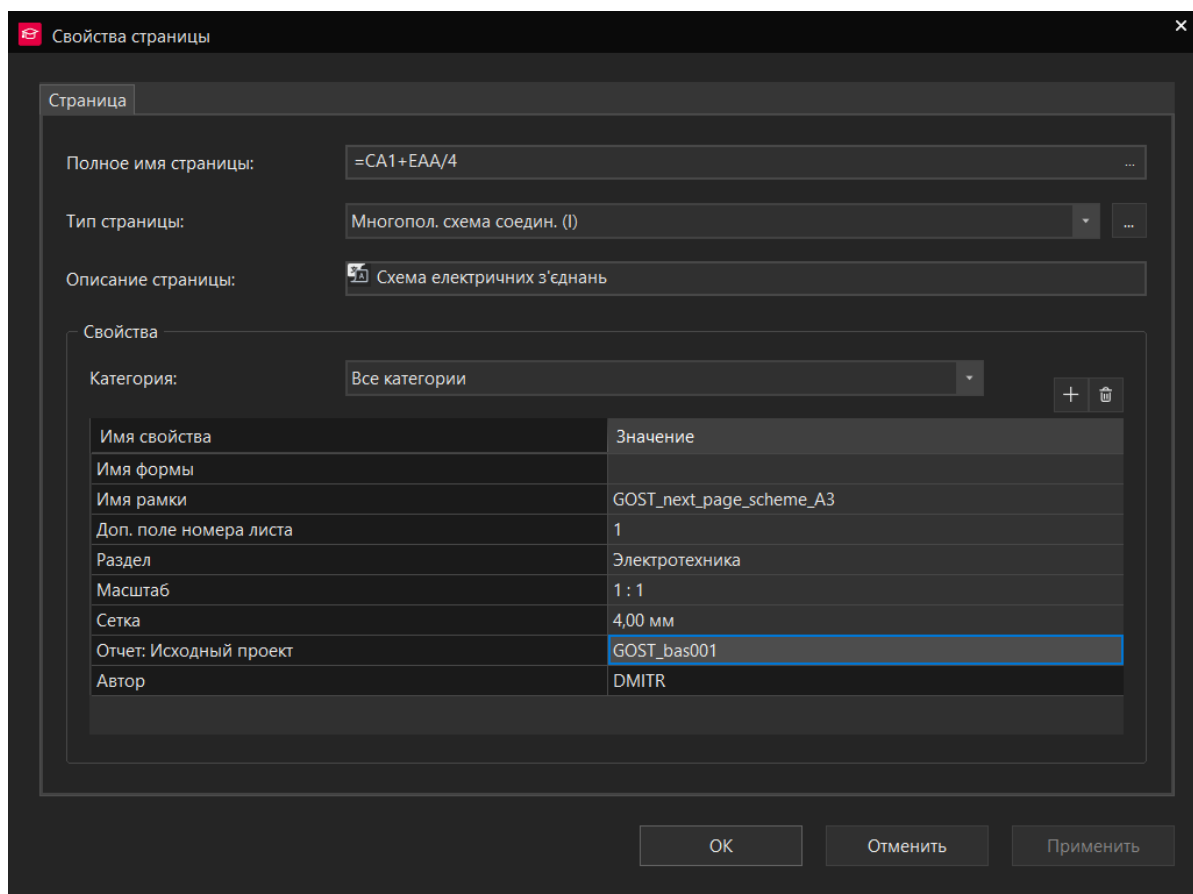


Рисунок 2.53 – Налаштування сторінки зовнішніх електричних з'єднань

Так само, для побудови схеми зовнішніх з'єднань пневматичних проводок було створено сторінку типу «Схема з'єднань, Fluid – Техніка», використавши за шаблон той самий GOST_next_page_scheme_A3.fn1».

Налаштування сторінки Fluid – Техніка показано на рис. 2.54.

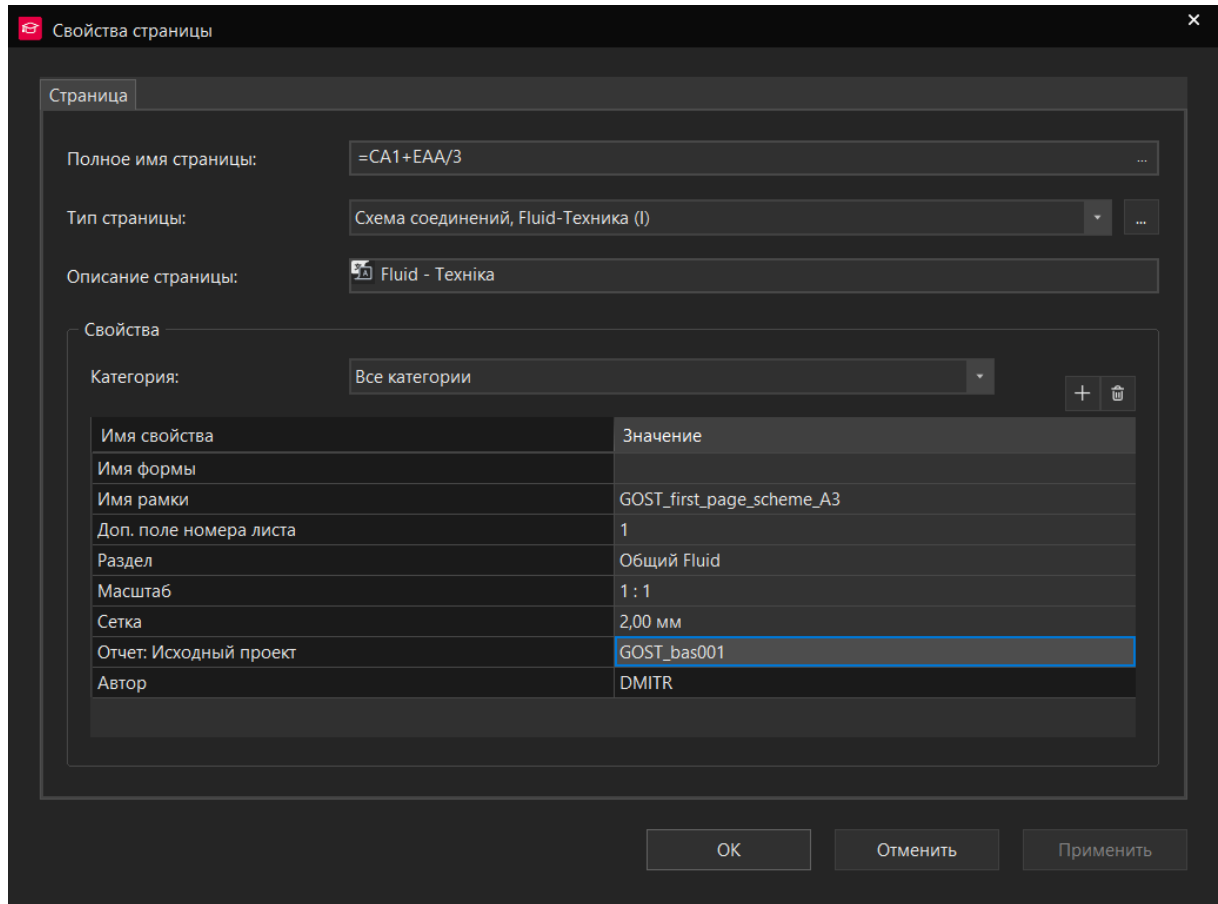


Рисунок 2.54 – Налаштування сторінки Fluid – Техніка

У фінішному етапі, структура проекту складається з трьох сторінок, перша з яких являє собою титульний лист проекту, друга – схема електрична принципова зовнішніх з’єднань, а третя – схема пневматична зовнішніх з’єднань трубопроводів. Загальна структура проекту показана на рис. 2.55.

