

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

**«ПНЕВМАТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНІ
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ (НА БАЗІ FESTO)»**

для студентів спеціальності
173 – Авіоніка освітньої програми «Електротехнічні
комплекси та системи літальних апаратів»
усіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Пневматичні та електропневматичні мехатронні системи (на базі Festo)» для студентів спеціальності 173 – Авіоніка освітньої програми «Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів» усіх форм навчання. / Укл.: О.С. Назарова, В.В. Осадчий - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 35 с.

Укладачі:

О.С. Назарова, к.т.н., доцент

В.В. Осадчий, к.т.н., доцент

Рецензент: М.І. Правда, к.ф.-м.н., доцент

Відповідальний за випуск: О.С. Назарова, к.т.н., доцент

Затверджено
на засіданні кафедри
Електропривода і автоматизації
промислових установок
протокол № 07 від 27.03.2024 р.

Рекомендовано
до видання НМК ЕТФ
протокол № 09 від 23.05.2024 р.

ЗМІСТ

Передмова	4
1 Лабораторна робота №1 Керування рухом одного циліндра.....	5
2 Лабораторна робота №2 Основи моделювання у FluidSIM.....	10
3 Лабораторна робота №3 Моделювання у FluidSIM схем з двома циліндрами.....	17
4 Лабораторна робота №4 Реалізація на стенді схем з двома циліндрами.....	23
Перелік посилань.....	28
Додаток А Перелік умовних позначень елементів в електропневматичних схемах	29
Додаток Б Зразок оформлення титульної сторінки	35

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки містять опис чотирьох лабораторних робіт з дисципліни «Пневматичні та електропневматичні мехатронні системи (на базі Festo)» у відповідності до навчальних планів ОКР бакалаврів.

Лабораторні роботи сприяють розширенню та закріпленню теоретичних знань з дисципліни при вирішенні конкретних практичних завдань на базі обладнання Festo та програмного забезпечення FluidSIM, розвивають навички ведення самостійної творчої роботи та професійні якості.

У додатку подано перелік умовних позначень елементів в електропневматичних схемах, що використовуються в лабораторних роботах.

Для студентів спеціальності 173 – Авіоніка освітньої програми «Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів» усіх форм навчання.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Керування рухом одного циліндра

Мета: ознайомитись із можливими варіантами керування одним циліндром від електричних кнопок з двома варіантами електророзподільників.

Короткі теоретичні відомості.

Будь-яка складна задача містить декілька простих, так само і технологічний процес містить низку простих дій певних механізмів. Розглянемо це на прикладі пневматичного циліндра двосторонньої дії, керування якого відбувається за допомогою електроконтактної кнопки або декількох кнопок, в залежності від поставленої задачі та типу розподільника. Умовні позначення схем принципів електропневматичних було розглянуто у лекціях, а також умовні графічні зображення (УГЗ) продубльовано у додатку А даних методичних вказівок.

Далі розглянуто основні моменти побудови схем електропневматичних принципів та принцип їх дії. За для певної систематизації у цій та наступних роботах приймемо, що лінія «+24В» малюється зверху, «0В» – знизу. Кожний вертикальний ланцюг нумерується послідовно арабськими цифрами зліва – направо. Номери ланцюгів, в яких є контакт певного реле, прописуються знизу ланцюга, в якому є позначення котушки реле. Загалом, для даних стендів, на одне реле неможливо використовувати більше чотирьох контактів.

Порядок виконання лабораторної роботи.

Керування пневматичним циліндром за допомогою моностабільного розподільника 5/2 та кнопки без фіксації з нормально відкритим контактом вважається найпростішою схемою (рис. 1.1). Принцип дії наступний: при натисканні на кнопку «SB1» напруга подається безпосередньо на котушку розподільника «Y1», який за допомогою електромагнітного поля змінює положення золотника. Таким чином повітря з каналу «1» починає поступати у канал «4» та шток циліндра P1.0 висувається. При відпусканні кнопки «SB1», напруга на котушці соленоїда «Y1» зникає і пружина повертає золотник розподільника у початкове положення – повітря з каналу «1»

поступає у канал «2», внаслідок чого, шток циліндра P1.0 також повертається у початкове положення.

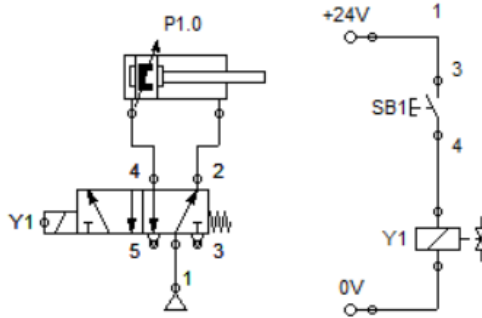


Рисунок 1.1 – Керування пневмоциліндром за допомогою моностабільного розподільника 5/2 та кнопки без фіксації з нормально відкритим контактом.

Схожий принцип дії схеми керування пневмоциліндром за допомогою бістабільного розподільника 5/2 та двох кнопок без фіксації (рис. 1.2). Перша частина роботи схеми аналогічна попередній, відмінність полягає у повертанні циліндра у вихідне положення. Через те, що розподільник замість пружини, на протилежному боці, має ще одну котушку «YN1» для неї використовують додатково кнопку «SB2». За для коректної роботи схеми, адже контакт кнопки «SB2» нормально закритий, його треба інвертувати. За для цього використаємо додаткове реле «K1» та його нормально замкнений (н.з.) контакт. При відсутності ручного впливу на кнопку «SB2» напруга подається на котушку «K1», тим самим розмикаючи нормально замкнений контакт цієї котушки. При натисканні на кнопку «SB2» напруга з котушки «K1» знімається та через нормально замкнений контакт «K1» подається на соленоїд «YN1». Розподільник повертається у вихідне положення та шток циліндра P1.0 також починає рух у початкове положення.

Для регулювання швидкості руху штока циліндра, в обох напрямках, у всіх схемах використовують дроселі. Регулювання відбувається за допомогою ручного ролику на дроселі, який змінює повітряний прохід в залежності від кількості обертів даного ролику. Дроселі відіграють важливу роль у технологічних операціях, адже саме вони визначають час висування штока пневмоциліндра, а відповідно, час виконання технологічної операції.

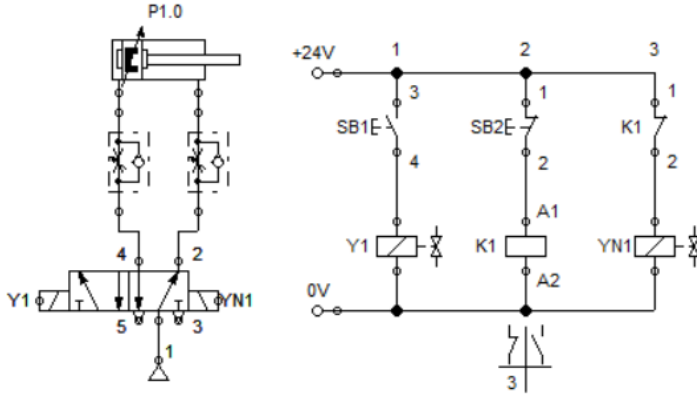


Рисунок 1.2 – Керування пневмоциліндром за допомогою бістабільного розподільника 5/2 та двох кнопок без фіксації (з н. р. контактом «SB1» та н. з. контактом «SB2»).

