

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і мехатроніки

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
з дисципліни «Синтез дискретних систем керування»
на тему: «Автоматизована система виготовлення мисливського набою»

Виконав: студент 3 курсу
групи МА-12,
спеціальність 131
Прикладна механіка
ОСТРОВСЬКИЙ Д.М.
Перевірів
Проф. ГУБАРЕВ О.П.

КИЇВ – 2023

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 1 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗМІСТ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Вступ..... | 3 |
| 2. Опис роботи автоматизованої системи виготовлення мисливського набою..... | 4 |
| 2.1. Опис виробничого процесу..... | 4 |
| 2.2. Опис виконавчих модулів..... | 6 |
| 2.3. Реалізація роботи автоматизованої системи виготовлення мисливського набою за третім класом складності..... | 6 |
| 3. Побудова функціонального граф..... | 7 |
| 3.1. Вирази команд керування..... | 9 |
| 4. Підбір складу функціональних модулів..... | 11 |
| 4.1. функціональні модулі..... | 11 |
| 4.2. Підбір складу пневматичного обладнання... | 13 |
| 4.3. Підбір складу керуючого обладнання..... | 15 |
| 5. Складання програми в FST..... | 18 |
| 5.1. Заповнення allocation list..... | 18 |
| 5.2. Реалізація запланованих особливостей..... | 19 |
| 6. Інструкція з експлуатації системи..... | 25 |
| 7. Джерела..... | 26 |

1. Вступ

Дискретна система керування - це система, в якій керування відбувається у визначених часових моментах чи відповідно до конкретних станів системи. Вона оперує дискретними значеннями вхідних та вихідних сигналів, а також можливих станів системи. У порівнянні з аналоговими системами керування, які працюють з неперервними сигналами, дискретні системи керування частіше використовуються в цифрових пристроях, автоматизованих системах, робототехніці та інших областях, де керування представлене у вигляді окремих, відокремлених значень. Такі системи можуть використовувати логічні операції, алгоритми та послідовність команд для керування процесами.

Також дискретні системи керування широко використовуються у сферах автоматизації виробництва та індустріальних процесів. Вони дозволяють програмно керувати обладнанням, регулювати та контролювати процеси виробництва, що сприяє підвищенню ефективності та точності виробничих операцій.

Ці системи використовують принципи дискретного керування, де інформація та сигнали обробляються у вигляді обмежених, відокремлених значень, які керують різними аспектами процесу чи системи.

Мисливський набій - це спеціальний вид набою для вогнепальної зброї, який використовується для полювання на тварин. Його призначення - нанесення ушкоджень тваринам з метою убивства чи легкого поранення для подальшого відслідковування.

Мисливські набої можуть мати різні характеристики залежно від типу зброї та цілей полювання. Вони можуть бути завантажені різними видами кульових кульбабин (для різних видів тварин) чи дробу (для полювання на дичину чи інших видів тварин).

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 3 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Крім того, мисливські набої можуть мати різні параметри, такі як калібр (діаметр кулі), заряд піротехнічної суміші (яка вибухає для випуску кулі) та інші технічні характеристики, спеціально адаптовані для конкретних умов полювання та використання.

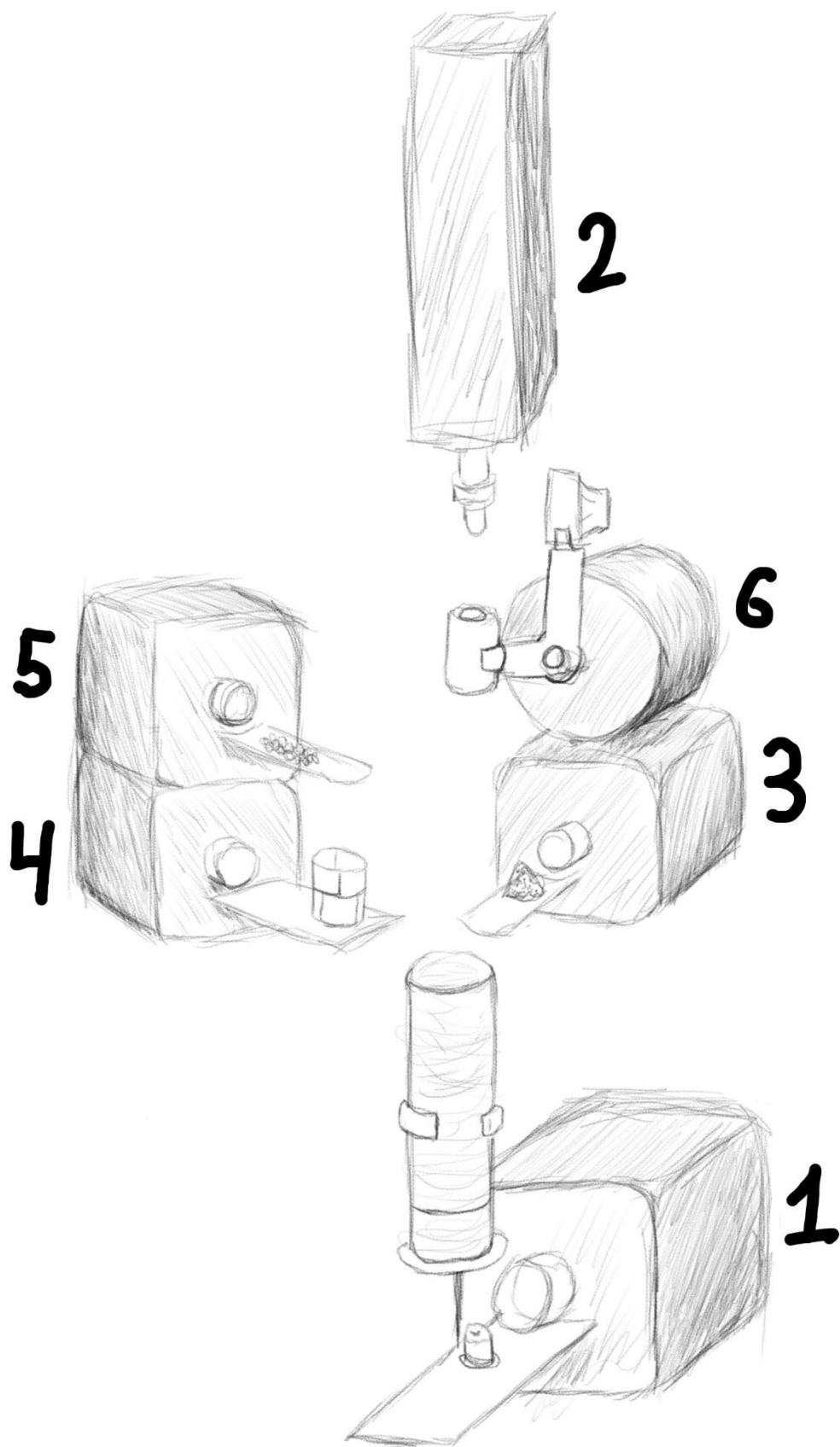
2. Опис роботи автоматизованої системи виготовлення мисливського набою

Система складається з п'яти пневмоциліндрів і одного полуповоротного приводу. Керування здійснюється бістабільними розподільними клапанами. Для початку роботи необхідно, щоби усі циліндри були у вихідному положенні. Не будемо використовувати регулювання швидкості для того щоб складання було максимально швидким і ефективним. Для реалізації керування системою використовується програма на базі мови LD.