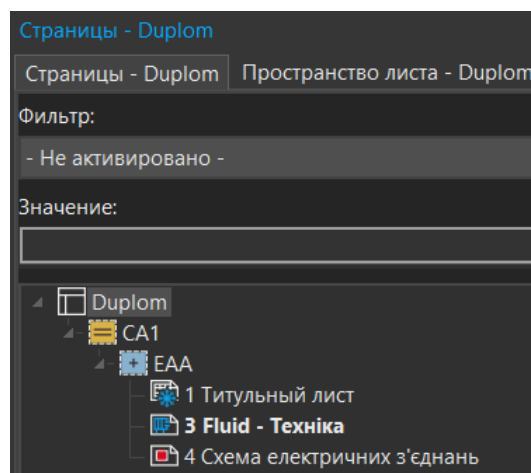


Рисунок 2.55 – Загальна структура проекту

Склад і опис аркушів проекту

З мережі «DATA Portal» на робочий простір схеми електричних з'єднань було додано макрос контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD, який використовується в якості головного ПЛК для керування пневматичною системою. Дана модель контролера в програмному середовищі EPLAN Education 2023 вже оснащена контактами підключень у вигляді фірмового клемника контролера, що вбудований в його корпус. Тому, моделювати такий клемник з контактами самостійно або окремо немає необхідності.

Так само були обрані необхідні елементи з бібліотеки елементів програмного середовища, додавши на робочий простір листа реле, контакти різного типу (стандартного, замикаючого та перемикаючого положення) та елемент живлення 24В для живлення всієї електричної системи.

Перші три контакти S1-S3 являють собою три кнопки відповідного типу на реле подачі логічних сигналів, що відповідають його схематичним позначенням на самому корпусі виробу.

Роль кінцевих вимикачів відіграють контакти S4 та S5, схеми яких повністю збігаються зі схемами, вказаними на самих приладах.

Роль датчика крайнього положення та датчика оптичного відіграють елементи MS1 та OS1 відповідно, що так само відповідають їх схематичним позначенням на корпусі.

Контакти K1 та K2, які пов'язані зі своїми котушками реле, повністю симулюють роботу фірмового блоку реле, перемикаючи положення контакту між двома позиціями, що робить можливим керування подачею повітря в обидва клапани двостороннього пневматичного циліндра по чергово.

Інші соленоїдні реле пов'язані зі своїми електричними розподільниками повітря на пневматичній схемі. Отримана схема зовнішніх електричних з'єднань показана на рис. 2.56.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		73