Принцип дії наступної схеми керування пневмоциліндром за допомогою моностабільного розподільника 5/2 та перемикача з фіксацією «SA1» (рис. 1.3) аналогічний попередньому. Єдина відмінність, що котушка «K1» під'єднана до контакту перемикача одночасно з соленоїдом «YN1». Тобто відключення напруги з одного соленоїду («YN1») передбачає подачу напруги на інший («Y1»)

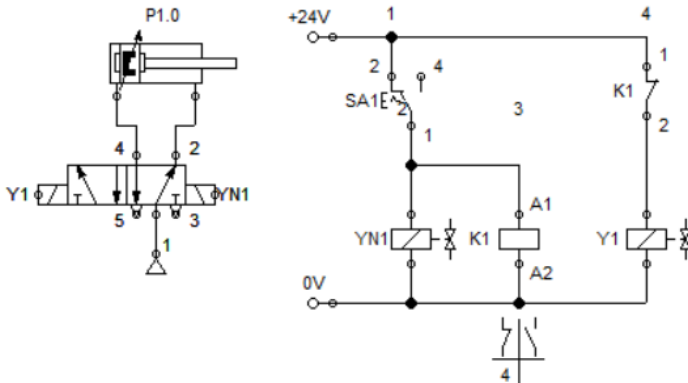


Рисунок 1.3 – Керування пневмоциліндром за допомогою бістабільного розподільника 5/2 та перемикача з фіксацією «SA1».

Остання схема, яка розглянута у цій лабораторній роботі використовує схему з елементом пам'яті. У даному випадку ця схема

обладнанні. Навчитись знаходити відповідні елементи схеми принципової на стенді.

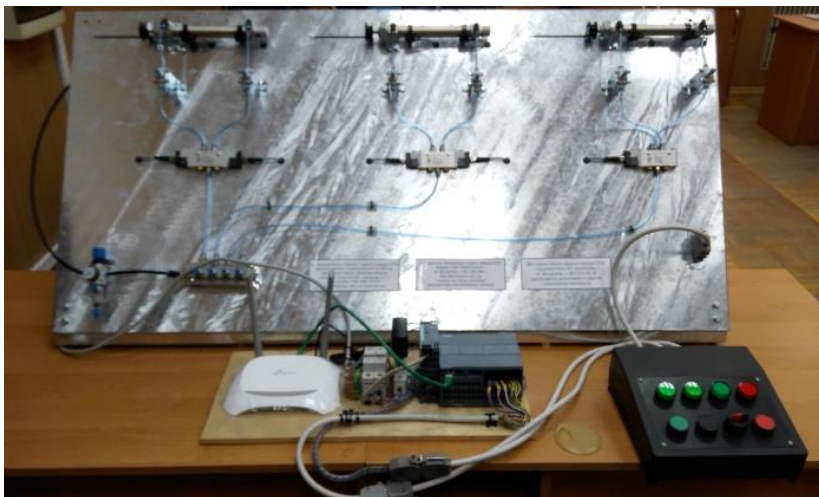


Рисунок 1.5 – Лабораторний стенд електропневматичний

Зміст звіту з лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити титульний лист, тему, мету лабораторної роботи, чотири схеми керування одним пневмоциліндром з підписами елементів та висновки.

Контрольні запитання.



1. Перелічити назви основних елементів стенда.
2. Для чого призначена станція підготовки повітря?
3. Яким чином виконується регулювання швидкості руху штоків пневмоциліндрів?
4. Що являється джерелом стислого повітря для пневматичних систем?
5. Намалювати схему вмикання лампочки з використанням елементу пам'яті.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Основи моделювання у FluidSIM

Мета: ознайомитись із програмним забезпеченням FluidSIM, навчитись складати прості електропневматичні схеми та перевіряти їх працездатність.

Короткі теоретичні відомості.

Програмне середовище FluidSIM має досить простий та інтуїтивний інтерфейс. Після відкриття програми у лівому верхньому куті, на панелі Меню є стандартні значки: Створити новий файл (альтернативний варіант, комбінація клавіш Ctrl+N) або Відкрити вже існуючий  . У нашому випадку, створюємо новий аркуш для майбутньої схеми (рис. 2.1)

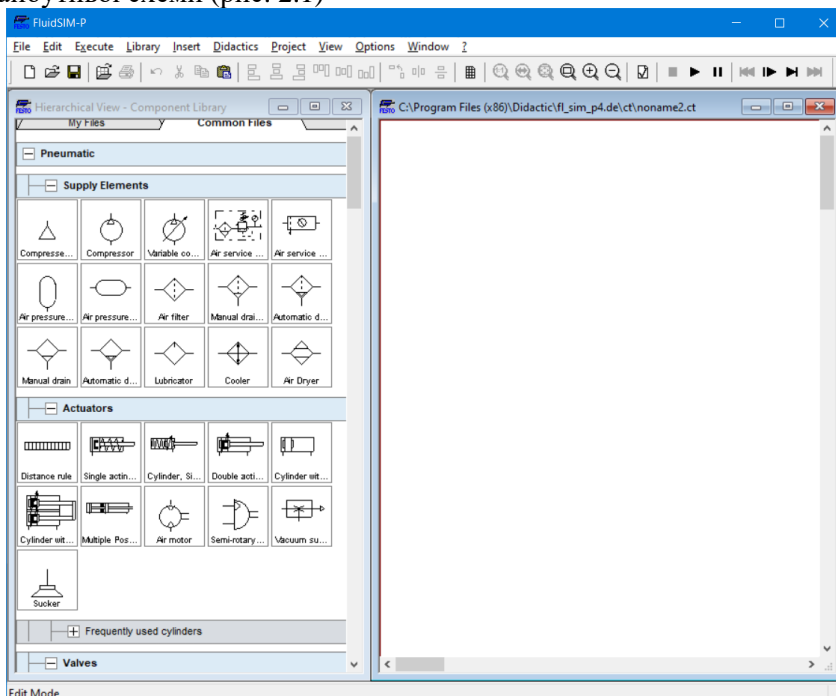


Рисунок 2.1 – Робоче вікно програми FluidSIM

Ліворуч від створеного аркуша розташована таблиця умовних позначень пневматичних та електричних елементів схем принципів, що поділено на певні розділи за функціональними ознаками (рис. 2.2).

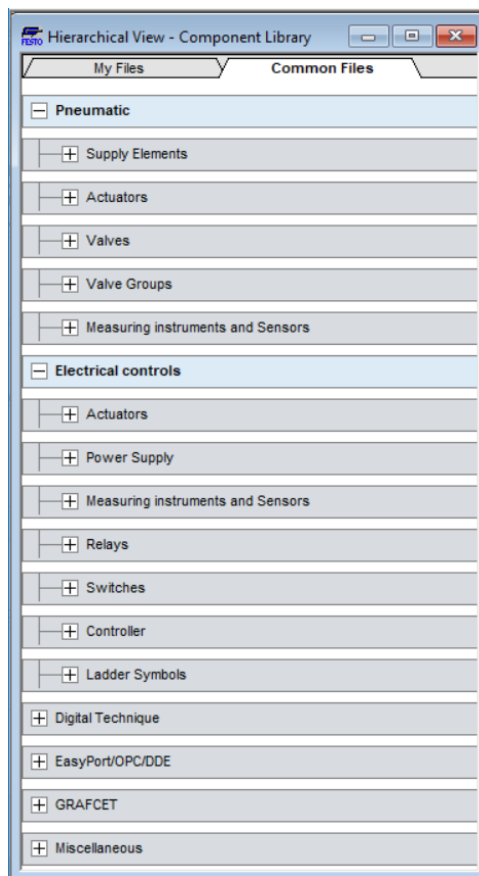


Рисунок 2.2 – Перелік основних розділів умовних позначень

Розташування кожного елемента відбувається шляхом перетягування за допомогою миші з таблиці до аркуша схеми або за допомогою комбінацій Копіювати / Вставити.