2.1 Опис виробничого процесу

Пуста гільза набою вставляється у тримач, під ним циліндр 1 подає капсуль і повертається назад. Циліндр 2 виконуючи функцію пресу висовується і тим самим пресує гільзу та капсуль, і повертається назад. Після циліндр 3 подає завчасно підготовлену порцію пороху і повертається, а за ним циліндр 4 подає пиж і теж повертається. Циліндр 2 висовується та пресує порох з пижем у гільзі, та повертається. Циліндр 5 висовується подає підготовлену порцію дробу(або інші види кулі) та засовується. Після поворотний привід 6 повертається на 90 градусів тим самим змінює насадку для пресу. І вже зі зміненою насадкою циліндр 2 запресовує всю гільзу і повертається назад, поворотний привід 6 також повертається у вихідне положення та повертає насадку.

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 4 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



2.2 Опис виконавчих модулів

Модуль 1 (1) — циліндр, що подає капсуль.

Модуль 2 (2) — циліндр, що відповідає за прес.

Модуль 3 (3) — циліндр, що відповідає за подачу пороху.

Модуль 4 (4) — циліндр, що відповідає за подачу пижу.

Модуль 5 (5) — циліндр, що відповідає за подачу дробу.

Модуль 6(6) — полуповоротний привід, що відповідає за зміну насадки на пресі

2.3 Реалізація роботи автоматизованої системи виготовлення мисливського набою за третім класом складності.

В системах третього класу різні модулі виконують певну дію одночасно, що дозволяє значно зменшити роботи циклу. Це дозволяє дещо збільшити швидкість виконання одного циклу системи за відносно невеликого ускладнення самої системи.

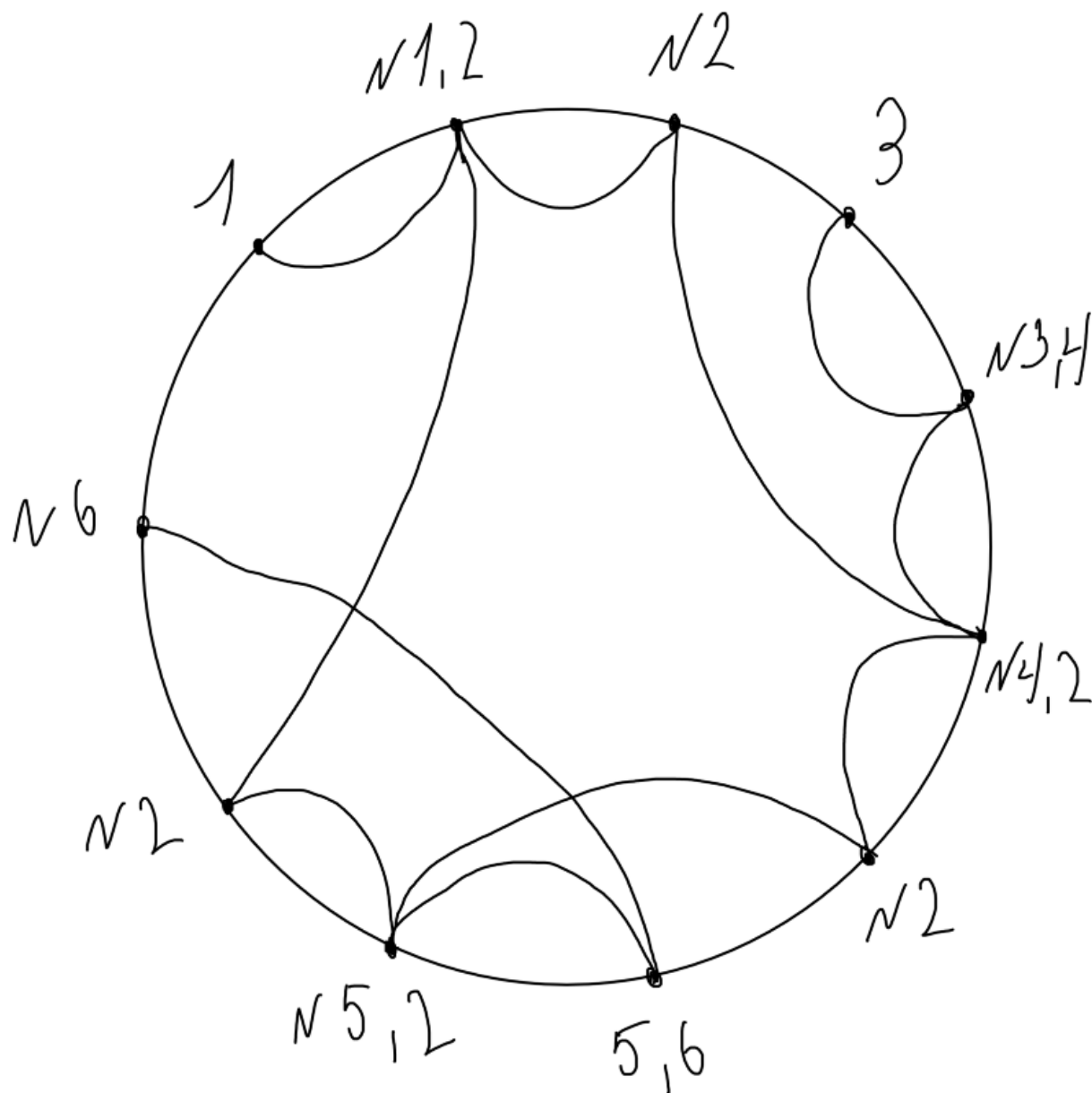
Структура майбутнього процесу:

1-N1,2-N2-3-N3,4-N4,2-N2-5,6-N5,2-N2-N6

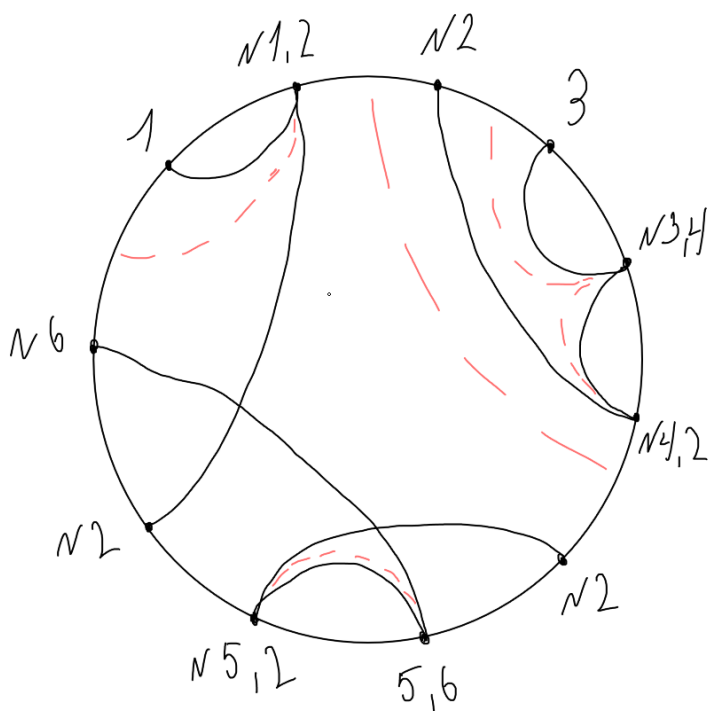
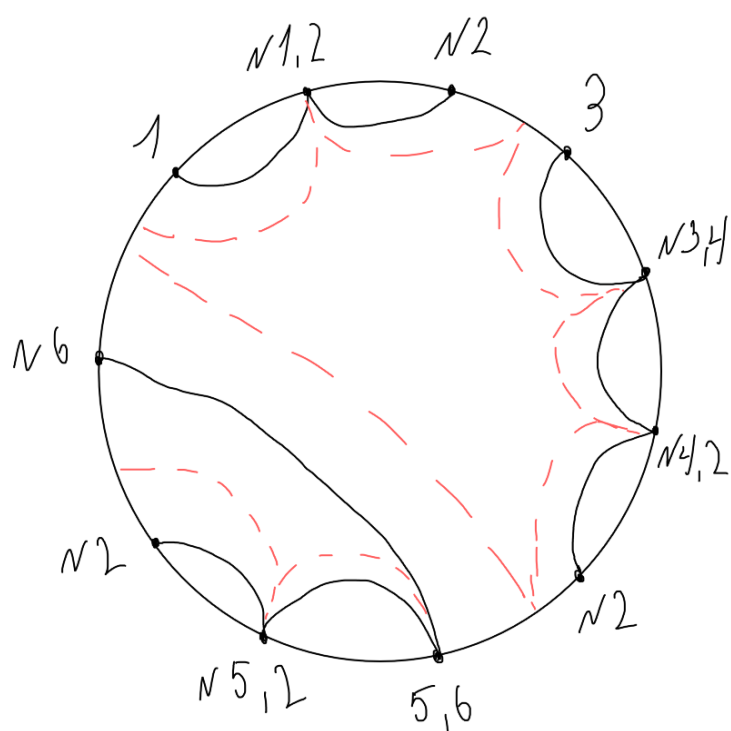
| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 6 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. Побудова функціонального графу

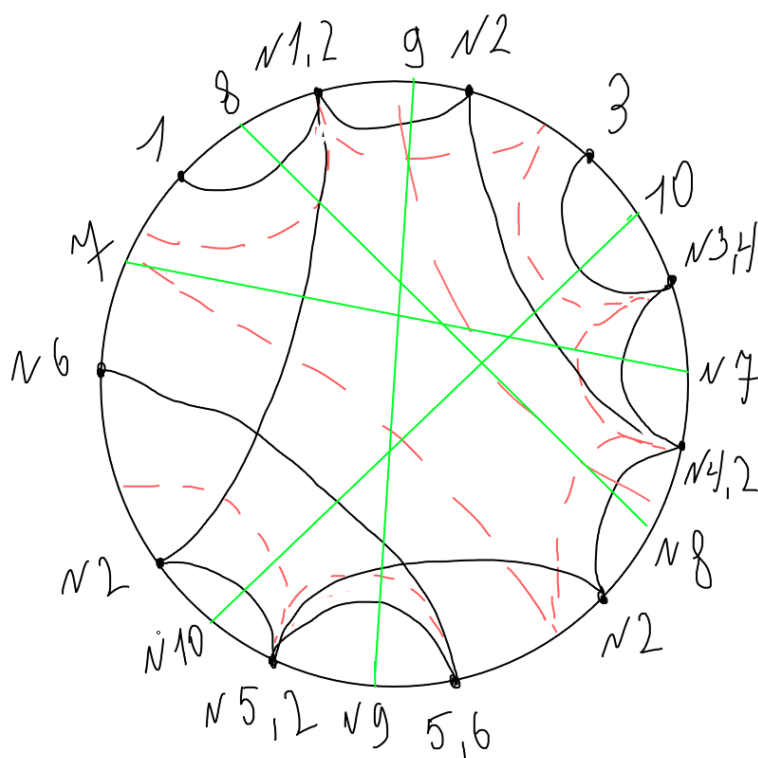
Цикл системи: 1-N1,2-N2-3-N3,4-N4,2-N2-5,6-N5,2-N2-N6



Побудова під графів і пошук ліній не визначеності



Доповнюємо граф елементами пам'яті:



Для позбуття невизначеності, системі необхідно чотири елементи пам'яті: 7,8,9 і 10.