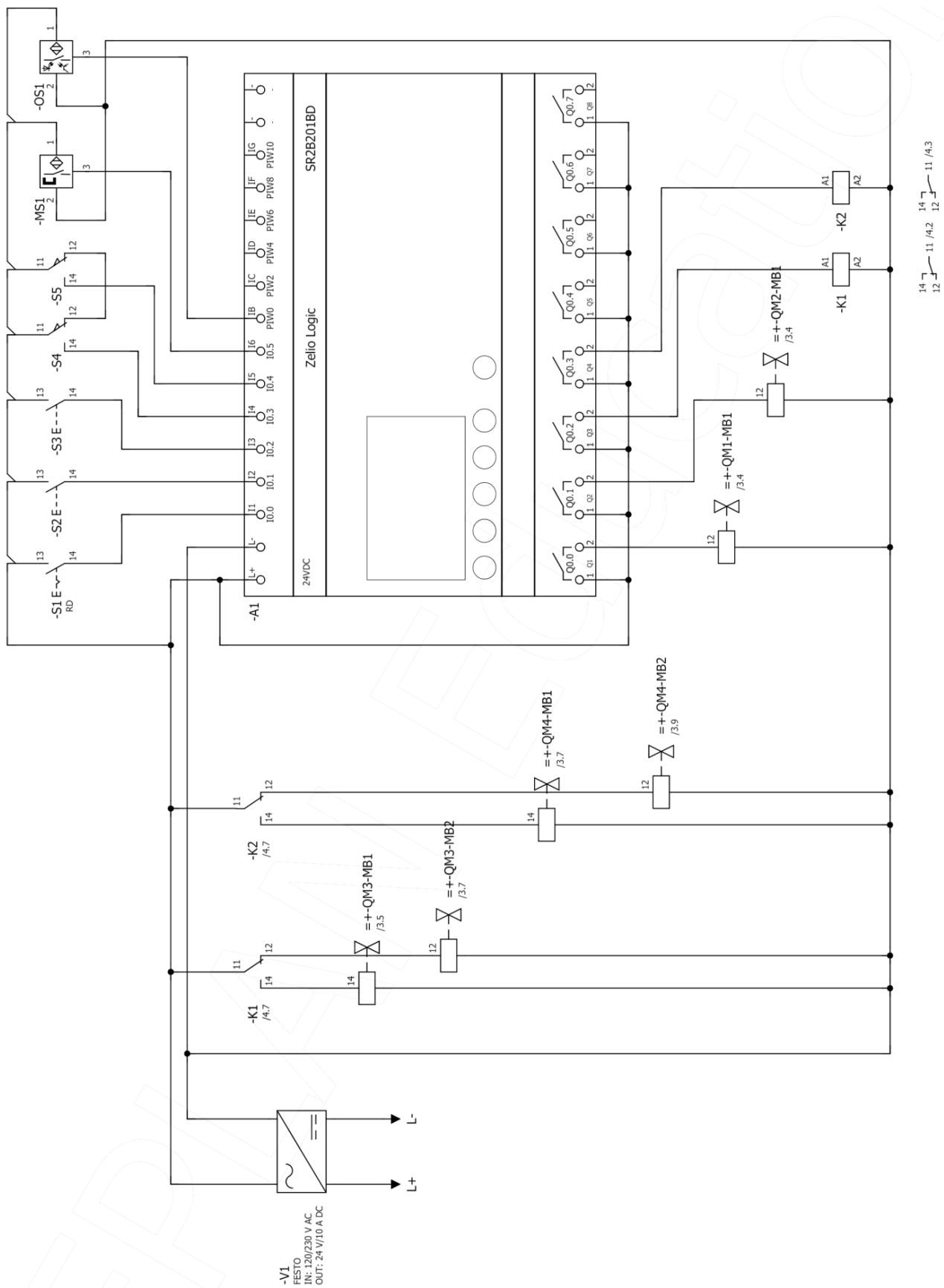


Рисунок 2.56 – Отримана схема зовнішніх електричних з'єднань

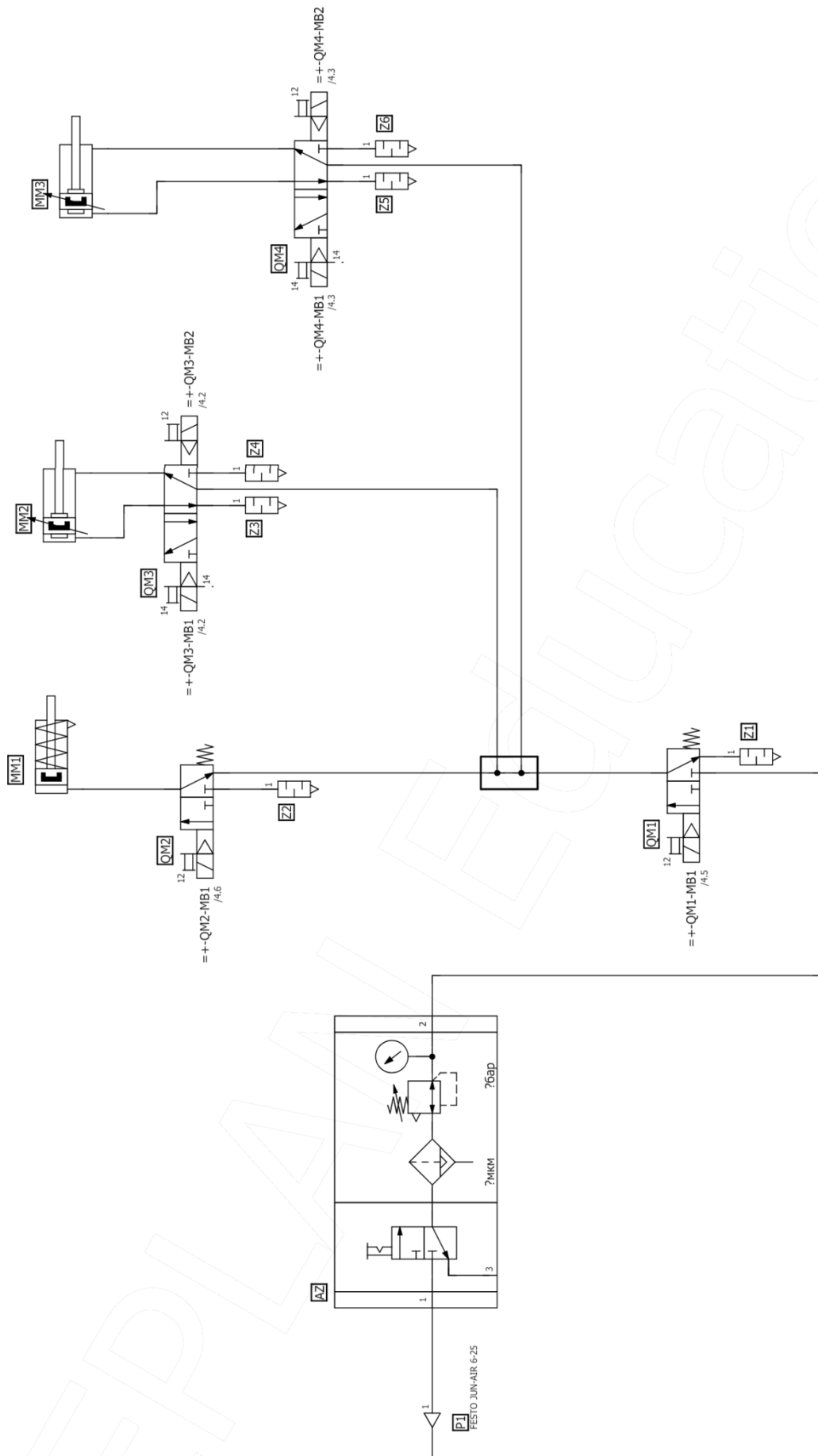


Рисунок 2.57 – Отримана схема зовнішніх пневматичних з'єднань

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ

Використовуюючи елементи бібліотеки EPLAN, на сторінці «Fluid – Техніка» побудував пневматичну схему з'єднань, яка складається з трьох циліндрів, чотирьох електричних розподільників повітря, загального клапану подачі тиску та компресора для нагнітання повітря в систему. Кожен з елементів поєднав між собою пневматичними з'єднаннями. Отримана схема зовнішніх пневматичних з'єднань показана на рис. 2.57.

Після побудов схем, кожному елементу був призначений свій виріб, відповідно його типу та властивостям. Призначення виробу елементам зображено на рис. 2.58.

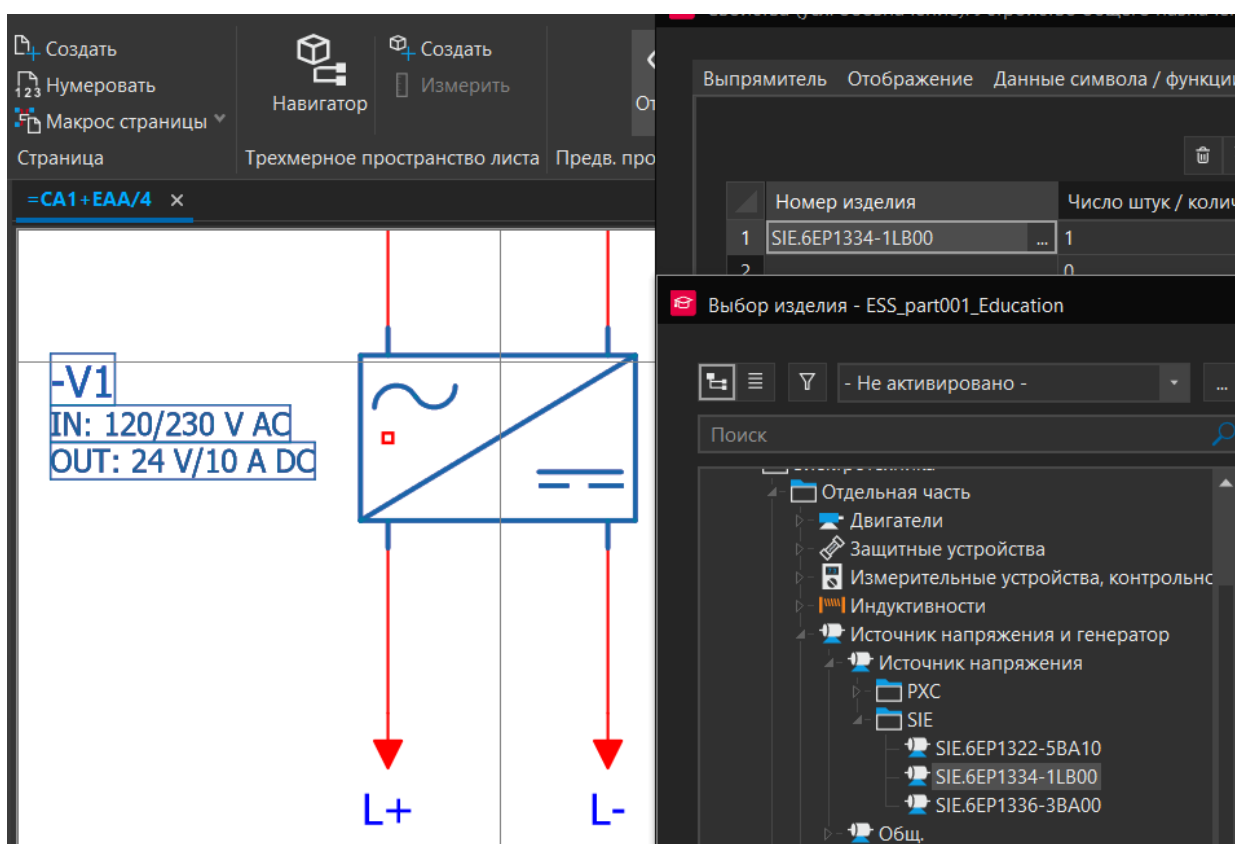


Рисунок 2.58 – Компрессор JUN-AIR 6-25

Після проведених операцій та повної побудови обох схем зовнішніх з'єднань, проект був збережений та роздрукований у вигляді загального звіту. Більш докладно про побудовані схеми електричних та пневматичних з'єднань дивитися Додаток Б, В та Г.

2.6. Математичне обґрунтування проведення лабораторних робіт з пневмоелементами

Формалізація розрахунку пневматичного опору

Аналіз пневматичних схем дослідів з розрахунку пневматичного опору на апаратах пневматики проведемо в лабораторній роботі №7.

Для спрощення розрахунків систему, що приведена в лабораторній роботі №7, будемо розглядати на прикладі енергетичної складової як рідини.

В лабораторній роботі №7 є пряма ділянка труби діаметром « d » і довжиною « l » (рис. 2.59). Припустимо, що « γ » - питома вага рідини. Тоді, перепад тиску в трубі на відповідній ділянці буде розраховуватися за такою формулою:

$$\Delta p = \frac{v^2 * \lambda * \gamma * l}{2g * d} \quad (2.1)$$

де, в даному випадку:

- коефіцієнт тертя (безрозмірний) - « λ »;
- швидкість течії за перерізом (середнє значення) - « v »;
- прискорення тяжіння - « g ».