Більш детальну інформацію, щодо елемента, можливо отримати натиснувши праву кнопку миші (ПКМ) по відповідному елементу та обравши розділ «Component Description» (рис. 2.3).

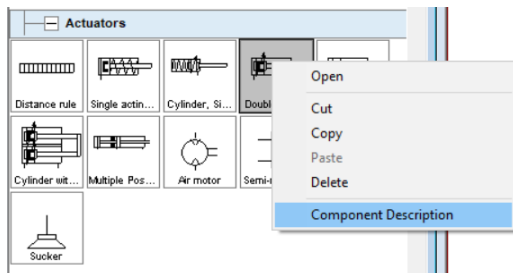


Рисунок 2.3 – Приклад контекстного меню при натисканні ПКМ на елемент умовного позначення в таблиці

Для налаштування певного елемента після розташування (рис. 2.4) на схемі, необхідно натиснути на ньому ПМК та обрати розділ «Properties...».

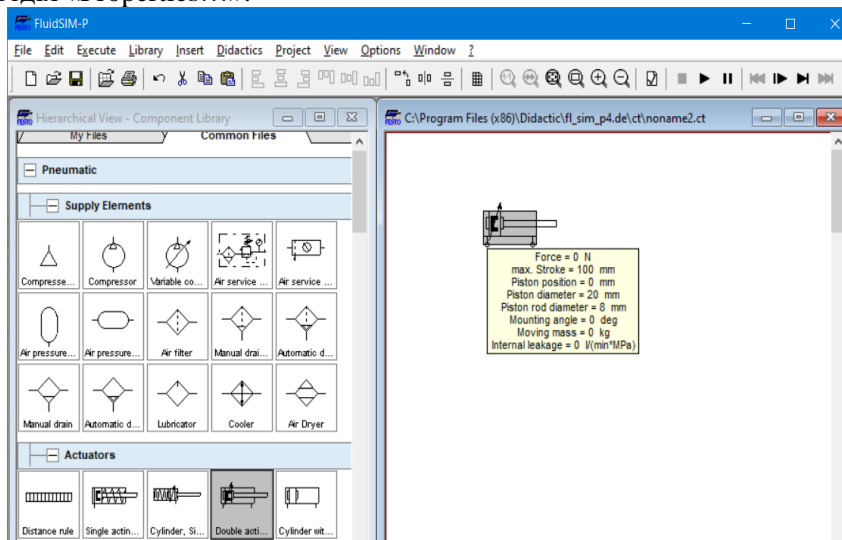


Рисунок 2.4 – Результат розташування пневмоциліндра на аркуші схеми (при наведенні курсора на елемент – відображаються його основні характеристики)

Результат відкриття вікна «Properties...» показано на рисунку 2.5. У першій вкладці можливо змінювати Опис/Принцип дії/Тип демпфування/Схему розташування на аркуші та найважливіше задавати позначення у полі «Label». Вкладки «Parameters», «External load» та «Force profile» у даній лабораторній не розглядаються.

Зробимо акцент на останній вкладці «Actuating Labels». Саме на ній задаються назви датчиків положення штоку циліндрів та діапазони їх дії/встановлення. На рисунку 2.6 показано приклад встановлення двох датчиків крайніх положень при умові, що шток циліндра висувається на 100 мм.

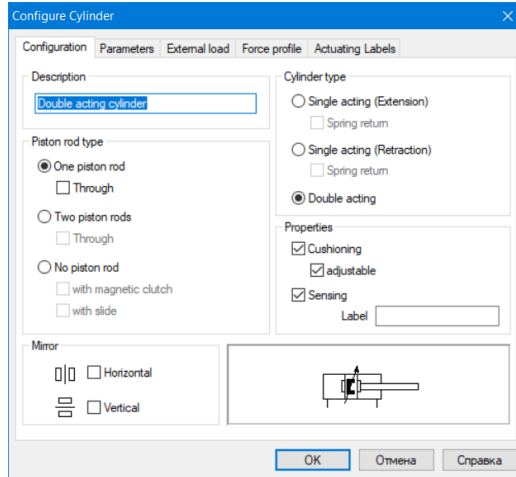


Рисунок 2.5 – Вікно властивостей умовного позначення пневмоциліндра

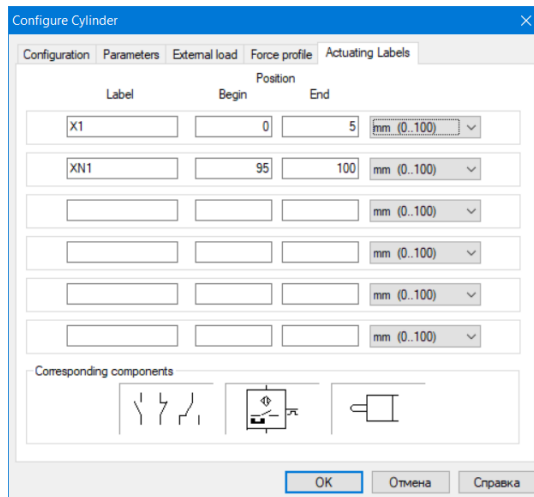


Рисунок 2.6 – Приклад встановлення датчиків на пневмоциліндрі

Далі розглянемо варіант вкладки «Properties...» для розподільника (рисунок 2.7). Аналогічно можливо змінити тип розподільника, обрати його нормальну позицію та кількість каналів, тип сигналу керування (Ручний / Механічний / Пневматичний / Електричний), орієнтацію розташування на схемі та задати витрати повітря при експлуатації.

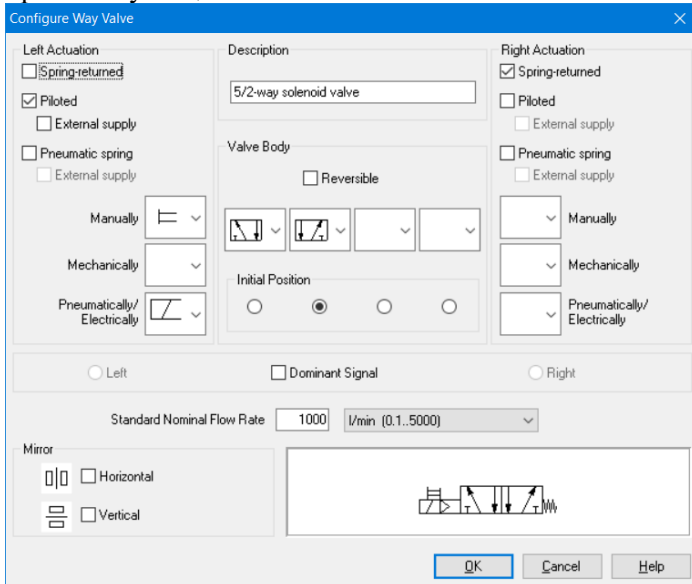


Рисунок 2.7 – Вікно властивостей умовного позначення розподільника

Для позначення котушки розподільника необхідно по кружечку на певній котушці натиснути двічі лівою кнопкою миші (ЛКМ). Після цього відкриється діалогове вікно для написання відповідного позначення (рис. 2.8).