3.1 Вирази команд керування

Після додавання елементів пам'яті цикл набув такий вигляд

7-1-8-N1,2-9-N2-3-10-N3,4-N7-N4,2-N8-N2-5,6-N9-N5,2-N10-N2-N6

Вирази для бістабільних модулів 1,2,3,4,5,6

$$Y1 \leq X7 * XN8$$

$$YN1 \leq X8$$

$$Y2 \leq X8 * XN9 + XN7 * X8 + XN9 * X10$$

$$YN2 \leq X9 * XN10 + XN8 * X9 + XN10 * X6$$

$$Y3 \leq XN2 * XN10 * X9$$

$$YN3 \leq X10$$

$$Y4 \leq X10 * X7$$

$$YN4 \leq XN7$$

| | | | | | |
|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | Арк |
| | | | | | 9 |
| Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$Y5 \leq XN2 * X9 * XN8$$

$$YN5 \leq XN9$$

$$Y6 \leq XN2 * X9 * XN8$$

$$YN6 \leq XN2 * XN9 * XN10$$

Елементи пам'яті 7,8,9 і 10 — бістабільні:

$$Y7 \leq XN6 * XN10 * Xst$$

$$YN7 \leq X4 * XN3$$

$$Y8 \leq X1$$

$$YN8 \leq XN4 * X2 * XN7 * X9$$

$$Y9 \leq XN1 * X2 * X7$$

$$YN9 \leq X5 * X6$$

$$Y10 \leq X3$$

$$YN10 \leq XN5 * X2 * XN8 * XN9$$

Вирази для моностабільних модулів 1,2,3,4,5,6

$$Y1 \leq X7 * XN8$$

$$Y2 \leq X8 * XN9 + XN7 * X8 + XN9 * X10$$

$$Y3 \leq XN2 * XN10 * X9$$

$$Y4 \leq X10 * X7$$

$$Y5 \leq XN2 * X9 * XN8$$

$$Y6 \leq XN2 * XN8 + XN9 * XN7 * NXN2$$

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 10 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 Підбір складу функціональних модулів

4.1 функціональні модулі

Функціональний модуль №1:

Пневматика:

Основна дія: подача капсулю

Обернена дія: повернення циліндра у вихідне положення

Виконавчий пристрій: пневмоциліндр одноштоковий
односторонньої дії, нормально засунутий.

Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

Функціональний модуль №2:

Пневматика:

Основна дія: прес

Обернена дія: повернення циліндра у вихідне положення

Виконавчий пристрій: пневмоциліндр одноштоковий
односторонньої дії, нормально засунутий.

Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

Функціональний модуль №3:

Пневматика:

Основна дія: подача пороху

Обернена дія: повернення циліндра у вихідне положення

Виконавчий пристрій: пневмоциліндр одноштоковий
односторонньої дії, нормально засунутий.

Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 11 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Функціональний модуль №4:

Пневматика:

Основна дія: подача пижу

Обернена дія: повернення циліндра у вихідне положення

Виконавчий пристрій: пневмоциліндр одноштоковий
односторонньої дії, нормально засунутий.

Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

Функціональний модуль №5:

Пневматика:

Основна дія: подача дробу

Обернена дія: повернення циліндра у вихідне положення

Виконавчий пристрій: пневмоциліндр одноштоковий
односторонньої дії, нормально засунутий.

Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

Функціональний модуль №6:

Пневматика:

Основна дія: Зміна насадки для пресу

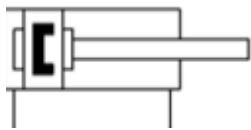
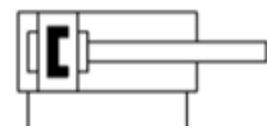
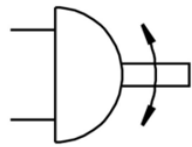
Обернена дія: повернення насадки, повернення привіду у вихідне
положення

Виконавчий пристрій: полуповоротний привід за обертанням на 90
градусів.

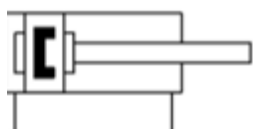
Контролюючий пристрій: пневморозподільник з роликовим
важелем

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 12 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2 Підбір складу пневматичного обладнання

| Операція | Номер приво- ду | Виконавчий пристрій | Позначення | Кільк- ість |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Подача компонентів | 1,3,4,5 | Циліндр одноштоковий односторонньої дії AND -12-50-A-P-A |  | 4 |
| Прес | 2 | Циліндр одноштоковий односторонньої дії DSBC-18-200-PPSA-N3 |  | 1 |
| Заміна насадки | 6 | полуповоротний привід DRV5-6-90-P |  | 1 |

1. Циліндр одноштоковий односторонньої дії AND -12-50-A-P-A

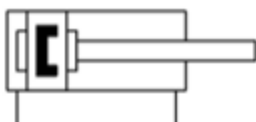


Виконавча операція: Подача різних компонентів

| Особливості | Значення |
|-----------------------|---------------|
| Хід | 50 мм |
| Діаметр поршня | 12 мм |
| Робочий тиск | 1-10 bar |
| Пневматичне з'єднання | M5 |
| Різьба штока | M5 (зовнішня) |

Основною вимогою до цього циліндра була його компактність, тому що габарити всієї системи не є великими, тому його хід в 5 см, і малі габарити роблять цей циліндр підходящими.

2. Циліндр одноштоковий односторонньої дії DSBC-18-200-PPSA-N3

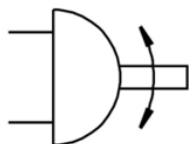


Виконавча операція: прес

| Особливості | Значення |
|---------------------------|---------------------|
| Хід | 200 мм |
| Діаметр поршня | 18 мм |
| Робочий тиск | 0.6-12 bar |
| Пневматичне з'єднання | G1/8 |
| Різьба штока | M10x1,25 (зовнішня) |
| Теоретична сила при 6 bar | 483 Н |

Обраний циліндр був за його діаметр штоку котрий зміг би пресувати компоненти у гільзі діаметром 18,5 мм, також було звернено увагу на хід штоку, щоб його довжини вистачило діставання до дна гільзи

3. Полуповоротний привід DRVS-6-90-P

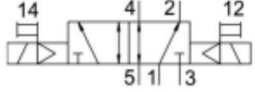
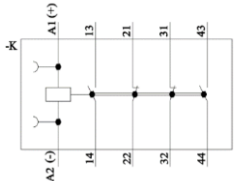


Виконавча операція: Заміна насадок для пресу

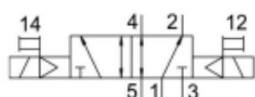
| Особливості | Значення |
|-----------------------|-----------|
| Кут повороту | 0...90 |
| Робочий тиск | 3.5-8 bar |
| Пневматичне з'єднання | M3 |

Цей полуповоротний привід був обраний за його компактність і змогу повертатися на 90 градусі, тому він цілком підходить під свою дію.