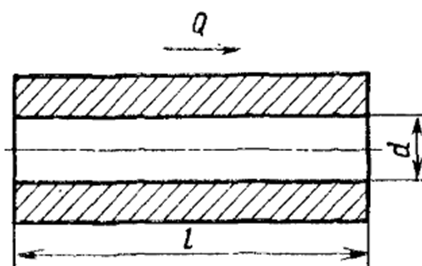


Рисунок 2.59 – Схематичне зображення ділянки труби

У випадку, коли течія – ламінарна ($Re < 2300$), тоді число Рейнольдса Re обернено пропорційне значенню безрозмірного коефіцієнту тертя « λ ».

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2.2)$$

А якщо $\frac{vd}{\nu} = Re$, то шляхом підстановки у формулу (1.1) можна

отримати:

$$\Delta p = \frac{v\lambda * v * 32}{d^2 g} = \frac{v\lambda * Q * 32}{d^2 g * Fg} \quad (2.3)$$

де:

- площа поперечного перерізу труби - « F »;
- витрата рідини - « Q »;
- кінематична в'язкість рідини - « ν ».

Таким чином, падіння тиску має лінійну залежність від витрати.

Прийmemo за аналогію таке: нехай електрична напруга - тиск « p », а сила струму – це витрата « Q_p », тоді пневматичний опір буде розраховуватись за відношенням:

$$R = \frac{32\nu\lambda * 128\nu l}{d^2 g F \rho * \pi d^4} = \frac{\Delta p}{Q_p} \quad (2.4)$$

де:

- щільність рідини - « ρ ».

Як відомо, при перевищенні числа Рейнольдса позначки в 2300, потік перетворюється в турбулентний, при цьому залежність між масовою витратою та перепадом тиску більше не є лінійною. Тепер, в такому випадку лише для витрати та малих змін тиску вважатимемо постійним.

Змінний опір може конструктивно здійснюватися за схемою на рисунку 2.60.

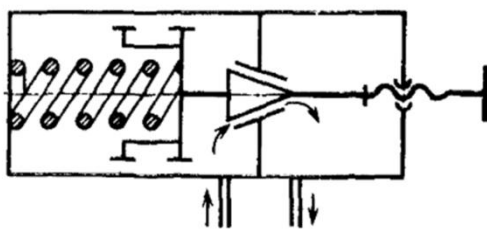


Рисунок 2.60 – Схематичне зображення змінного опору

В якості постійного дроселя пневматичних регуляторів використовують вмонтований в циліндр B капіляр A (рисунок 2.61). Тут, повітря через отвір C поступає до капіляра, та виходить через канал D .

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

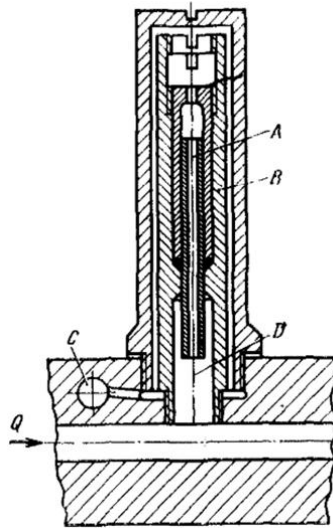


Рисунок 2.61 – Схематичне зображення системи

Дільник тиску можна вважати аналогом дроселя напруги, який представлений на рисунку 2.62.

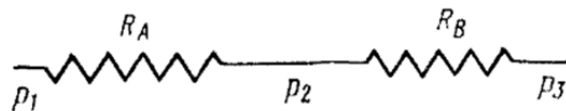


Рисунок 2.62 – Схематичне зображення дроселя напруги

Звідси виходить таке співвідношення:

$$\frac{R_B}{R_A + R_B} * (p_1 - p_2) = p_2 - p_3 \quad (2.5)$$

В нашому випадку, для лабораторної роботи можна виконати розрахунки пневматичного потенціометра (рис. 2.63), приймаючи такі значення за умови:

- масова витрата $m = 0,003$ кг/с ;
- $p_1 = 0,4$ МПа;
- p_2 - атмосферний тиск (середнє значення).

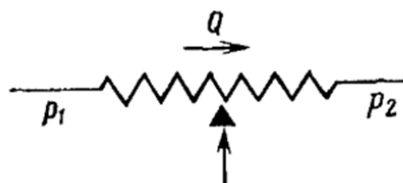


Рисунок 2.63 – Схематичне зображення пневматичного потенціометра

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

В подальшому, студенти зможуть проводити розрахунки, користуючись даними значеннями та формулами, що були описані вище.

Формалізація розрахунку пневматичної ємності

Візьмемо уявну камеру об'ємом « V », в яку будемо запускати газ протягом деякого часу « dt » з витратою « Q » (рис. 2.64).

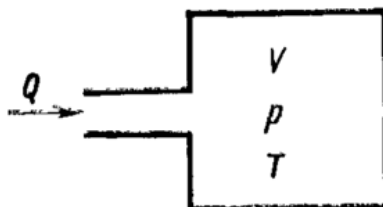


Рисунок 2.64 – Схематичне зображення уявної камери

Нехай абсолютний тиск в камері - « p », а температура - « T ». Зміни стану самого газу в камері нехай відбуватимуться за політропічним законом.

$$K = pv^n \quad (2.6)$$

де:

– питомий обсяг - « v ».

Тоді, всередині даної камери початкова маса газу буде розраховуватись за такою формулою:

$$m = \frac{v}{y} \quad (2.7)$$

Розрахувавши витрати « Q », що надходить протягом заданого часу « dt », маса газу розраховуватиметься так:

$$M' = \frac{Qdt}{v} + M \quad (2.8)$$

В такому випадку тиск буде розраховуватись за такою формулою:

$$p' = dt + p \quad (2.9)$$

Позначивши новий питомий обсяг як « v' », отримаємо такий вираз:

$$dp = p' - p = \frac{K}{v^n} (M'^n - M^n) = K \left(\frac{1}{v'^n} - \frac{1}{v^n} \right) = \frac{KM^n}{v^n} \left[\left(1 + \frac{Q*dt}{v*M} \right)^n - 1 \right] \\ = \frac{K}{v^n} \left[\left(M + \frac{Q*dt}{v} \right)^n - M^n \right] = \frac{K}{v^n} \left[\left(1 + \frac{Q*dt}{M*v} \right)^n - 1 \right] \quad (2.10)$$

Розклавши вираз в дужках в один ряд, та відкинувши деякі члени, які порядком вище першого (таке можливо у випадку, коли вираз $\frac{Q \cdot dt}{M \cdot v}$ значно менше одиниці, або у випадку коли перетворення маси $\frac{Q}{v}$ слабо порівняно з « M »), то отримаємо вираз (2.11).

$$dp = \frac{K}{v^n} \left(1 + \frac{n \cdot Q \cdot dt}{M \cdot v} - 1 \right) = \frac{K \cdot n \cdot Q \cdot dt}{v^n \cdot M \cdot v} = \frac{K \cdot n \cdot Q \cdot dt}{v^n \cdot V} = \frac{p \cdot n \cdot Q \cdot dt}{V} = \frac{Q \cdot dt}{V/np} \quad (2.11)$$

При умові, якщо зміни тиску малі, тоді:

$$\int_1^2 dt = \frac{1}{V/np} \int_1^2 Q dt = \frac{1}{Vp/np} \int_1^2 m dt = \Delta_1^2 p \quad (2.12)$$

В такому випадку можна отримати вираз, який буде аналогічним до того, що зустрічається в електротехніці:

$$U = \frac{1}{C} \int_1^2 i dt \quad (2.13)$$

Тепер запишемо співвідношення між об'ємом нашої камери та пневматичною ємністю:

$$C = \frac{M}{np} = \frac{Vp}{np} \quad (2.14)$$

Величина показника політропи « n » знаходиться в межах між $n = 1,4$ (адиабатичний процес) та $n = 1$ (ізометричний процес), та повністю залежить від природи газу.

Для лабораторної роботи можна виконати обчислення пневматичної ємності циліндричної камери із заданою висотою в 200 мм та діаметром 100 мм, користуючись такими даними:

- $n = 1,4$ кг/с;
- $p_l = 3$ бар.