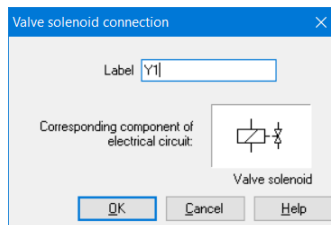


Рисунок 2.8 – Приклад позначення котушки розподільника

З наступним кроком відбувається з'єднання елементів шляхом перетаскування одного кружечка певного виходу елемента з іншим. Результат пневматичної частини схеми представлено на рисунку 2.9.

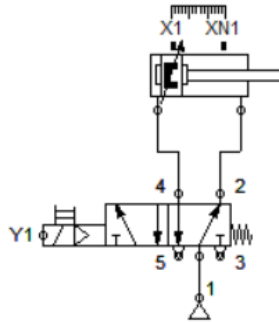


Рисунок 2.9 – Приклад пневматичної частини схеми

Аналогічним шляхом малюється електрична частина схеми, де з різних розділів обираються певні елементи живлення та споживачі, відбувається їх підпис та з'єднання в єдину схему. Результат таких дій представлено на рисунку 2.10.

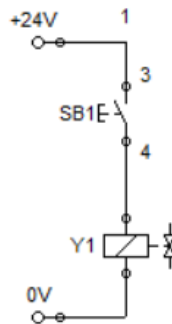



Рисунок 2.10 – Приклад електричної частини схеми

Наступним етапом є перевірка відповідності роботи схеми завданню. Для цього необхідно перейти в режим симуляції, натиснувши значок Старту симуляції  (або клавішу F9) на панелі інструментів. Якщо помилки будуть відсутні та схема коректна, канал, у який подається повітря, підсвітиться темно-синім кольором (рис. 2.11, а). При натисканні на кнопку «SB1» ЛКМ електричний

ланцюг стане червоного кольору (рис. 2.11, б), це означає, що струм через контакт кнопки подається на котушку розподільника. Останній, в свою чергу змінює свою позицію та подає повітря в інший канал, в результаті чого шток циліндра висувається. При відпусканні кнопки «SB1» всі елементи схеми повертаються у початкове положення.

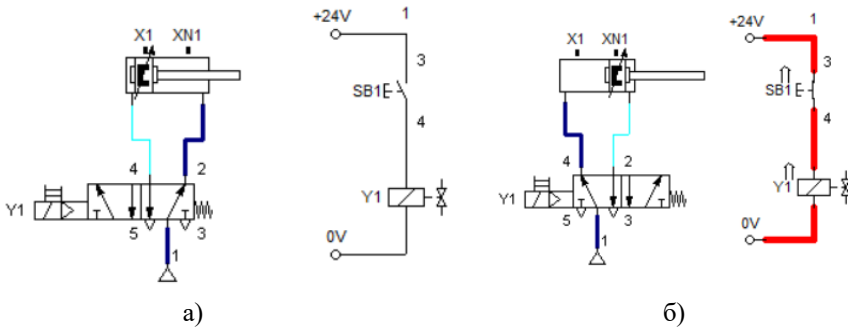


Рисунок 2.11 – Приклад роботи режиму симуляції

Завдання.

Скласти у середовищі FluidSIM всі чотири схеми керування одним циліндром, які розглянуто у попередній лабораторній роботі, перевірити відповідність роботи схем у режимі симуляції та реального обладнання.

Зміст звіту з лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити титульний лист, тему, мету лабораторної роботи, чотири схеми керування одним пневмоциліндром з підписами елементів та висновки.

Контрольні запитання.

1. Перелічити основні розділи налаштування пневмоциліндрів.
2. Перелічити основні пункти налаштування розподільників?
3. На які основні розділи поділяють пневматичні елементи у таблиці умовних позначень середовища FluidSIM?
4. На які основні розділи поділяють електричні елементи у таблиці умовних позначень середовища FluidSIM?
5. Намалювати електричну схему з індикацією: додати паралельно котушкам лампочки, змінити колір останніх.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

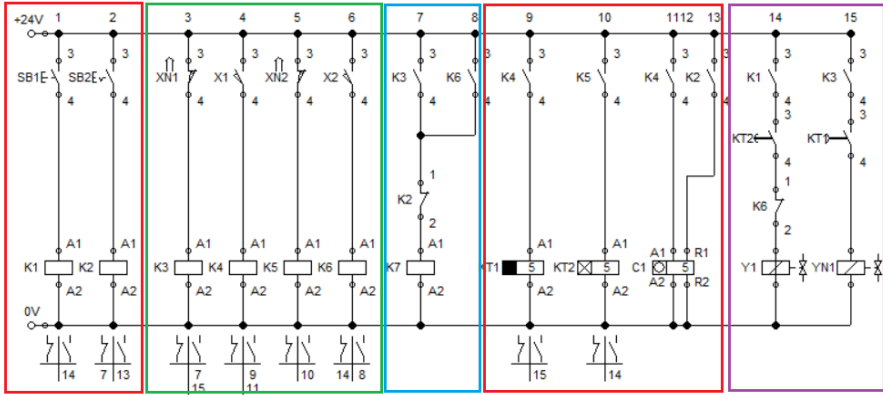
Моделювання у FluidSIM схем з двома циліндрами

Мета: навчитись відтворювати схеми з роботою двох циліндрів у різних послідовностях, використовуючи програмне забезпечення FluidSIM.

Короткі теоретичні відомості.

У попередніх лабораторних роботах було розглянуто основні принципи побудови схем. Вони мали досить просту структуру та не потребували ніякої систематизації. У даній лабораторній роботі буде розглянуто основні принципи розташування груп елементів для більш швидкої та легкої взаємодії. Отже, електрична частина схеми складається з наступних елементів: котушок реле та котушок розподільників; контакти реле (н.р. та н.з.); контакти датчиків кінцевих положень штоків пневмоциліндрів; кнопки/ перемикачі. Одним з основних правил побудови майбутніх схем буде те, що сигнали від датчиків та кнопок ідуть на реле (а не безпосередньо на котушки розподільників, як було показано у попередніх лабораторних роботах), а останні, в свою чергу, передають через свої контакти сигнали керування. Першим умовним блоком схеми будуть всі сигнали від кнопок (рис. 3.1, а), другим – сигнали від датчиків кінцевих положень (рис. 3.1, б), третім – елементи пам'яті (рис. 3.1, в), четвертим (якщо є) - часові реле та лічильники (рис. 3.1, г), п'ятим останнім – елементи керування/котушки розподільників (рис. 3.1, д). На рисунку 3.1 показані основні типи умовних позначень, що використовуються в процесі проведення лабораторних робіт та додаткових завдань. Реле часу та лічильники у даній лабораторній роботі не розглядатимуться.

В даній лабораторній роботі розглянуто три основних варіанти схем роботи двох циліндрів. Для цих схем прийняті наступні параметри: обидва циліндри двосторонньої дії та на них встановлено датчики кінцевих положень (шток втягнуто XN1/XN2, шток висунуто X1/X2); розподільники бістабільні з електрокеруванням 5/2; старт циклу починається при натисканні кнопки з нормально відкритим контактом без фіксації.



а) б) в) г) д)

Рисунок 3.1 – Приклад порядку розташування елементів релейної схеми електричної принципової

Діаграми роботи кожного з варіантів схем з двома циліндрами представлено на рисунку 3.2. Для варіанту «А» режим роботи наступний: при натисканні кнопки «Старт» перший циліндр починає висуватися, при досягненні крайнього положення (спрацював датчик X1) починає рух другий циліндр. Коли другий циліндр досягне свого крайнього положення (спрацював датчик X2), перший циліндр починає повертатися у вихідне положення. Сигнал від датчика XN1 дає дозвіл на початок руху другого циліндра у вихідне положення. Спрацювання датчика XN2 сигналізує про завершення циклу. Повторне натискання кнопки «Старт» повторює описаний процес. Схема електропневматична принципова варіанту «А» представлено на рисунку 3.3.