4.3 Підбір складу керуючого обладнання

| Операція | Номер модулю | Виконавчий пристрій | Позначення | Кількість |
|-----------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Керування пристроями | 1,2,3,4, 5, 6 | Електро-невматичний розподільник VUWG-L14-B52-ZT-G18-1P3 |  | 6 |
| Контролюючий пристрій | - | Датчики кінцевого положення безконтактної дії(Геркон) CST-332 Camozzi | | 12 |
| Реле | - | 3RH2122-1BB40-1AA0 Siemens Sirius: |  | |

1. Електро-пневматичний розподільник VUWG-L14-B52-ZT-G18-1P3



Виконавча операція: керування циліндрами і полуповоротним приводом

| Особливості | Значення |
|------------------------------|---------------------------|
| Функція клапана | 5/2 бістабільний |
| Спосіб приведення в дію | Електричне |
| Робочий тиск | -0,9 bar...10 bar |
| Робоча напруга | 24 V DC |
| Пневматичне робоче з'єднання | G 1/8 |
| Вихлопна функція | 3 можливістю дроселювання |
| Час перемикання | 8 ms |
| Конструкція | поршневий золотник |
| Пілотний тиск | 1,5 bar ... 10 bar |

Розподільник за допомогою якого здійснюватиметься безпосередньо керування модулем 1, 2, 3, 4, 5, 6. Доволі зручний у використуванні, робочий тиск. Керування золотниками відбувається за допомогою соленоїдів.

Враховуючи, що пневматичне з'єднання розподільника G 1/8 ,а у модуля 6 з'єднання M3, у модулей 1,3,4,5 з'єднання M5 необхідно використовувати перехідник для подальшого використання, водночас у модуля 2 з'єднання G 1/8 тому для нього перехідник не потрібен.

2. Датчики кінцевого положення безконтактної дії(Геркон)

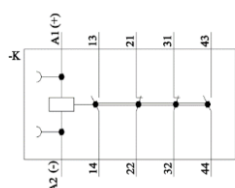
CST-332 Camozzi

Виконавча операція: визначення положення циліндрів і подавання сигналу

| Особливості | Значення |
|------------------------|-------------------------------|
| Довжина кабеля | 2 м |
| Підключення | відкритий 3х провідний кінець |
| Робоча напруга | 10-27 DC |
| Максимальна потужність | 6 Вт |

Для всіх модулів доцільно взяти геркони так як це суттєво вплине на швидкість та надійність. Також ризик поломки невеликий.

3. Реле 3RH2122-1BB40-1AA0 Siemens Sirius



Технічні дані

| Особливості | Значення |
|-----------------------------------------|-------------|
| Контроль напруги | 24 В |
| Максимальний струм при 24 В | 10 А |
| Потужність замикання котушки | 4 Вт |
| Робоча напруга | 24 V DC |
| Затримка відкриття | 7 ... 13 мс |
| Затримка закриття | 30 – 100 мс |
| Кількість нормально відкритих контактів | 2 |
| Кількість нормально закритих контактів | 2 |

5. Складання програми в FST

Перед складанням програми варто визначитися з її наповненням. За задумом, робота системи повинна вмикатися з одної кнопок. Є ще друга кнопка переводить систему у початковий стан.

5.1 Заповнення allocation list

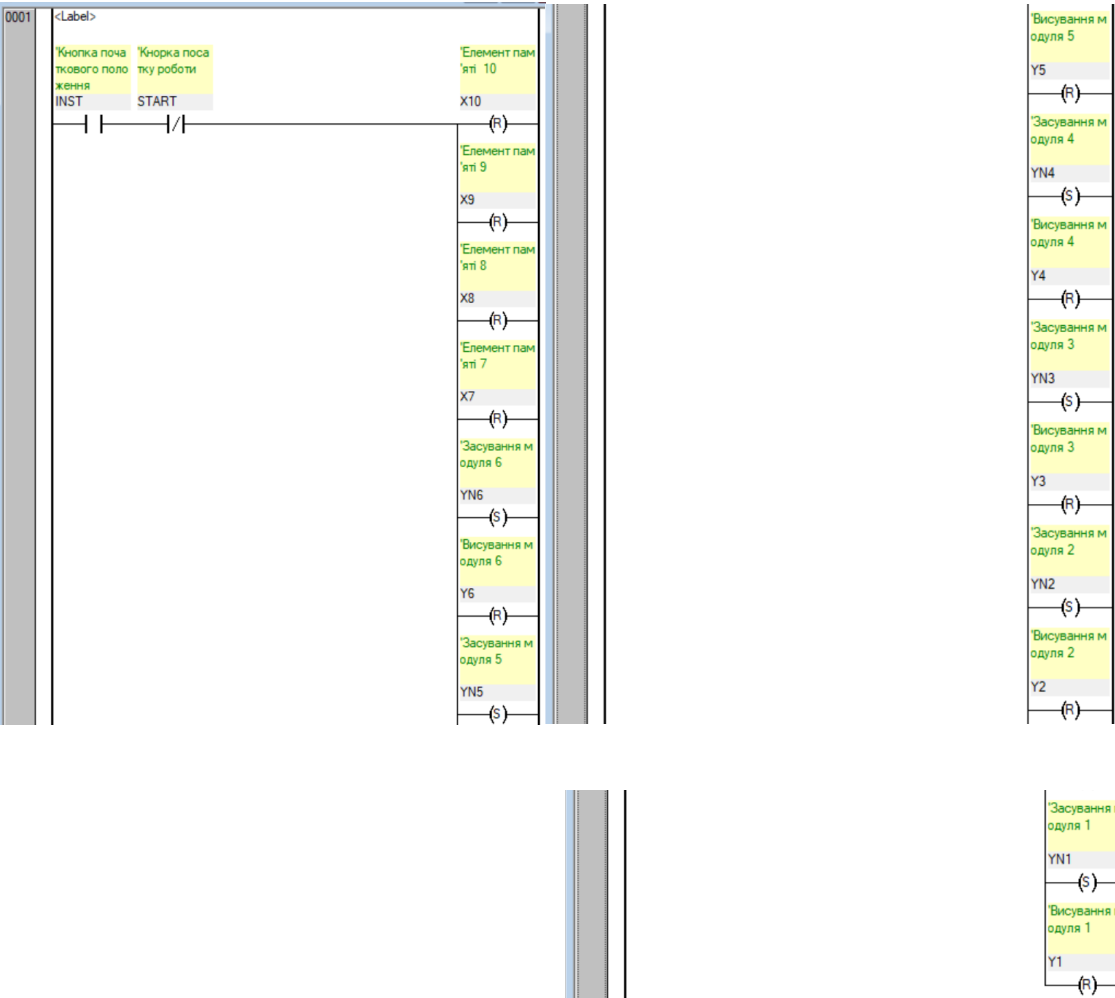
| Allocation List | | |
|----------------------|--------|------------------------------|
| Operand | Symbol | Comment |
| ⊗ O0.0 | YN1 | Засування модуля 1 |
| ⊗ O0.1 | Y1 | Висування модуля 1 |
| ⊗ O0.2 | YN2 | Засування модуля 2 |
| ⊗ O0.3 | Y2 | Висування модуля 2 |
| ⊗ O0.4 | YN3 | Засування модуля 3 |
| ⊗ O0.5 | Y3 | Висування модуля 3 |
| ⊗ O0.6 | YN4 | Засування модуля 4 |
| ⊗ O0.7 | Y4 | Висування модуля 4 |
| ⊗ O0.8 | YN5 | Засування модуля 5 |
| ⊗ O0.9 | Y5 | Висування модуля 5 |
| ⊗ O1.0 | YN6 | Засування модуля 6 |
| ⊗ O1.1 | Y6 | Висування модуля 6 |
| ⊖ I0.0 | XN1 | Засунутий модуль 1 |
| ⊖ I0.1 | X1 | Висунутий модуль 1 |
| ⊖ I0.2 | XN2 | Засунутий модуль 2 |
| ⊖ I0.3 | X2 | Висунутий модуль 2 |
| ⊖ I0.4 | XN3 | Засунутий модуль 3 |
| ⊖ I0.5 | X3 | Висунутий модуль 3 |
| ⊖ I0.6 | XN4 | Засунутий модуль 4 |
| ⊖ I0.7 | X4 | Висунутий модуль 4 |
| ⊖ I0.8 | XN5 | Засунутий модуль 5 |
| ⊖ I0.9 | X5 | Висунутий модуль 5 |
| ⊖ I1.0 | XN6 | Засунутий модуль 6 |
| ⊖ I1.1 | X6 | Висунутий модуль 6 |
| ⊖ I1.2 | START | Кнопка посатку роботи |
| ⊖ I1.3 | INST | Кнопка початкового положення |
| 1010 0101 F0.0 | X7 | Елемент пам'яті 7 |
| 1010 0101 F0.1 | X8 | Елемент пам'яті 8 |
| 1010 0101 F0.2 | X9 | Елемент пам'яті 9 |
| 1010 0101 F0.3 | X10 | Елемент пам'яті 10 |