1) При умові, якщо стінки камери мають малу теплопровідність, а зміни стану відбуваються швидко – $C = \frac{Vp}{1.4p}$;

2) При умові, якщо стінки камери мають велику теплопровідність, а зміни стану відбуваються повільно – $C = \frac{Vp}{1.4p}$;

Згідно отриманих співвідношень, ємність «С» можливо розглядати як константу у випадку, коли відношення $\frac{Vp}{p}$ є незмінним. Це може досягатися утворенням камери (пневмоциліндра), яка буде генерувати змінну ємність (рис. 2.65).

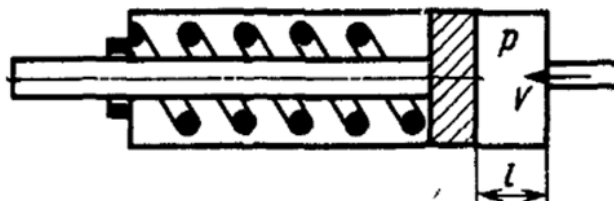


Рисунок 2.65 – Схематичне зображення камери змінної ємності

Ланцюги, що складаються з опору та ємності

При послідовному з'єднанні опору та ємності, користуючись формулами (2.4) та (2.12) можна винести такі рівняння:

$$\frac{m}{C} = p p_2 \quad (2.15)$$

та

$$Rm = p_1 - p_2 \quad (2.16)$$

Опираючись на ці рівняння, запишемо формули:

$$p C p_2 = m; \quad R p C p_2 = p_1 - p_2; \quad (2.17)$$

$$p C p_2 + \frac{p_2}{R} = \frac{p_1}{R}; \quad p_2(1 + pRC) = p_1 \quad (2.18)$$

Тоді винесемо таке рівняння:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{1 + \tau p} = \frac{1}{1 + pRC} \quad (2.19)$$

де $RC = \tau$.

Схема на рисунку 2.66, а, (в лабораторній роботі відповіатиме за опір), є аналогічною до електричної схеми коректора «R-C», що наведена на рисунку 2.66, б, (в лабораторній роботі відповіатиме за ємність/камеру),

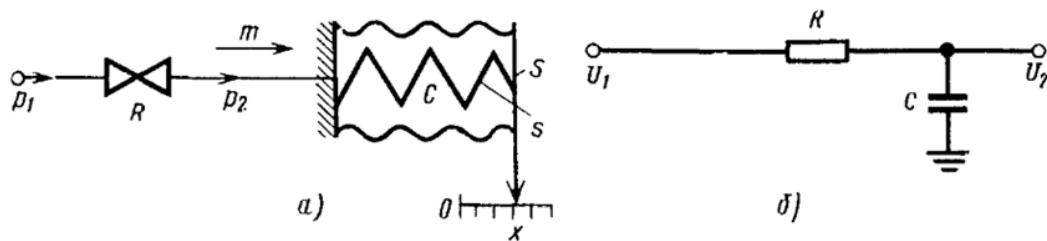


Рисунок 2.66 – Схематичне зображення камери змінної ємності

для якої

$$\frac{1}{pC \cdot R + \frac{1}{pC}} = \frac{1}{1 + \tau p} = \frac{U_2}{U_1} \quad (2.20)$$

На основі цієї формули напишемо рівняння:

$$sS = \frac{x}{p_1}, \quad (2.21)$$

де s - пружність, а S – активна площа сильфона.

А так як

$$p_2 = \frac{p_1}{1 + pRC}, \quad (2.22)$$

то

$$\frac{sS}{1 + \tau p} = \frac{x}{p_1} \quad (2.23)$$

Для лабораторної роботи можна скласти завдання, в якому необхідно буде розрахувати постійну часу пневматичного коректора « $R-C$ », який складатиметься з однієї ємності та одного опору. Також необхідно буде визначити експериментальним шляхом величину помилки в різних випадках.

2.7. Розробка проекту методичних вказівок для лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності 131 прикладної механіки

Після завершення повної інтеграції контролера Zelio Logic та вдалого його тестування, перейдемо до складання та написання методичних вказівок з лабораторних робіт. Необхідно скласти завдання для лабораторних робіт так,

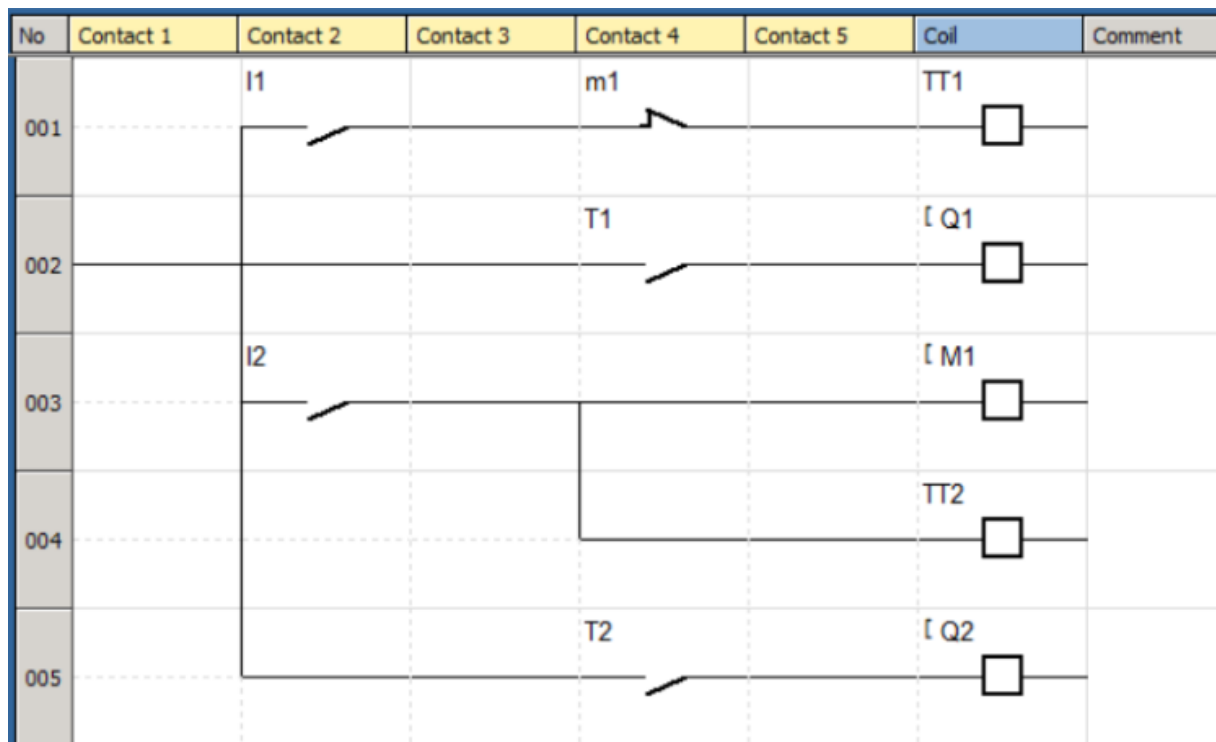


Рисунок 2.69 – Приклад простої програми

По завершенню лабораторної роботи №2, студенти засвоять на практиці загальні положення про програмування контролера на мові LD та навчаться писати прості приклади програм.

Лабораторна робота №3

В третій лабораторній роботі була повністю описана система електропневматичного стенду Festo Didactic TP101 разом з його елементами та принципами їх роботи та використання. Також частково описані основні положення про завантаження програми з комп'ютера в контролер з використанням комутаційного шнура SR2 CBL01, та подальше налаштування зв'язку між двома пристроями.

В якості завдання для даної лабораторної роботи була поставлена задача розробки програми циклічної роботи пневмоциліндра, керування якого здійснюватиметься двома кнопками. Приклад такої програми зображений на рисунку 2.70.