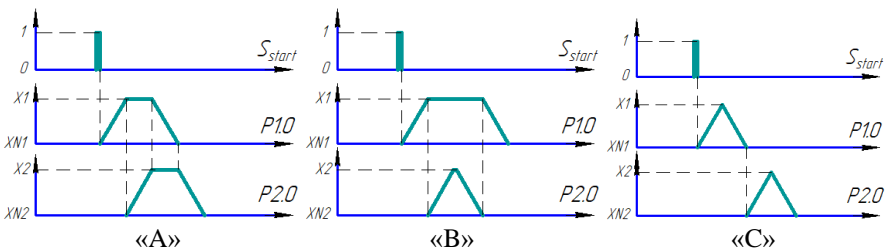


Рисунок 3.2 – Варіанти послідовності роботи двох циліндрів

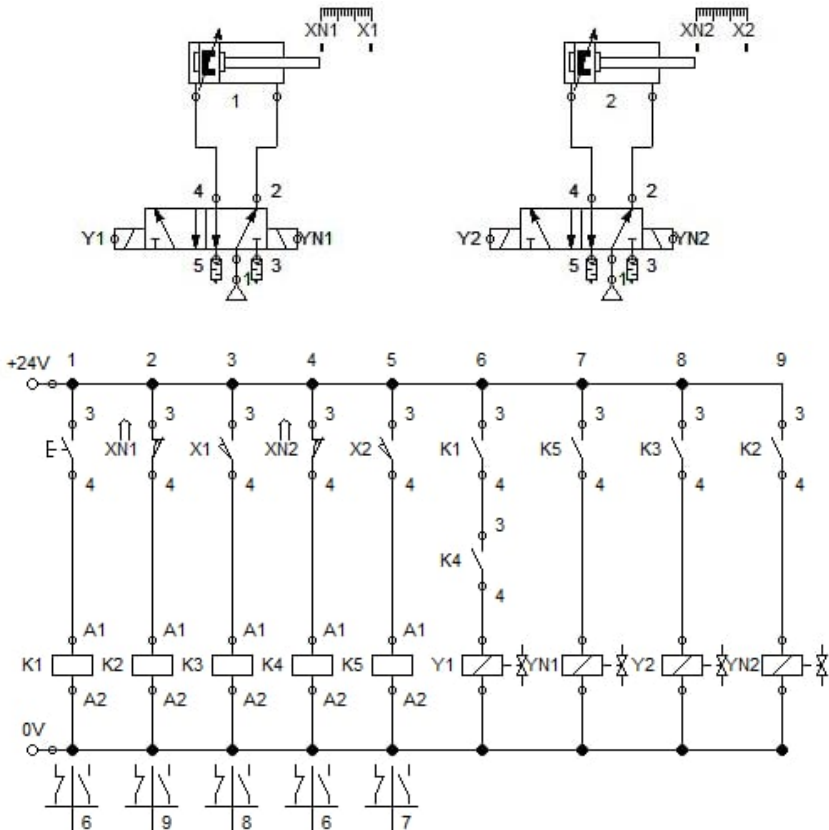


Рисунок 3.3 – Схема принципова варіанту «А»

Для варіанту «В» режим роботи наступний: при натисканні кнопки «Старт» перший циліндр починає висуватися, при досягненні крайнього положення (спрацював датчик X1) починає рух другий циліндр. Коли другий циліндр досягне свого крайнього положення (спрацював датчик X2), він одразу починає повертатися у початкове положення. Сигнал від датчика XN2 дає дозвіл на початок руху першого циліндра у початкове положення. Спрацювання датчика XN1 сигналізує про завершення циклу. Повторне натискання кнопки «Старт» повторює описаний процес. Схема електропневматична принципова варіанту «В» представлено на рисунку 3.4.

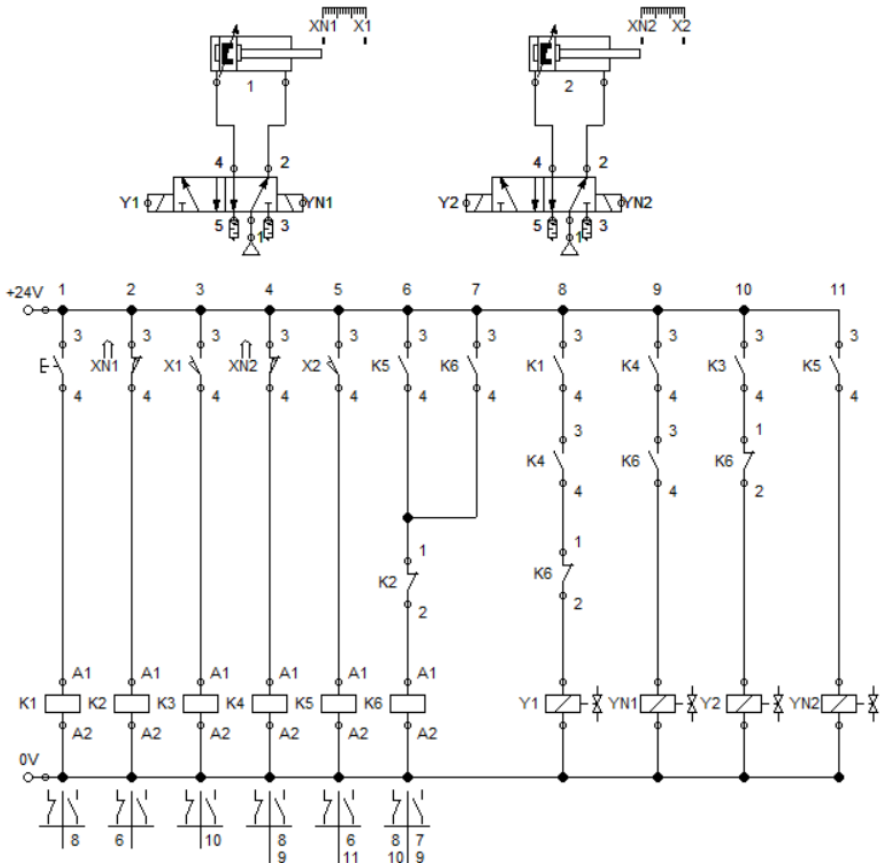


Рисунок 3.4 – Схема принципова варіанту «В»

Для варіанту «С» режим роботи наступний: при натисканні кнопки «Старт» перший циліндр починає висуватися, при досягненні крайнього положення (спрацював датчик X1) він одразу повертається у вихідне положення. Сигнал від датчика XN1 дає дозвіл на початок руху другого циліндра. При досягненні датчик X2 шток другого циліндра одразу повертається у вихідне положення. Спрацювання датчика XN2 сигналізує про завершення циклу. Повторне натискання кнопки «Старт» повторює описаний процес. Схема електропневматична принципова варіанту «С» представлено на рисунку 3.5.