Для початку заповнимо виходи контролера, що позначаються буквою O. Оскільки всі циліндри є бістабільними, тому записується основна команда Y1, Y2..., а зворотні YN1, YN2... Наступним кроком заповнимо входи контролера. Дванадцять датчиків визначають дванадцять положень циліндрів, і для кожного з них є стан «засунуто» (XN1, XN2...), та стан «висунуто» (X1, X2...). На окремі входи контролера приєднуємо дві кнопки, які будуть називатися INST (встановлення в початковий стан), START (початок роботи системи). Для роботи системи, необхідно використати 4 прапори,

що позначаються F0.0, F0.1... Прапори X7, X8, X9 і X10 відповідають за елементи пам'яті системи (на графі 5, 6, 7 та 10 елемент).

5.2 Реалізація запланованих особливостей

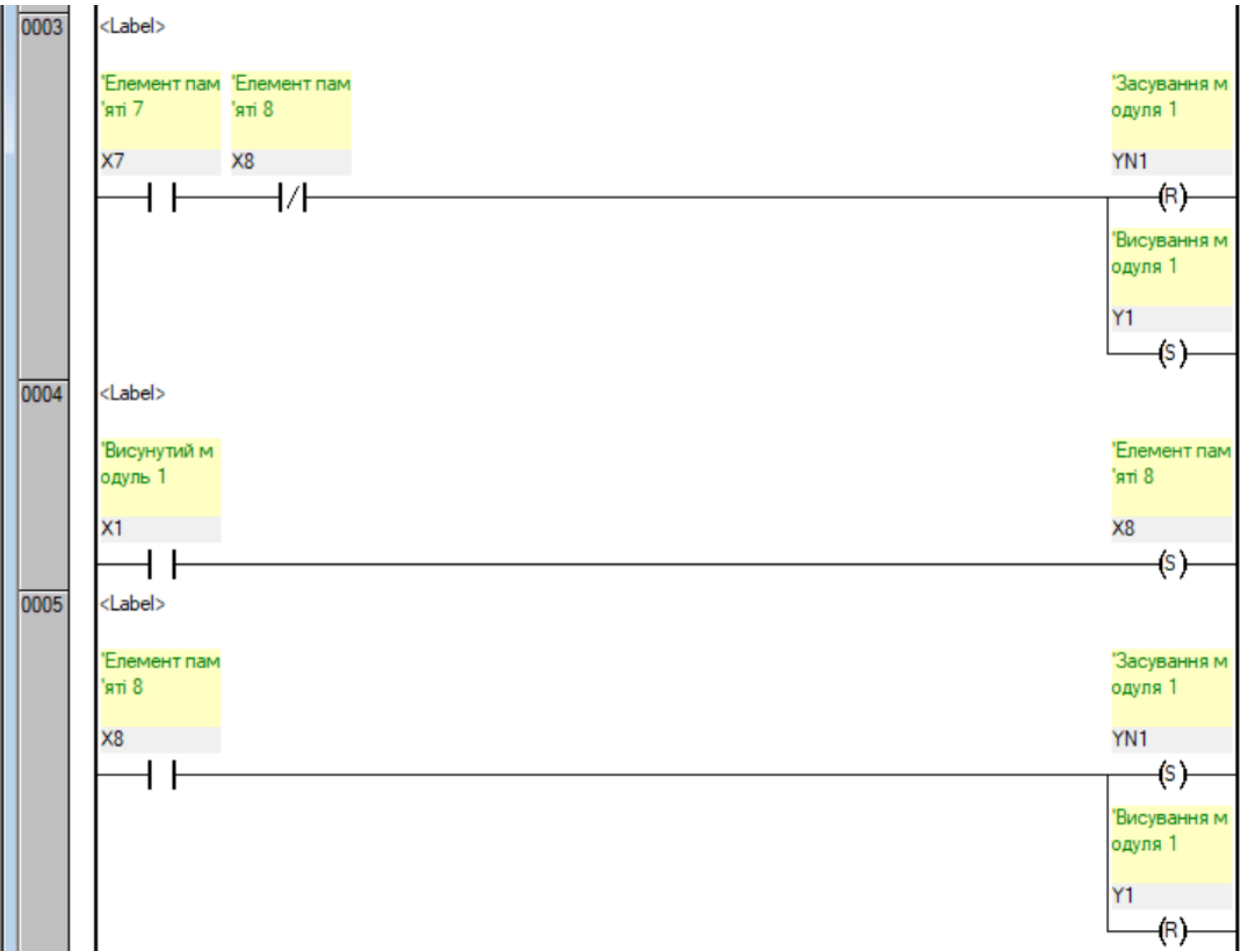
В основній програмі варто записати основні дії системи. Першим кроком варто встановити систему у початковий стан. Оскільки циліндри та розподільники бістабільні, вони завжди починають свою роботу з того положення в якому знаходяться. Кнопка INST вимикає усі наявні прапори та встановлює всі модулі в початкове положення. Додатково варто показати, що друга кнопка (START) не натиснута, оскільки одночасне спрацювання цих двох кнопок призведе до збою циклу.