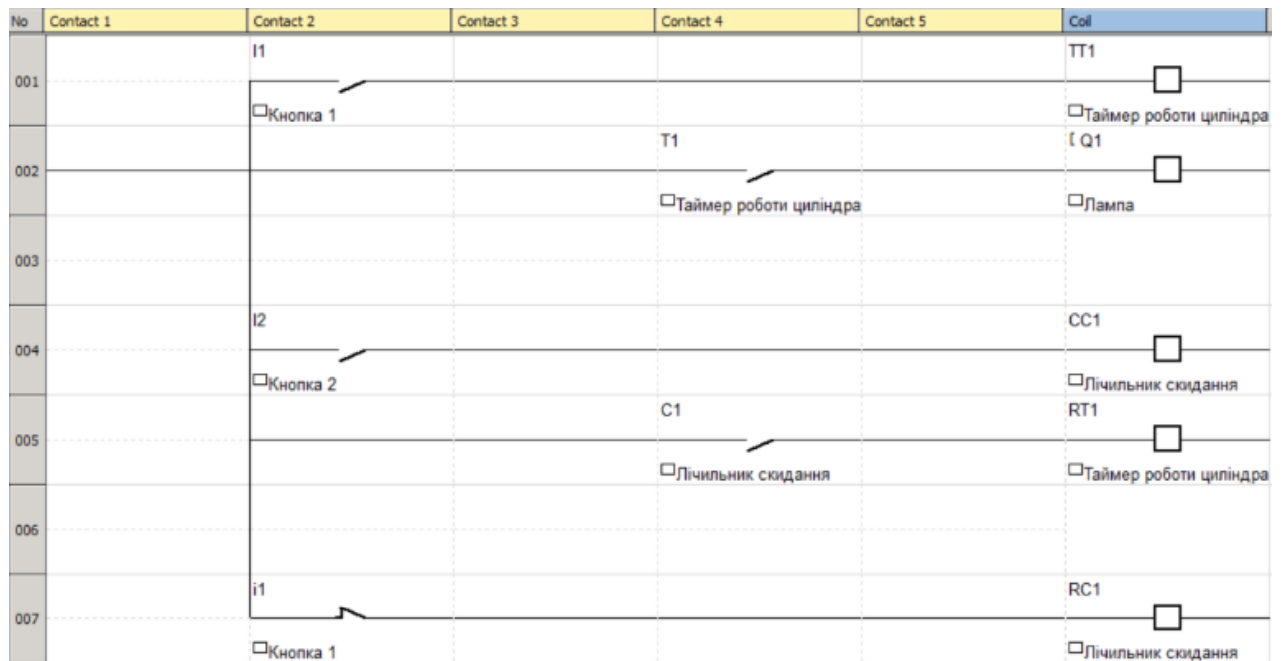


Рисунок 2.70 – Приклад програми

Також необхідно зібрати електро-пневматичну схему з'єднань стенду, використовуючи програмне середовище FESTO Fluidsim. Приклад такої схеми зображений на рисунку 2.71.

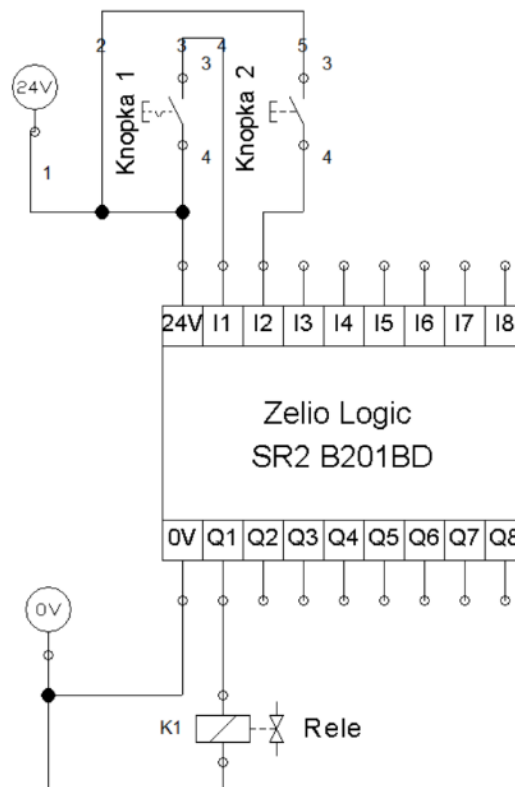


Рисунок 2.71 – Електро-пневматична схема з'єднань

По завершенню лабораторної роботи №3, студенти закріплюють знання по програмуванню контролера на мові LD, здобудуть навички побудови електропневматичних схем на стенді та навчаться завантажувати написані програми в контролер. Дана лабораторна робота дасть можливість студентам зрозуміти на власному досвіді можливості контролера та принцип його взаємодії з об'єктами керування.

Лабораторна робота №4

В даній лабораторній роботі була коротко описана мова програмування FBD (Function Block Diagram) разом з її виглядом та особливостями. Після надання достатніх теоретичних положень, студентам буде поставлене завдання з розробки схеми керування трьома циліндрами на основі трьох кнопок та декількох простих елементів системи. Приклад такої програми зображений на рисунку 2.72.

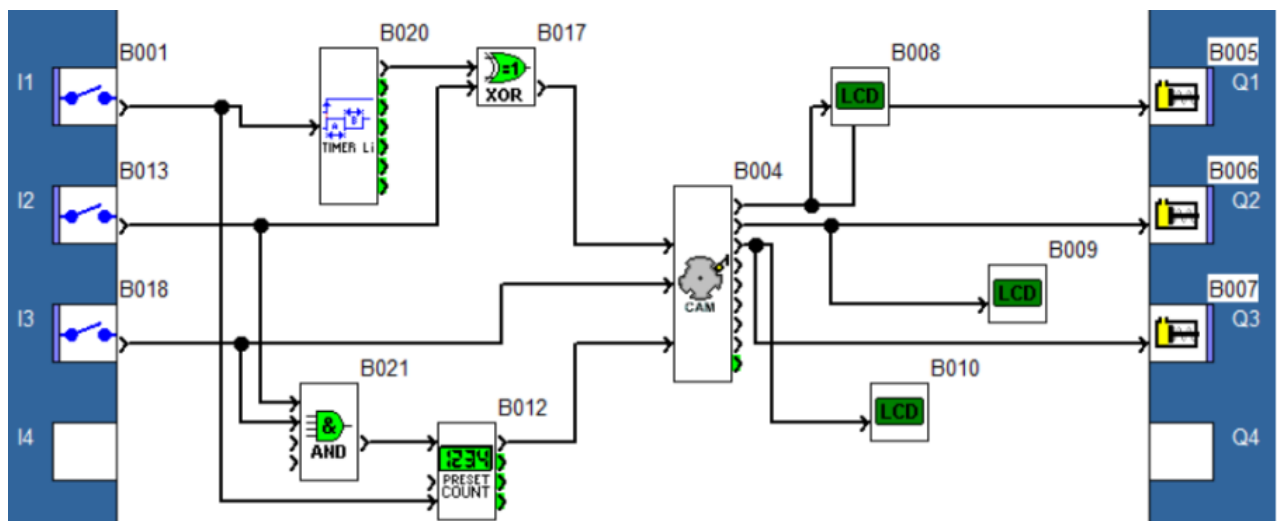


Рисунок 2.72 – Програма керування трьома циліндрами

Також, необхідно буде розробити схему електричних та пневматичних підключень в програмному середовищі FESTO Fluidsim спеціально під написану програму. Приклад таких схем підключень зображений на рисунку 2.73.