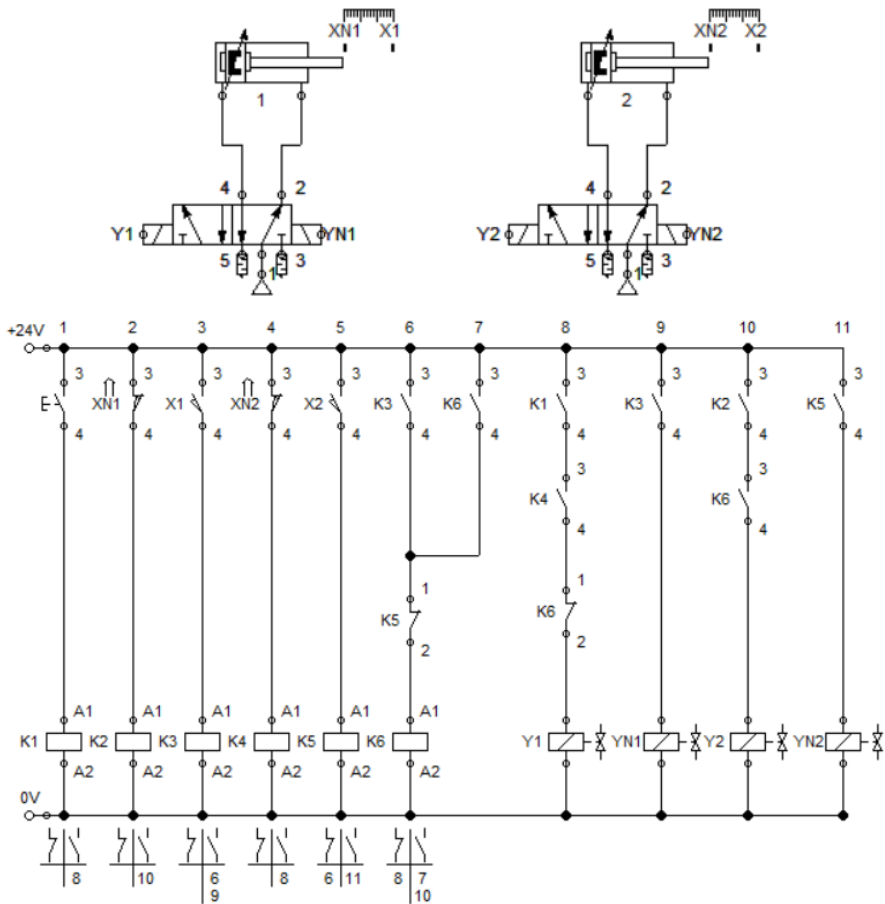


Рисунок 3.5 – Схема принципова варіанту «С»

Завдання.

Вивчити основні правила побудови схем та логіку їх роботи. Відтворити у середовищі FluidSIM всі три варіанти схем керування двома циліндрами, що розглянуто у лабораторній роботі, перевірити відповідність роботи часовим діаграмам принципових схем у режимі симуляції.

Зміст звіту з лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити титульний лист, тему, мету лабораторної роботи, три варіанти схем керування та висновки.

Контрольні запитання.

1. Назвати основний порядок розташування блоків схеми електричної принципової.
2. Намалювати часові діаграми роботи двох циліндрів.
3. Що необхідно замінити у схемі, щоб цикл йшов безкінечно довго, до моменту примусової зупинки?
4. Чому на схемах контакти XN1/XN2 мають додаткові стрілки у початковому стані?
5. Пояснити режим роботи схеми варіанту «А».
6. Пояснити режим роботи схеми варіанту «В».
7. Пояснити режим роботи схеми варіанту «С».

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Реалізація на стенді схем з двома циліндрами

Мета: ознайомитись із стендом електропневматичного обладнання, вивчити основні елементи стенду та їх призначення.

Короткі теоретичні відомості.

Робота мехатронної системи забезпечується завдяки об'єднанню декількох стендів: електропневматичного, релейного та мікроконтролерного. Блок-схема стендів та їх взаємозв'язок показано на рисунку 4.1. Для підключення мікроконтролерного стенду до електропневматичного створено «З'єднувальну коробку», що дозволяє виконувати деякі операції у ручному режимі, в залежності від програми, а також для візуалізації та наближенню системи до реального технологічного обладнання. Більш детально мікроконтролерна частина буде розглянута у наступних лабораторних роботах.

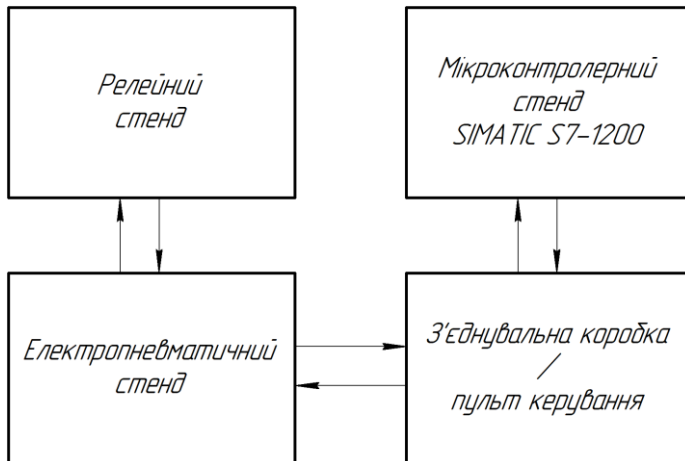


Рисунок 4.1 – Блок-схема зв'язку стендів мехатронної системи

Електропневматичний стенд являє собою плиту, на якій розташовані виконавчі пристрої фірми FESTO, а саме: три пневматичні циліндри, два електропневматичних бістабільних

розподільника 5/2 та один моностабільний. Подача стислого повітря до стенда відбувається від компресора через станцію підготовки повітря, що забезпечує відповідне змащення виконавчих пристроїв та очищення повітря від пилу. Для регулювання швидкості висування штоків циліндрів, на кожному напрямку встановлені регулюючі дроселі. Стан штоку у крайніх положеннях контролюється за допомогою, встановлених на корпусі циліндрів, герконових датчиків. Замикання контакту останніх відбувається за рахунок магнітного поля кільця, встановленого у торцевій частині поршня пневмоциліндра. Пневматична принципова схема стенда представлена на рисунку 4.2 (умовні позначення елементів схеми представлено у Додатку А Таблиця А.1).

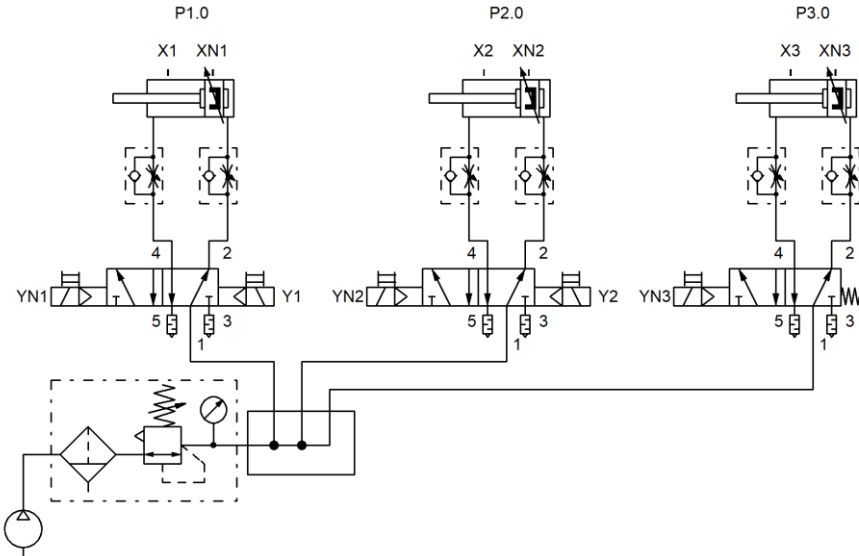


Рисунок 4.2 – Схема стенда пневматична принципова

Електричне з'єднання з іншими стендами відбувається через 25-піновий роз'єм, схема підключення якого представлена на рисунку 4.3. Перелік сигналів та їх опис представлено у Додатку А (табл. А.2). Сигнали поділені на умовно три секції: вихідні дискретні сигнали, вхідні дискретні сигнали та аналогові сигнали. Аналогові сигнали від резисторів дозволяють відстежувати положення штоків циліндрів на всьому інтервалі руху.

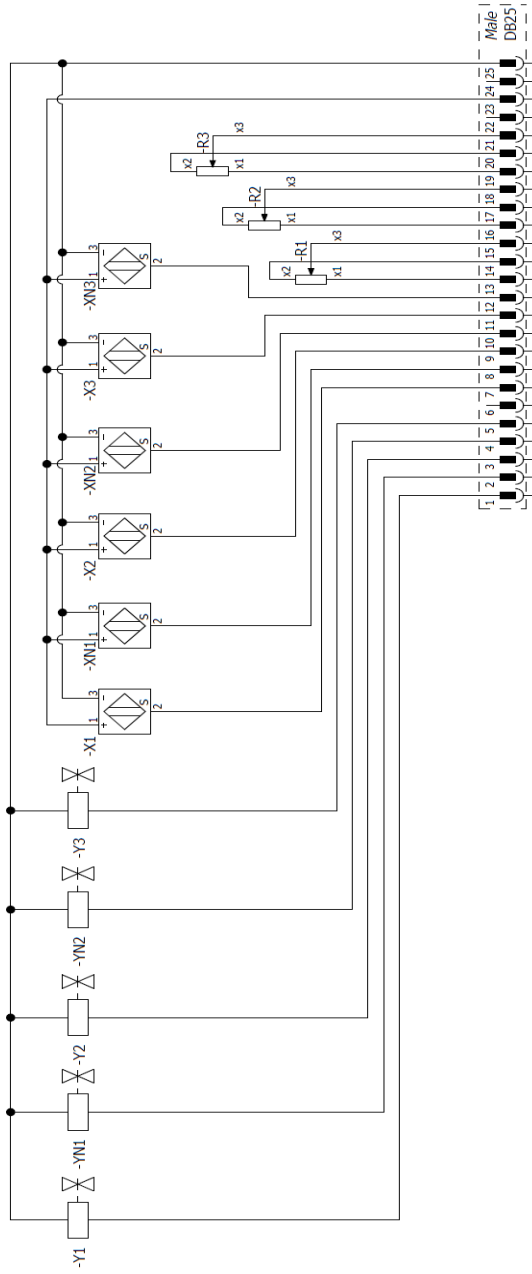


Рисунок 4.3 – Схема стенда електрична принципова

Для забезпечення керування електропневматичним стандом шляхом ручного натискання кнопок та перемикання тумблерів використовується релейний стенд. Загальний вид останнього представлено на рисунку 4.4.

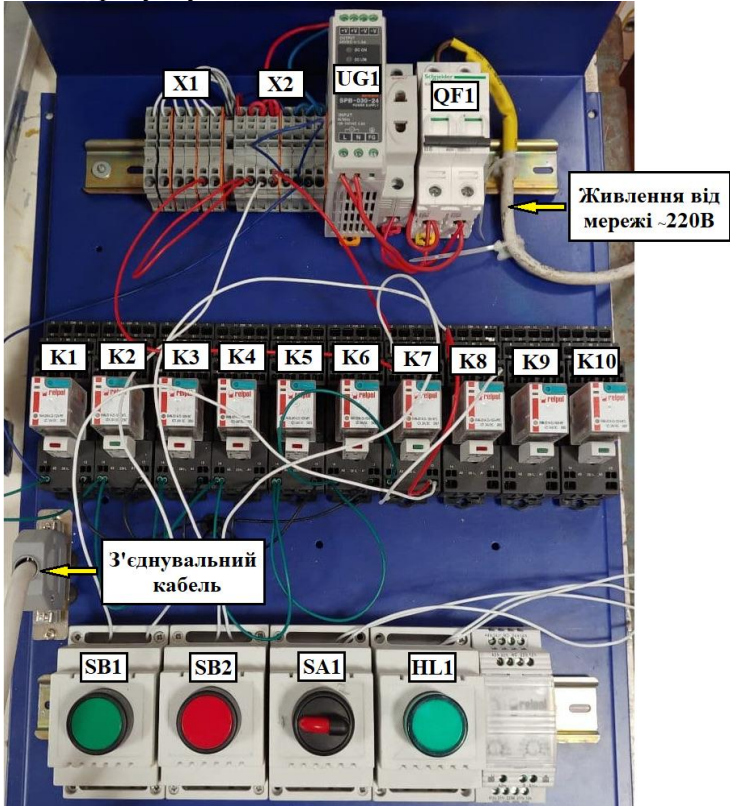


Рисунок 4.4 – Релейний стенд

Релейний стенд складається з 10 основних реле K1-K10; ввідного автомату QF1; блоку живлення 24В – UG1; клемнику X1 призначеного для підключення вихідних сигналів керування розподільниками електропневматичного станда; клемнику X2, який є умовним колектором-множником напруги 24В (клеми X2.1-X2.4) та 0В (клеми X2.5-X2.8); елементів ручного керування, а саме кнопок без фіксації SB1, SB2 та тумблера SA1; елемента світлової індикації – лампочки HL1.

Порядок виконання лабораторної роботи.

Дана лабораторна робота наближує студентів до реальної роботи електромонтажника, адже необхідність читати схеми та правильно з'єднувати елементи за цими схемами потребує уважності та інженерної грамотності. В даній роботі ми будемо використовувати: реле K1-K4, так як вони відповідають за датчики X1/X2/XN1/XN2 кінцевих положень двох циліндрів; реле K7 – як елемент пам'яті; реле K8 – для підключення кнопки «Старт»; кнопку «Старт» – SB1; клемник X1 – для підключення котушок розподільників.

Робота зі стендом виконується студентом тільки після проходження інструктажу та в присутності викладача. ЗАБОРОНЕНО вмикати стенд (подавати стисле повітря або напругу) без дозволу викладача. З'єднання провідників виконується лише спеціалізованим інструментом.

Завдання.

Зібрати три варіанти схем роботи двох циліндрів на релейному стенді, та перевірити правильність їх роботи. Зробити доопрацювання згідно рекомендацій викладача.

Зміст звіту з лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити титульний лист, тему, мету лабораторної роботи, схему стенду пневматичну принципову з підписами елементів, опис змін, внесених у роботу стенда, у початковій схемі електричній принциповій та його вплив на роботу системи, висновки.

Контрольні запитання.

1. Перелічити назви основних елементів стенда за схемою принциповою пневматичною.
2. Для чого призначена станція підготовки повітря?
3. Яким чином виконується регулювання швидкості руху штоків пневмоциліндрів?
4. Яка максимальна кількість контактів може використовуватись на одному реле стенда?
5. Пояснити принцип дії схеми елементу пам'яті?
6. Завдяки чому можливо відстежувати положення штоків циліндрів на всьому інтервалі руху?