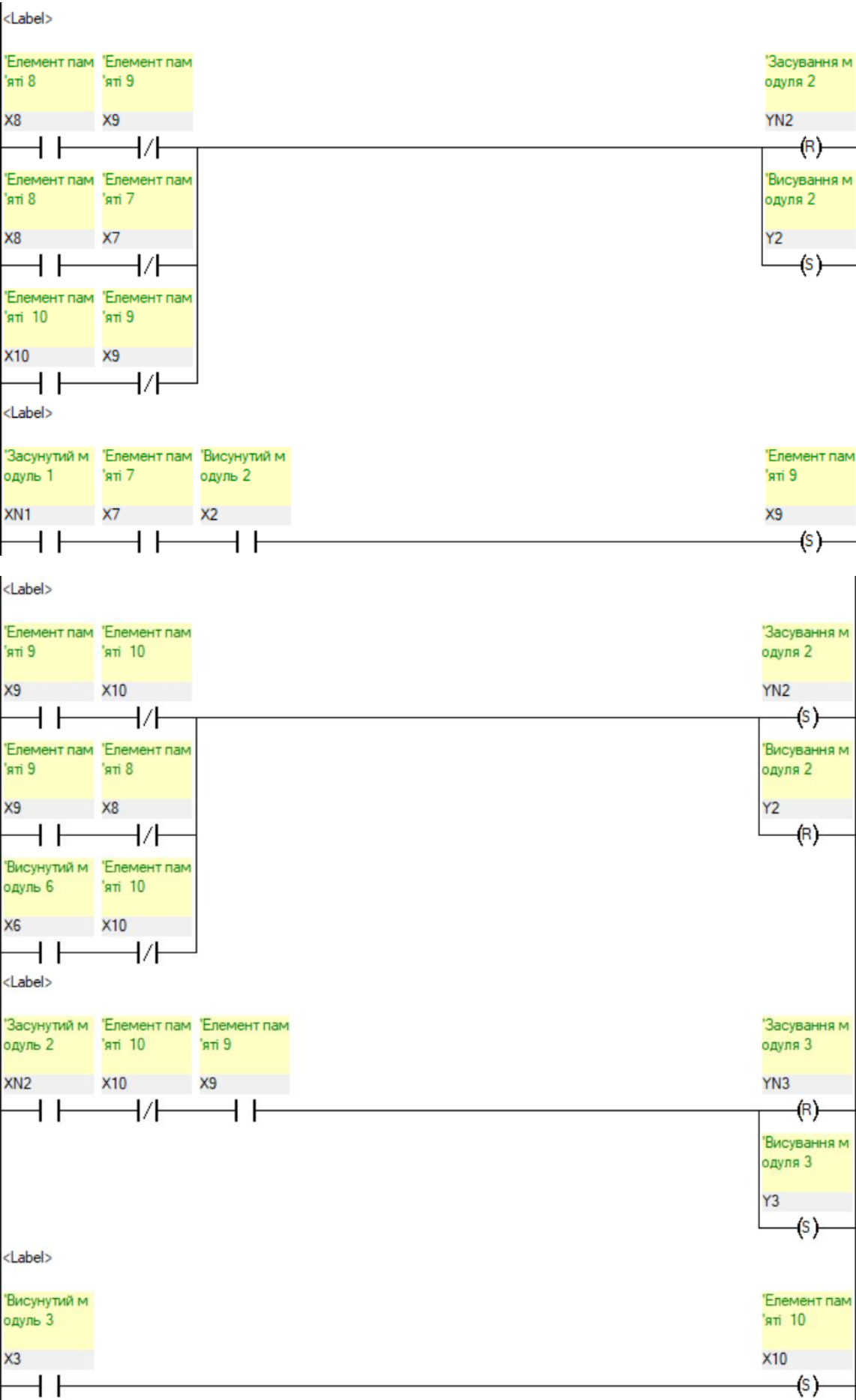


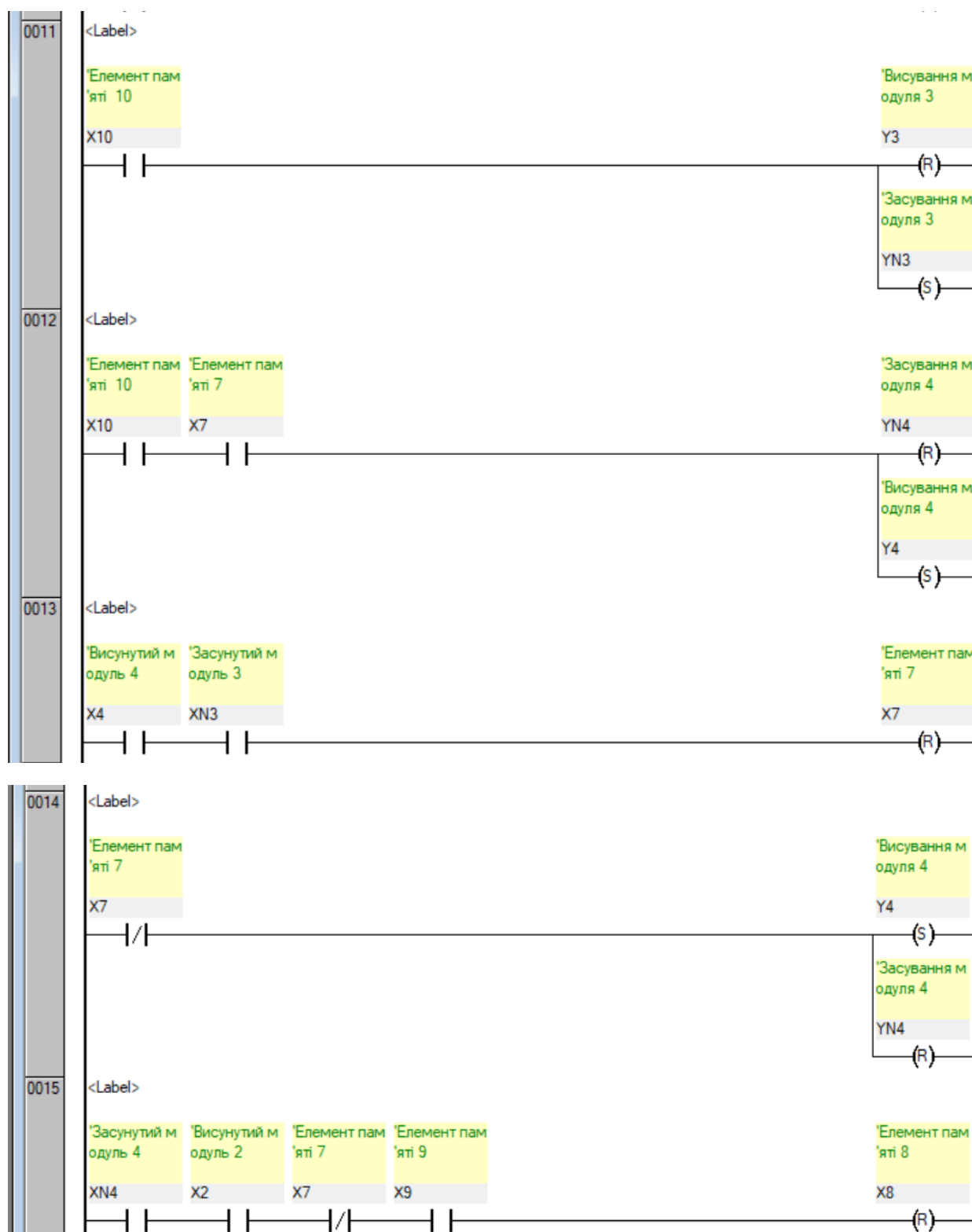
Наступним кроком має увімкнутися елемент пам'яті X7, що автоматично призведе до початку виконання системою циклу. За умови наявності сигналу XN6 та відсутності сигналу X10 (цей елемент пам'яті вимкнений), при натисканні кнопки START має увімкнутися прапор X7.