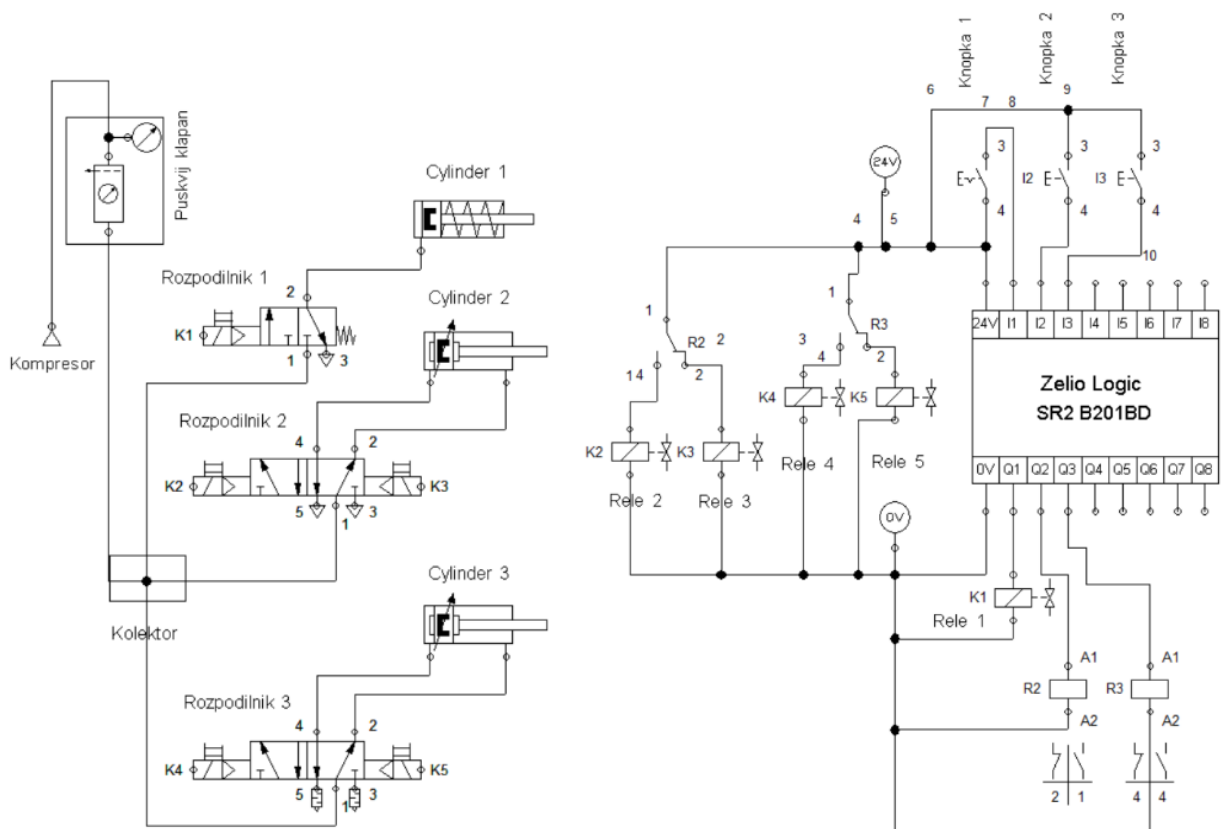


Рисунок 2.73 – Приклад схем електричних та пневматичних підключень

По завершенню виконання лабораторної роботи студенти закріплюють навички зборки систем на пневматичному стенді, навчаються програмувати на мові FBD та завантажувати такі програми до контролера.

Лабораторна робота №5

В даній лабораторній роботі студентам представлена задача реалізації програмування систем різних класів складності (першого, другого та третього). Дана робота виконується на основі побудованих програм та схем попередньої роботи на мові FBD, шляхом зміни принципу роботи деяких елементів та перепису їх налаштувань. Результатом виконаної роботи є спеціальна послідовність паралельного та послідовного включення/виключення роботи циліндрів, що є унікальною для кожної із систем складності. Приклад системи другого класу складності зображений на рисунку 2.74.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------



Рисунок 2.74 – Приклад системи другого класу складності

По завершенню виконання лабораторної роботи студенти не тільки закріплюють навички програмування та зборки електропневматичних систем, але й навчаються складати програми роботи систем різного класу складності.

Лабораторна робота №6

Дана лабораторна робота заснована на керуванні частотою роботи пневматичного циліндра. Студентам необхідно написати програму роботи циліндра з чотирма режимами керування (1, 5, 10, та 25). Програму слід реалізувати на обох мовах: як на LD, так і на FBD. Це значно ускладнить завдання, адже мови кардинально відрізняються одна від одної. Приклад такої програми на мові FBD зображений на рисунку 2.75.

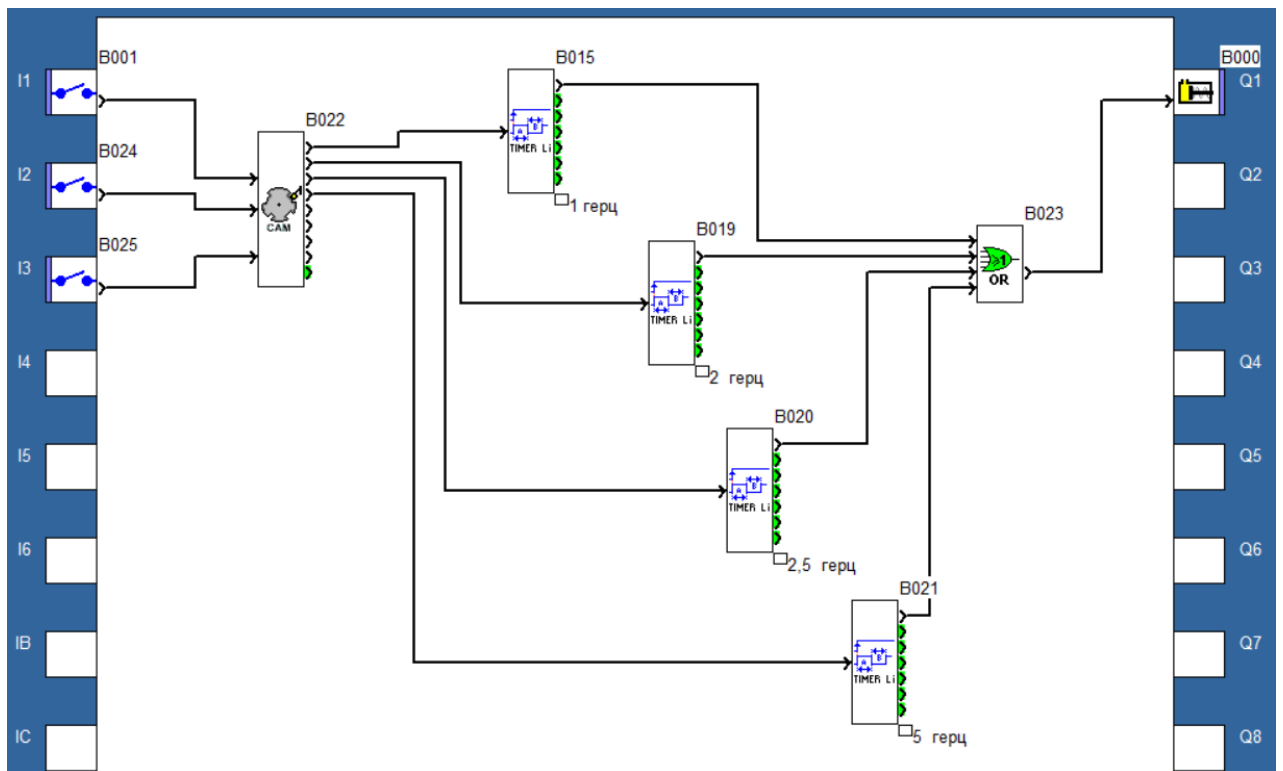


Рисунок 2.75 – Приклад програми на мові FBD

По завершенню виконання лабораторної роботи студенти закріплюють навички написання програм на мові FBD та навчаються керувати пневматичним

циліндром, змінюючи швидкість його роботи програмними методами.

Лабораторна робота №7

В даній лабораторній роботі студентам буде поставлене завдання розрахунку пневматичного опору та ємності математичними шляхами на прикладі дослідів з додатковою пневматичною ємністю у вигляді повітряної кулі різних розмірів. Студенти ознайомляться з математикою, що пов'язана з пневматикою та гідравлікою, та навчатися збирати різного роду системи в складі з додатковими ємностями.

По завершенню виконання лабораторної роботи студенти не тільки закріплять навички, а й навчатися розраховувати пневматичний опір та ємність на основі отриманих даних під час симуляції схем пневматичного стенду.

Висновки по розділу:

В другому розділі була повністю змодельовані як електричні, так і пневматичні схеми проекту модернізації стенду з використанням контролера Zelio Logic версії SR2 B201BD компанії Schneider Electric. Спочатку схеми були змодельовані та успішно протестовані у фірмовому програмному середовищі компанії FESTO – FluidSIM Pneumatic. Тестування схем пневматичної та електричної дало загальне уявлення про керування контролером системами пневматики та повністю підтвердило життєздатність реалізації завдання. На основі отриманих результатів симуляції побудованої системи керування були виведені відповідні графіки роботи елементів схеми.

Проведено вибір технічних засобів автоматизації, елементи якого були обрані зі стандартного набору електропневматичного стенду Festo Didactic Tr 101. Разом з цим була наведена повна конфігурація інтегруємого контролера та його програмні можливості.

Для фізичного тестування спроектованої електропневматичної системи, за допомогою фірмового програмного забезпечення ZelioSoft2 V5.4.2 були написані схеми роботи програми уявної системи подачі деталей на конвеєр та подальшого її переміщення на закалювання в піч. Програма роботи була

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		91

написана на двох різних мовах програмування (Ladder diagram та Function Block Diagram), що присутні в контролері. Дане рішення дало можливість порівняти обидві мови програмування між собою та побачити їх основні відмінності для подальшого складання проекту методичних вказівок до лабораторних робіт.

Також, за допомогою програмного середовища EPLAN Education 2023, були побудовані схеми електрична та пневматична загальних з'єднань, що в подальшому допоможе при фізичній зборці схеми на стенді.

Для проекту методичних вказівок лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності «131 - Прикладна механіка» була коротко описана математична частина, що частково буде застосовуватися в лабораторних роботах, та в основах викладена ідеологія кожної з робіт.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		92

ВИСНОВКИ

Сучасне управління пневматикою дає можливість вирішувати неординарні та складні завдання в сферах машин та різних автоматизаціях виробничих процесів. Широке використання вони здобули у випадках з потребами підвищеної швидкості роботи, або з відсутністю можливостей використання приводів іншого виду, спираючись на питання складності та безпеки експлуатаційного процесу.

Стенд електропневматичний Festo Didactic TP101 від компанії Festo був розроблений для вивчення основних систем керування виробничими процесами з використанням пневматичних засобів автоматизації шляхом практичного вивчення елементної бази.

В результаті дипломної роботи було вирішено питання щодо технічної реалізації та модернізації оновленого стенду пневматики на прикладі Festo Didactic TP 101 за допомогою сучасного контролера ПЛК Zelio Logic від відомої всесвітньої компанії Schneider Electric, для подальшої розробки проекту методичних вказівок лабораторних робіт з дисципліни «Мехатроніка та засоби автоматизації» спеціальності «131 - Прикладна механіка».

В стенд було інтегровано більш спрощений в порівнянні з SIEMENS контролер типу Zelio Logic версії SR2 B201BD, який повністю вирішив питання по керуванню пневматичною системою стенду, дозволяючи програмувати його роботу на таких мовах як LD (Ladder diagram), FBD (Function Block Diagram) та SFC.

Інтеграція в стенд та застосування більш простого контролера значно розширила його можливості та повністю вирішить питання засвоєння студентами елементарної бази програмування контролерів, перш ніж переходити до програмування складного контролера SIEMENS.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Штефрук Д.В.</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					93	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>			
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Положення про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України Міносвіти; Наказ, Положення, Форма типового документа від 08.04.1993 No 93. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0035-93> (Дата звернення: 14.05.2024)

2. Методичні рекомендації про складання програм практики студентів вищих навчальних закладів України / укладачі: О. Є. Пантелеймонов, Л. М. Кохановський. Міністерство освіти України, 1995. 12 с.

3. Цеков Ю. І. Збірник нормативних документів та інформаційних матеріалів з питань експертизи дисертаційних досліджень: Довідник офіційного опонента. Київ, Редакція «Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України», видавництво «Голока», 2010. 64 с.

4. Пупена О. М., Ельперін І. В., Кушков В. М. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту (роботи) для студ. спец. 7.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» Київ, НУХТ, 2012. 48 с.

5. Ткачов В.В., Цвіркун Л.І., Пушкар М.С. Методичні рекомендації для студентів спеціальності 7.05020101 Комп'ютеризовані системи, управління та автоматика: Дипломне проектування. Дніпро, НГУ, 2014. 46 с.

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Штефурук Д.В.</i>			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>			94	5	
					<i>АКНТ АКІТ-21ск</i>		

6. Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М. Методичні рекомендації для студентів-бакалаврів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Дипломне проектування. Дніпро : НГУ, 2016. 29 с.

7. Festo Didactic.*Datasheets/Pneumatics* :веб-сайт. URL: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/datasheets/pneumatics/?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zNC4xMDg3> (Дата звернення: 01.05.2024).

8. Jun-Air.6-25 *Compressor* :веб-сайт. URL: http://www.jun-air.com/product_detail.aspx?ProductID=633&ProductTypeID=50 (Дата звернення : 01.05.2024).

9. Jun-Air.6-25 *Compressor*. Website: GAST. URL: <https://www.gastmfg.com/products/6/6-25> (Дата звернення: 29.05.2024)

10. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. - Д. : НГУ, 2010.

11. Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун, Основи мехатронних пристроїв: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с

12. Festo FluidSim ® 4 Pneumatics: User's Guide. – Festo Didactic.

13. Сирямкін В.І. Інформаційні пристрої і системи в робототехніці та мехатроніці: Підручник / В.І. Сирямкін – К., 2016. – 524 с.

14. Пашков Є.В. Електропневмоавтоматика у виробничих процесах: Навч. Посібник / Під ред. Є.В. Пашкова. – 2-е вид., перероб. і доп. - Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2003. – 496 с., іл.

15. Электрoпневмoавтoматикa: Пiдручник / Oсновний курс ТР 201. – Festo Didactic. – Киiв: Вид-во ДП «Фесто», 2008. – 291 с., ил.

16. Мехатроніка : Підручник/В.І.Костюк, Г.О.Спину, Л.С.Ямпольський, М.М.Ткач. –К.: Вища школа, 1994. – 447с.

17. Дудюк Д.Л., Мазепа С С. Гнучке автоматизоване виробництво і

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		95

turbo-expanders. Website: Espace net (About European Patent Register). URL: <https://register.epo.org/application?number=EP23789231> (Дата звернення: 14.04.2024)

27. System and method for monitoring and diagnostics of an actuator device for actuation of a valve for fluid pipelines, and actuator device forming part of this system. Website: Espace net. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/066589801/publication/US2022146016A1?q=pn%3DUS2022146016> (Дата звернення: 15.04.2024)

28. Festo Didactic GmbH & Co. KG. One-way flow control valve : Datasheet. Esslingen : 2009. P. 2 URL: https://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/193967_en.pdf (Дата звернення: 31.04.2024).

29. Пристрій для пророщування солоду із коаксіальними ємностями. Опис до патенту на корисну модель. Вебсайт: Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/140160-prystrij-dlja-proroshchuvannja-solodu-iz-koaksialnymy-yemnostjamy-..dereza-s.v.-2021.pdf>

30. Programmable logic controller FEC-FC34. Website: MARVO. URL: <https://www.marvo.com/en-gb/festo/product/fec-fc34-fst> (Дата звернення: 31.05.2024)

31. Моркун Н. В., Маринич І. А. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавру для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Кривий Ріг : Видавничий центр КНУ, 2019. 50 с.

32. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).

33. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).

34. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		97

словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація)

35. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація).

					<i>КНУ КРБ.151.24.04.00.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		98