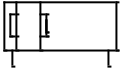
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конструкції елементів пневмоагрегатів : навчальний посібник / М. Г. Прокопов, С. М. Ванєєв, В. М. Козін, Ю. С. Мерзляков. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 146 с.
2. Мехатроніка: циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації. / О.П. Губарев, О.С. Ганпанцурова. - К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 160 с.
3. Губарев, О.П. Функціональні модулі систем мехатроніки з пневматичними, електромеханічними та гідравлічними виконавчими пристроями: навч. посібник / О.П. Губарев, О.С. Ганпанцурова, К.О. Беліков, А.М. Муращенко – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 104 с.
4. DIN/ISO 1219-1 – Пневматика: умовні графічні позначення елементів на принципових схемах.
5. Nazarova, O. Software and Hardware Complex for The Study of Electropneumatic Mechatronic Systems / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko, M. Olieinikov // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.
6. Орловський, Б. В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні: навчальний посібник / Б. В. Орловський. – К.: КНУТД – 2018. – 416 с.
7. Nazarova, O. Mechatronic automatic control system of electropneumatic manipulator / V. Osadchyy, T. Hutsol, Sz. Glowacki, T. Nurek, V. Hulevskiy, I. Horetska // Scientific Reports, 2024. – Vol. 14. – P. 6970. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56672-4>.
8. Ловейкін, В.С. Мехатроніка: Навч. посібник / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, Ю.В. Човнюк – К., 2012. – 357 с.
9. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н.П. Лукашова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.
10. Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник / Р.В. Антощенков, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенков, В. М. Кісь, І. В. Галич – Харків: ХНТУСГ, 2020 р. – 219 с.

Додаток А

Перелік умовних позначень в електропневматичних схемах


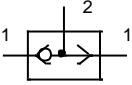

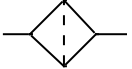
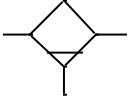
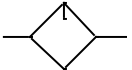
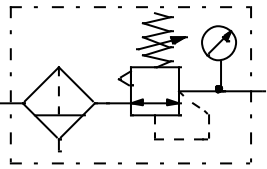
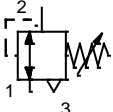

Таблиця А.1 – Умовні позначення елементів в електропневматичних схемах

	Акумулятор або ресивер
	Пневмоглушник
	Циліндр односторонньої дії, пружина спереду
	Циліндр двосторонньої дії без демпфування
	Безштоковий циліндр з регульованим демпфуванням в крайніх положеннях
	Манометр
	Розподільник з ручним керуванням-моностабільний, керування – кнопка, пружинне повернення, 3/2, Н.З.
	Розподільник з ручним керуванням-моностабільний, керування – кнопка, пружинне повернення, 5/2
	Розподільник з пневматичним керуванням-моностабільний, пружинне повернення, 5/2

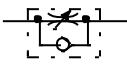


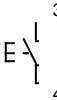
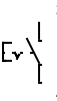
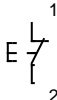
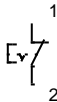

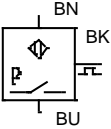
Продовження таблиці А.1

	Розподільник з пневматичним керуванням-бістабільний, 5/2
	Розподільник з механічним керуванням (плунжер), пружинне повернення, 3/2, Н.З.
	Розподільник з ручним керуванням, керування – тумблер, пружинне повернення, 3/2, Н.З.
	Розподільник з ручним керуванням-бістабільний, керування – тумблер, 5/2
	Розподільник з електропневматичним керуванням-моностабільний, пружинне повернення, 3/2, Н.З.
	Розподільник з електропневматичним керуванням-моностабільний, пружинне повернення, 5/2
	Розподільник з електропневматичним керуванням-бістабільний, 5/2
	Розподільник з пневматичним керуванням-бістабільний, 5/3, закритий у середній позиції

Продовження таблиці А.1

	Регульований дросель
	Клапан швидкого вихлопу
	Компресор
	Фільтр
	Вологовідділювач, з ручним відводом конденсату
	Маслорозпилювач
	Блок підготовки повітря, в складі вологовідділювача, фільтра, регулятора тиску, манометра та маслорозпилювача
	Регулятор тиску
	Джерело тиску

Продовження таблиці А.1

	Регульований дросель зі зворотнім клапаном
	Зворотній клапан
	Пневматичний мотор
	Кнопка, нормально відкрита, без фіксації
	Кнопка, нормально відкрита, з фіксацією
	Кнопка, нормально закрита, без фіксації
	Кнопка, нормально закрита, з фіксацією
	Котушка розподільника з електромагнітним керуванням
	Датчик наближення індуктивний

Таблиця А.2 – Призначення сигналів 25-пінового роз'єму електропневматичного стенда

№ pin	Сигнал	Опис
1	Y1	Шток циліндра P1.0 вперед
2	YN1	Шток циліндра P1.0 назад
3	Y2	Шток циліндра P2.0 вперед
4	YN2	Шток циліндра P2.0 назад
5	Y3	Шток циліндра P3.0 вперед
6		Резерв
7	X1	Шток циліндра P1.0 втягнуто
8	XN1	Шток циліндра P1.0 висунуто
9	X2	Шток циліндра P2.0 втягнуто
10	XN2	Шток циліндра P2.0 висунуто
11	X3	Шток циліндра P3.0 втягнуто
12	XN3	Шток циліндра P3.0 висунуто
13	-	0 В потенціометра R1
14	+	+ 24 В потенціометра R1
15	R1	Положення потенціометра R1
16	-	0 В потенціометра R2
17	+	+ 24 В потенціометра R2
18	R2	Положення потенціометра R2
19	-	0 В потенціометра R3
20	+	+ 24 В потенціометра R3
21	R3	Положення потенціометра R3
22		Резерв
23	+	Напруга живлення +24 В
24		Резерв
25	-	Напруга живлення 0 В

Таблиця А.3 – Призначення сигналів 15-пінового роз'єму мікроконтролерного стенда та з'єднувальної коробки

№ pin	Сигнал	Опис
1	Y1	Шток циліндра P1.0 вперед
2	YN1	Шток циліндра P1.0 назад
3	Y2	Шток циліндра P2.0 вперед
4	YN2	Шток циліндра P2.0 назад

5	Y3	Шток циліндра P3.0 вперед
6	HL1	Шток циліндра P1.0 висунуто
7	HL2	Шток циліндра P2.0 висунуто
8	HL3	Шток циліндра P3.0 висунуто
9	HL4	Помилка/аварія/системне повідомлення
10		Резерв
11		Резерв
12		Резерв
13	+	Напруга живлення +24 В
14		Резерв
15	-	Напруга живлення 0 В

Таблиця А.4 – Призначення сигналів 25-пінового роз'єму мікроконтролерного стенда та з'єднувальної коробки

№ pin	Сигнал	Опис
1	X1	Шток циліндра P1.0 втягнуто
2	XN1	Шток циліндра P1.0 висунуто
3	X2	Шток циліндра P2.0 втягнуто
4	XN2	Шток циліндра P2.0 висунуто
5	X3	Шток циліндра P3.0 втягнуто
6	XN3	Шток циліндра P3.0 висунуто
7	SB1	Пуск
8	SB2	Стоп
9	SA1	Перемикач 1
10	SB3	Перемикач 2
11		Резерв
...		...
22		Резерв
23	+	Напруга живлення +24 В
24		Резерв
25	-	Напруга живлення 0 В

Додаток Б

Зразок оформлення титульної сторінки

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра ЕПА

Лабораторна робота № 1
з дисципліни
«Пневматичні та електропневматичні
мехатронні системи (на базі Festo)»

Виконав:
студ. гр. Т-444

Іваненко І.І.

Перевірив:
доцент

Петренко П.П.