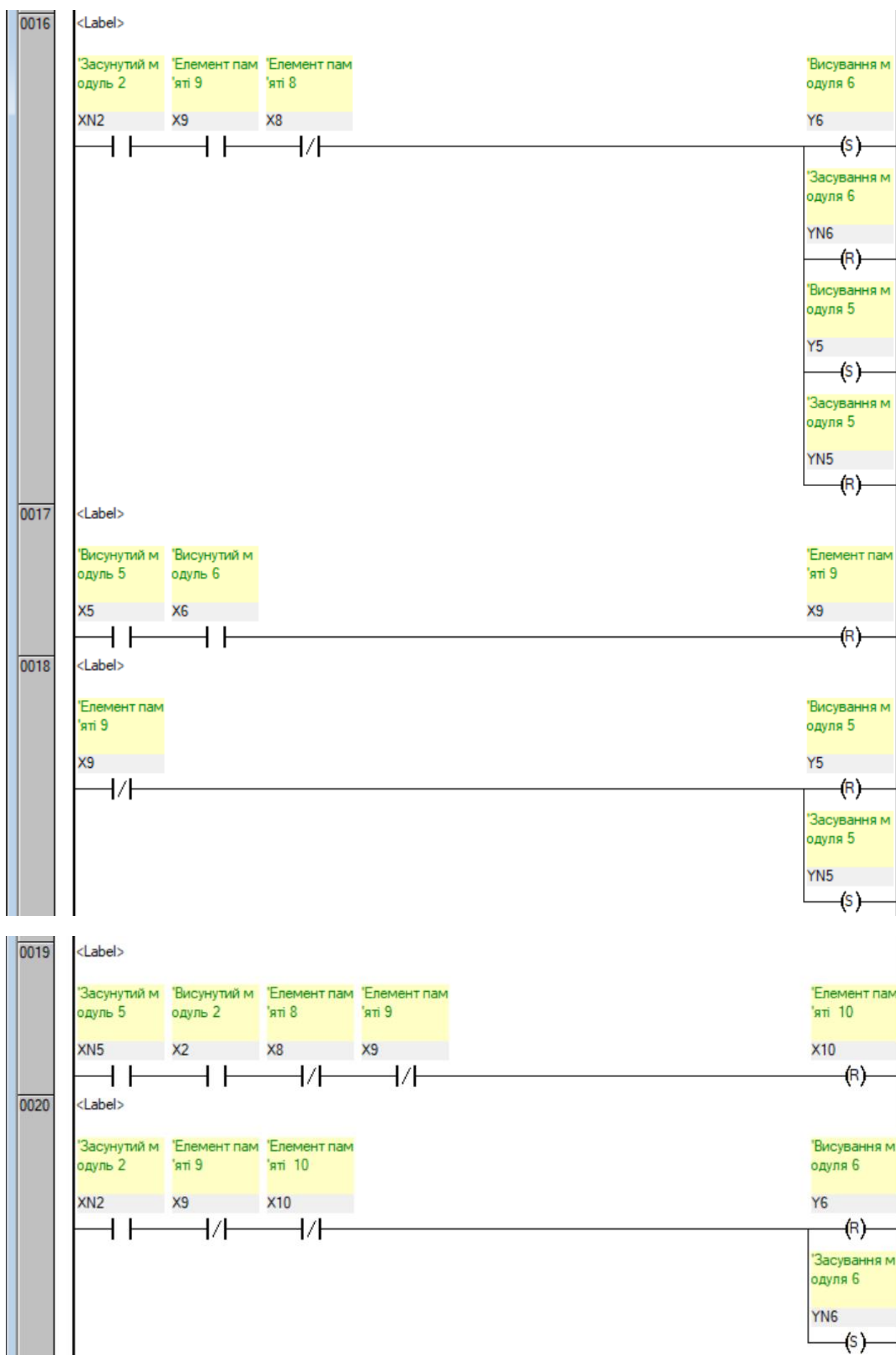


В подальшому відбувається виконання циклу згідно з графом та командами, що представлені у пункті 3.1.









Після цього система перейде у стан очікування, оскільки для повторного спрацювання необхідно знову натиснути кнопки START.

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

6. Інструкція з експлуатації системи

6.1 Правила перевірки системи:

Необхідно перед запуском циклу обов'язково перевірити чи всі штоки знаходяться в стартовому положенні. Після перевірки увімкнути компресор перед роботою.

забороняється фізичне втручання посеред циклу.

6.2 Інструкція

Крок 1: Перевірити наявність усіх компонентів (та саме капсулю, пороху, пижу, дробу).

Крок 2: Натиснути кнопку INST і перевести систему у початкове положення

Крок 3: У тримач вставити пусту гільзу.

Крок 4: Перевірити щоб нічого не заважало руху циліндрів.

Крок 5: Натиснути кнопку START (короткочасне натискання цикл спрацює один раз, утримання цикл буде повторюватись доки не відпустите кнопку)

Крок 6: Забрати готовий набій з тримача

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

7.Джерела

Каталог festo:

https://www.festo.com/ua/uk/c/produkti-id_pim1/

| | | | | | | |
|--|------|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 26 |
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |