

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованої системи керування процесом пакування консервів

Виконав: студент

VI курсу, групи КАМ-61

спеціальності

174 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Мацюк А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Трембач Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Золотий Р.З.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 174 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Мацюк Анастасії Олександрівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження автоматизованої системи керування процесом пакування консервів

Керівник роботи Трембач Ростислав Богданович, к.т.н., доцент кафедри КА  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про процеси пакування  
в тару

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	25.11.2023	<i>Виконано</i>
2.	Підбір наукових джерел по темі роботи	26.11.2023-28.11.2023	<i>Виконано</i>
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по темі роботи	29.11.2023-1.12.2023	<i>Виконано</i>
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	2.12.2023-4.12.2023	<i>Виконано</i>
5.	Оформлення першого та другого розділів	5.12.2023-7.12.2023	<i>Виконано</i>
6.	Оформлення третього розділу	8.12.2023-10.12.2023	<i>Виконано</i>
7.	Оформлення четвертого розділу	11.12.2023-13.12.2023	<i>Виконано</i>
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.12.2023-15.12.2023	<i>Виконано</i>
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.12.2023-17.12.2023	<i>Виконано</i>
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.12.2023-19.12.2023	<i>Виконано</i>
11.	Нормоконтроль	19.12.2023-20.12.2023	<i>Виконано</i>
12.	Перевірка на плагіат	21.12.2023	<i>Виконано</i>
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	22.12.2023	<i>Виконано</i>
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мацюк А.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Трембач Р.Б.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить \_\_\_\_\_.

Об'єм пояснювальної записки складає 68 друкованих сторінок формату А4.

В роботі використано 13 літературних джерел.

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування технологічним пакуванням консервних банок.

Було розглянуто основні особливості процесу пакування, та визначальні параметри параметри, як необхідно контролювати. Встановлено, що процес має характерні особливості та вимагає автоматизації.

На основі аналізу процесу було розроблено автоматизовану систему керування процесом пакування з використанням програмованого логічного контролера SIEMENS. Вибрано програмне та апаратне забезпечення для реалізації автоматизованої системи.

На першому етапі було розроблено алгоритм роботи системи на структурну схему. Далі було проведено моделювання процесу роботи системи, створено прототип, на якому перевірено правильність роботи модельованої системи та оптимізовано процес.

Впровадження такої системи забезпечить якісну роботу пакувальної системи, що підвищить продуктивність процесу.

Ключові слова: КОНТРОЛЕР, ПАКУВАННЯ, ПНЕВМОЦИЛІНДР, МОДЕЛЮВАННЯ, АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

SMI (англ. Small and medium industries) – малі і середні підприємства

PLC (англ. Programmable Logic Controller) – програмований логічний контролер

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	8
1.1 Постановка задачі автоматизації .....	8
1.2 Огляд засобів автоматизації в харчовій промисловості.....	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	15
2.1 Характеристика технологічного процесу пакування.....	15
2.2. Автоматичне завантаження в горизонтальних машинах. ....	24
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	30
3.1 Апаратне забезпечення системи .....	30
3.2 Перелік апаратного забезпечення для системи керування .....	32
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	35
4.1 Програмне забезпечення моделювання системи .....	35
4.2 Дизайн моделювання .....	36
4.3. Тестування симуляції.....	41
4.3 Реалізація апаратного забезпечення.....	44
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	51
5.1 Мова програмування Grafset .....	51
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
6.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління.....	57
6.2 Електробезпека .....	59
6.3 Розрахунок заземлення .....	62

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	67

## ВСТУП

Компанії розширилися та закріпилися на нових ринках у всьому світі завдяки зростанню глобалізації та конкурентоспроможності. Це призвело до підвищення нових вимог до логістичної діяльності в рамках ланцюга поставок. Важливо враховувати ці логістичні аспекти, щоб задовольнити потреби.

Упаковка вважається одним із найважливіших видів діяльності в системі розподілу та ланцюгах постачання. Упаковка не тільки впливає на кожну логістичну діяльність, але також має значний вплив на витрати, пов'язані з логістикою. Однак протягом усього процесу виробництва та дистрибуції компанії неуважно ставляться до упаковки через відсутність знань про важливість упаковки.

Упаковка часто розглядається як діяльність, пов'язана з витратами, і рідко визнається компонентом доданої вартості. Сьогодні майже кожен продукт або товар потребує упаковки або проходження процесу пакування. Навіть після величезних розробок у секторі упаковки, упаковці не приділяють належної уваги. Існує два типи систем пакування (emballage): одностороння упаковка та зворотна упаковка. Одностороння упаковка та зворотна упаковка класифікуються як промислова.

Індустріальний пакет є зовнішнім пакетом і в основному пов'язаний з відповідальністю за логістику. Основною метою промислової упаковки є захист товарів і спрощення транспортування товарів у всьому ланцюжку постачання. Цей тип упаковки також називають третинною упаковкою. Два типи систем пакування мають різні особливості, але вони використовуються з однакових причин. Отже, вибір правильної системи пакування, придатної для використання на різних маршрутах транспортування, іноді є складним. Добре функціонуюча система упаковки створює переваги для компанії.



## 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Постановка задачі автоматизації

Використання пакувального матеріалу є нормою в малих і середніх підприємствах (SMI), особливо в консервній промисловості. Це пов'язано з тим, що консервовані продукти легше транспортувати, і вони не витікають так легко, як інші середовища, які використовуються на ринку.

Однак консерви не позбавлені проблем. Однією з поширених проблем, з якою стикаються компанії, що займаються продажем консервованих продуктів, є низька швидкість упаковки консервованого продукту в картонну коробку для транспортування. Відповідно до цього, цей проект буде зосереджений на моделюванні системи пакування, яка використовується у виробничій промисловості, шляхом розробки швидшої та надійнішої автоматизованої системи пакування.

Зокрема, проект передбачає прототипування системи пакування партії з 24 консервів у картонну коробку для виробничої системи SMI. Система буде повністю автоматичною і керуватиметься за допомогою промислового контролера, в даному випадку програмованого логічного контролера (PLC). Цей проект буде зосереджений на методі програмування Grafset для розробки послідовностей програмування для приводів у досліджуваній пакувальній системі. На цьому етапі роботи показано, що метод Grafset є більш простим способом програмування ПЛК порівняно з іншим традиційним методом програмування, а саме блок-схемою.

Малі та середні підприємства (SMI) ростуть і розширюються, як ніколи раніше. Щоб задовольнити цей новий попит, промисловість робить акцент на моніторингу та контролі виробничих систем для підвищення їх ефективності та точності. Різноманітне автоматизоване обладнання використовується для

скорочення часу виготовлення продукту, що сприяє збільшенню його обсягу виробництва.

У багатьох процесах виробництва продукту упаковка є останнім, але не менш важливим процесом, оскільки вона відіграє досить значну роль у виробничій промисловості. Хороша та якісна упаковка гарантує, що продукт безпечно прибув до кінцевого споживача, і в той же час полегшує процес транспортування готового продукту. Однак пакування може бути складним і трудомістким процесом, оскільки воно передбачає загортання, укладання, упорядкування тощо, залежно від типу готового продукту, який вимагає хорошої системи пакування для безперебійної роботи.

Наявність швидкої, ефективної та надійної системи пакування, безумовно, пришвидшить час виробництва продукту та дасть величезний вплив на промисловість.

Тенденція використання банки як пакувального середовища для виробництва SMI вже давно використовується різними компаніями. Консерви легше транспортувати і менш схильні до витоків при ударі.

Незважаючи на те, що сама банка розроблена для високошвидкісного наповнення, поширеною проблемою, з якою стикаються компанії з консервованим продуктом, є низька швидкість пакування, щоб помістити консервований продукт у картонну коробку для транспортування. Окрім цього, частина упаковки все ще виконується вручну оператором заводу. Це не тільки трудомісткий процес, але й спричинить втому оператора, виконуючи повторювані завдання.

Таким чином, із зростаючим попитом на ринку, для промисловості вкрай важливо мати більш ефективну систему пакування, необхідну для роботи з більшою кількістю продуктів. Пакувальна система також має бути надійною та точною, оскільки промисловість не може дозволити собі поломки під час виробництва.

Основними цілями цього проекту є:

1. Розробити надійну та точну автоматизовану систему пакування для контролю процесу пакування.

2. Розробити та запрограмувати систему керування на основі ПЛК методом grafset.

3. Побудувати демонстраційний блок для підтвердження працездатності автоматизованої системи пакування.

Обсяг дослідження цього проекту буде на програмованому логічному контролері, програмуванні на мові Grafset та автоматизації.

У роботі проекті буде використано багато інженерних знань з електротехніки та електроніки, таких як проектування системи керування, програмування та використання програмованого логічного контролера.

## **1.2 Огляд засобів автоматизації в харчовій промисловості**

Автоматизація визначається як «примусити процес на фабриці чи в офісі керувати машинами чи комп'ютерами, щоб зменшити обсяг роботи один людьми та час, витрачений на виконання роботи»[1].

В автоматизації різноманітні системи керування використовуються для автоматичного керування обладнанням і механізмами та використовуються на заводі чи фабриці, де потрібна якість і точність. Окрім цього, трудомістке завдання також можна замінити автоматизацією для підвищення продуктивності та якості.

Автоматизація може бути реалізована за допомогою різних засобів, таких як пневматичні, гідравлічні та електричні. Однак комплексна автоматизація може вимагати поєднання всіх цих методів для виконання конкретного завдання. З глобальною конкуренцією стикаються багато галузей промисловості, включно з харчовою. Інші галузі, такі як електроніка та автомобільна промисловість, вже розробили нові та швидкі системи для роботи та системи керування для підвищення продуктивності та зниження

витрат. Таким чином, удосконалення та автоматизація процесів стали нормою у виробничих галузях у боротьбі за конкурентоспроможність виробництва [2].

Окрім цього, нещодавнє розширення та швидке зростання харчової промисловості, головним чином завдяки злиттю та поглинанню, змушує виробників об'єднувати всі свої людські та матеріальні ресурси, щоб бути більш гнучкими. Тому для виробників стало необхідним підвищити ефективність своїх операцій шляхом вдосконалення процесів [3].

Порівняно з іншими галузями промисловості, харчова промисловість повільно адаптувала нові методи для своїх виробничих процесів через високі початкові витрати, необхідні для встановлення цих нових технологій.

Очевидно, що автоматизація не дуже популярна в харчовій промисловості. Незважаючи на це, опитування показують, що компанії зараз почали з нетерпінням чекати автоматизації, щоб покращити гнучкість виробництва та можливості. Автоматизація використовується в основному при транспортуванні матеріалів і пакуванні в харчовій промисловості.[4]

Очікується, що завдяки автоматизації та належному обслуговуванню виробники скорочуватимуть час простою на своїх виробничих підприємствах.

Програмований логічний контролер.

Виробничі галузі потребують надійної, швидкої, рентабельної системи керування, яка може витримувати суворі умови на виробничому підприємстві. Програмований логічний контролер або зазвичай званий набір ПЛК відповідає всім перерахованим вище критеріям і набирає популярності у виробничих галузях.

ПЛК - це в основному цифровий комп'ютер, який використовується для автоматизації. Однак, порівняно з комп'ютерами загального призначення, ПЛК розроблено для кількох входів і виходів.

До ПЛК більша частина системи керування базувалася на реле. Він не тільки має обмежені функції, але й реле також важко перепрограмувати, якщо є якісь зміни, оскільки програма є самою жорсткою проводкою, яку вона підключила для виконання завдань відповідно до користувачів.

Порівняно з ПЛК, програму можна змінити в будь-який час за допомогою ноутбука або будь-якого пристрою програмування. ПЛК також несприйнятливий до електричних перешкод, високих температурних діапазонів і може більше витримувати вібрацію та удари. Таким чином, він дійсно добре підходить для використання в якості системи керування в цьому проекті.

Іншими перевагами ПЛК є висока надійність, низьке енергоспоживання та легкість розширення [5].



Рис. 1.1. Програмований логічний контролер

Grafcet.

Grafcet — це графічна модель представлення послідовних дій логічної системи, визначених її входами та виходами. Крім того, це графік, діаграма або функціональний стандарт, який дозволяє автоматизувати моделювання

процесу, переглядати записи, виконувати дії та проміжні процеси, які викликають ці дії.

Спочатку пропонувалося документувати послідовну стадію систем керування процесом дискретною подією. Він не був призначений як мова програмування ПЛК, а як свого роду графік для побудови моделі з урахуванням прямої реалізації програми автоматизації або ПЛК.

Кілька виробників у своїх високоякісних контролерах роблять це напряму, що стало потужною мовою графічного програмування для ПЛК, адаптованою до роздільної здатності послідовних систем. В даний час мова широко поширена, оскільки більшість контролерів не можна програмувати безпосередньо на цій мові, на відміну від сходової діаграми.

Однак він був універсалізований як інструмент моделювання, який дозволяє пряме програмування. Grafset — це режим представлення та аналізу автоматизації, який особливо підходить для систем, які можна розбити на кроки.

Grafset представляє роботу автоматизованої збірки за допомогою:

- кроків, які є асоційованими діями;
- переходи між стадіями з відповідними умовами переходу (рецептивність);
- Орієнтовані зв'язки між кроками та переходами.

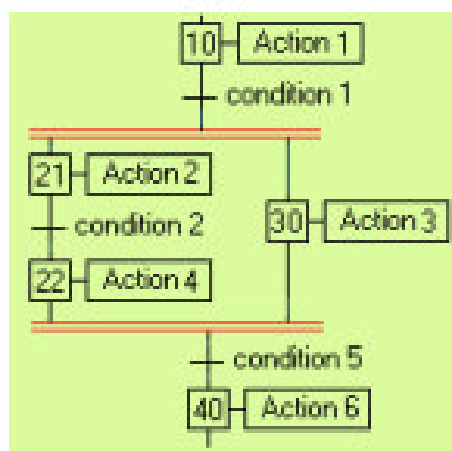


Рис. 1.2. Приклад Grafset [6]

Мета мови:

- Grafset — це мова програмування, призначена для імплантації в контролер, наприклад програмований логічний контролер.
- Grafset є мовою представлення, яка може використовуватися для визначення очікуваної поведінки або для опису поведінки існуючих автоматизованих систем.[6].

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика технологічного процесу пакування

У сучасному суспільстві упаковка оточує, покращує та захищає товари, які ми купуємо, від переробки та виробництва, обробки та зберігання до кінцевого споживача. Без упаковки транспортування матеріалів було б безладним, неефективним і дорогим заняттям, а сучасний споживчий маркетинг був би практично неможливим.

Зазвичай розрізняють різні «рівні» упаковки.

Первинна упаковка – це упаковка, яка безпосередньо контактує з продуктом, що міститься. Вона забезпечує початковий і зазвичай головний захисний бар'єр. Приклади первинної упаковки включають металеві банки, картонні коробки, скляні пляшки та пластикові пакети. Часто споживач купує в роздрібних точках лише первинну упаковку.

Вторинна упаковка, наприклад, гофрокартон або коробка, містить декілька первинних упаковок. Це носій фізичного розповсюдження, який дедалі більше розробляється таким чином, щоб його можна було використовувати в торгових точках для демонстрації первинних упаковок, у цьому випадку його називають «готовим до полиць».

Третинна упаковка складається з ряду вторинних упаковок, причому найпоширенішим прикладом є палета з гофрокартону, обгорнута стрейч-пакетами.

Можна виділити три основні функції упаковки: утримання, захист і комунікація. Ці три функції взаємопов'язані, і всі вони мають бути оцінені та розглянуті одночасно в процесі розробки пакета.

Ізоляція: всі харчові продукти повинні бути закриті, перш ніж їх можна буде перемістити з одного місця в інше. «Упаковка», будь то пляшка коли чи пакет для снєк-бару, має містити продукт для успішного функціонування.



Захист: це часто вважається основною функцією упаковки: захищати її вміст від зовнішніх впливів навколишнього середовища, таких як вода, водяна пара, газ, запахи, мікроорганізми, пил, удари, вібрація та сили стиснення.

Для більшості харчових продуктів захист, який забезпечує упаковка, є важливою частиною процесу збереження: загалом, після порушення цілісності упаковки продукт більше не зберігається.

Комунікація: здатність споживачів миттєво розпізнавати продукти за характерними формами, брендами та маркуванням безпосередньо пов'язана з упаковкою, в якій містяться продукти. Інші комунікаційні функції упаковки не менш важливі: сьогодні широке використання сучасного скануючого обладнання на роздрібних касах покладається на те, що на всіх упаковках відображається універсальний код товару (UPC), який можна точно та швидко зчитувати.

Крім того, у багатьох країнах інформація про поживну цінність на зовнішній стороні харчових упаковок стала обов'язковою. Нарешті, важливо зазначити, що існує кілька рушійних сил для інновацій в упаковці. Одна з них – це швидка зміна соціальних тенденцій і зростаючий попит споживачів на зручність і безпеку.

Іншим є зростання екологічної обізнаності, тоді як прибутковість і диференціація також важливі для харчових компаній, які прагнуть привернути увагу споживачів. Сталості буде приділятися все більше уваги, і велика кількість етикеток, таких як вуглецевий слід і папір із екологічно чистих лісів, вказуватиме на ефективність компаній у цій сфері. Оскільки споживачі хочуть інновацій і цінують новизну, пакувальна галузь повинна продовжувати впроваджувати інновації, інакше ризикує стагнувати.

Класифікація машин для первинного пакування харчових продуктів.

Машини для первинного пакування харчових продуктів можна розділити на три типи залежно як від напрямку просування плівки, так і від напрямку завантаження продукту всередину пакетів; усі ці машини, як

правило, дають змогу формувати мішки, наповнювати їх продуктом і остаточно закривати їх, зокрема три типи такі:

- горизонтальні флоупак машини, в яких плівка просувається горизонтально, а також продукт завантажується горизонтально;
- вертикальні флоупак машини, в яких плівка просувається вертикально, а також вертикально завантажується продукт;
- стоячі мішечні машини, в яких плівка просувається горизонтально, а продукт завантажується вертикально.

Горизонтальні флоупак-машини.

Горизонтальна форма-заповнення-запечатування (HFFS) характеризується машинами (рис. 2.1), де плівка, яка утримується бобіною, укладається за допомогою рухомих напрямних на фальцева коробку, тобто. формувальна трубка, яка завдяки своїй особливій конструкції сприяє моделюванню плівки в трубчасту форму (рис. 2.2).



Рис. 2.1. Приклад горизонтальної флоупак машини.

Вона безперервно формується на машині (оскільки типовою характеристикою горизонтальних машин є те, що плівка розгортається з постійною швидкістю), часто називають потоковою упаковкою.



Рис. 2.2. Приклад складної коробки в горизонтальній пакувальній машині.

Труби поздовжньо зварюються за допомогою спеціальних систем термозварювання, які працюють безперервно, таких як зварювальні колеса (рис. 2.3) або стрічкове зварювання. Поздовжнє зварювання може виконуватися, залежно від різних конфігурацій машин, на верхній або нижній стороні самої машини.



Рис. 2.3. Приклад блоку зварювальних коліс у горизонтальній обгортковій машині.

Цикл завершується поперечними зварними швами: вони відбуваються за одну операцію, оскільки система зазвичай формує та розділяє розрізом посередині як друге, так і перше поперечне зварювання двох послідовних пакетів за одну фазу (рис. 2.4).

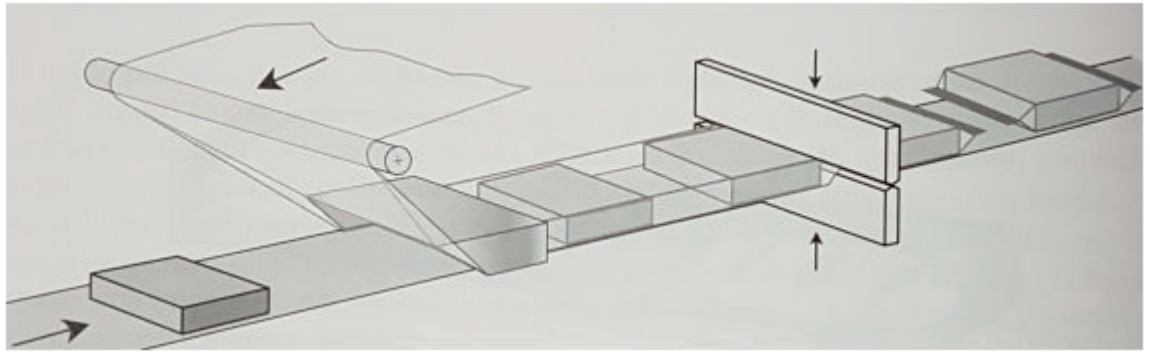


Рис. 2.4. Схематичний вигляд поперечного зварювання в горизонтальній обгортковій машині.

Також доступні різні рішення для поперечного зварювання, як з механічної точки зору (ротаційні системи, довга витримка або рух коробки), так і з точки зору технології зварювання, залежно від матеріалу, використовуваний, запит швидкості та конкретний продукт, який потрібно запакувати.

Наприклад, для морозива та виробів із шоколадною глазур'ю можна використовувати системи холодного зварювання, щоб запобігти пошкодженню продуктів теплом, тому обидві системи поздовжнього та поперечного зварювання використовуються майже виключно на основі тиску, що прикладається до країв матеріалу до бути приєднаним.

Крім того, найбільш часто використовуваними технологіями є провідність і ультразвукова герметизація, остання є зовсім новою технологією, яка не потребує попереднього нагрівання і тому дозволяє машині бути негайно готовою, а також це ефективна система для багатьох різних матеріалів .

На рис. 2.5 показано приклад машини для обгортання: продукти зазвичай транспортуються в машину за допомогою стрічкового конвеєра або ланцюга, ролик подачі плівки може бути розташований вище (версія «ВА», плівка зверху) або нижче (Версія «ВВ», плівка знизу) щодо площини виробів

(залежно від конкретного застосування), розгорнута плівка разом із продуктом проходить у формувальну коробку, яка згортає її навколо самого продукту; у цей момент нижня частина (у випадку версії ВА) або верхня частина (у випадку версії ВВ) загорнутого продукту проходить між кількома парами роликів, які тягнуть і поздовжньо запечатують плівку, нарешті, кінцевий механізм запечатування робить перехресне запечатування та водночас розділення окремих пакетів, які виходять з первинної пакувальної машини на розвантажувальний конвеєр.

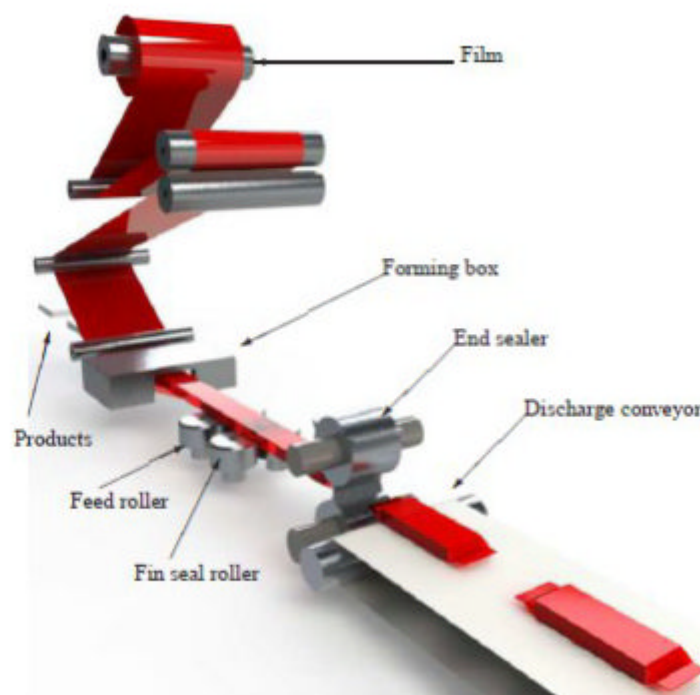


Рис. 2.5. Схематичний вигляд горизонтальної обгорткової машини.

Щодо позиціонування плівки, як згадувалося вище, горизонтальні флоупаки поділяються на дві версії: від ВВ до ВА. Версія ВВ (рис. 2.6) характеризується катушками плівки, розташованими під поверхнею ковзання виробу: у цьому випадку виріб поміщається на плівку, яка потім намотується навколо нього, таким чином поздовжнє зварювання виконується на верхній частині виробу. пакет; у цьому рішенні саме плівка, просуваючись,

переносить продукт усередині себе. Версія ВВ зазвичай використовується, коли немає високих швидкостей і крихких виробів.

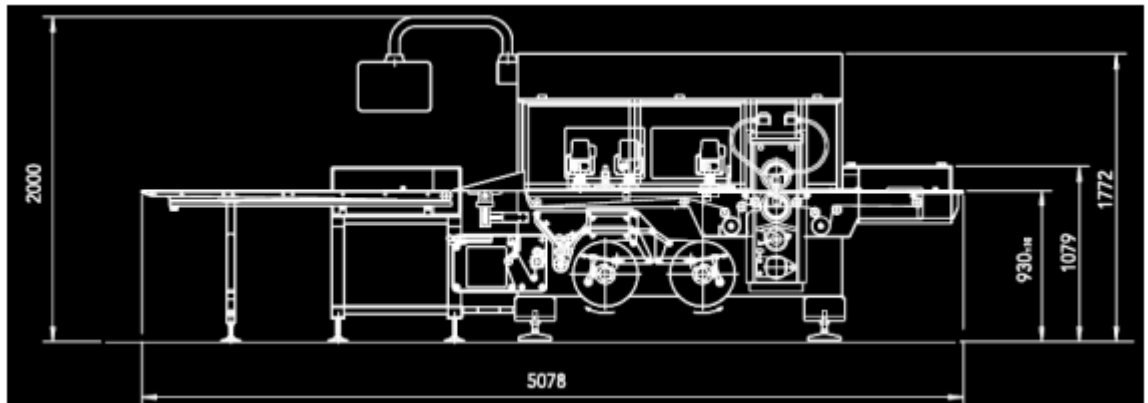


Рис. 2.6. Схематичний вигляд горизонтальної обгорткової машини, версія ВВ

Версія ВА (рис. 2.7) характеризується катушками плівки, розташованими над поверхнею ковзання продукту: у цьому випадку продукт переміщується вперед, до станції поздовжнього зварювання, від штифтового ланцюга, плівка обертає вироблений зверху і потім виконується поздовжнє зварювання дна упаковки. Версія ВА, як правило, є найбільш використовуваною, оскільки вона дозволяє досягти більшої швидкості, ніж версія ВВ.

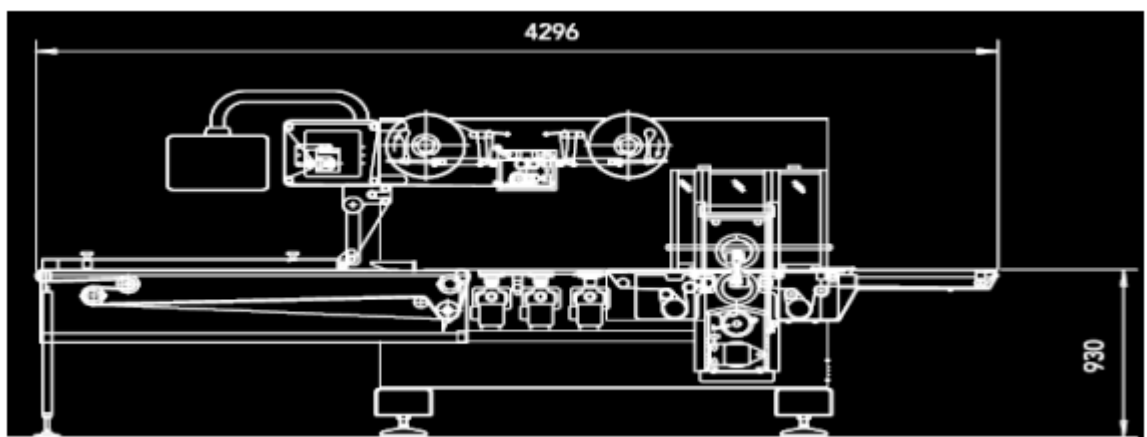


Рис. 2.7. Схематичний вигляд горизонтальної обгорткової машини, версія ВА.

Іншим елементом відмінності між різними горизонтальними потоковими пакетами є поперечна система зварювання.

Існує три можливі версії: ротаційна, з тривалим витримкою або з рухом коробки. Різні фактори залежать від обраної системи зварювання, серед них максимальна висота продуктів, які можна упаковувати (у випадку високих продуктів ротаційна система, як правило, не підходить, необхідно забезпечити тривале перебування або рух коробки) і максимально можливу швидкість (найефективнішими в цьому відношенні є ротаційні зварювальні системи).

Крім того, що стосується поперечного зварювання за допомогою систем Long Dwell або Box Motion, у деяких машинах передбачені спеціальні датчики для вимірювання розмірів продукту, що надходить, а потім правильно синхронізують електричну вісь зварювальної системи, щоб уникнути ризику розчавлення продукту між зварювальними губками, дуже корисна опція у випадку натуральних продуктів, які не завжди однакові за розміром, або для полегшення зміни формату.

Нарешті, додаткова опція, яку мають не всі флоупак-машини, — це можливість пакування продуктів у модифікованій атмосфері (MAP). Система складається (рис. 2.8, 2.9) з трубки, яка вдуває газ всередину трубчастої плівки (продувка газом) і видаляється лише безпосередньо перед останнім поперечним ущільненням, яке закриває упаковку; Таким чином, в упаковці буде певний газ, який зазвичай використовується для збільшення терміну зберігання продукту, тобто час, який цей продукт може витримати в закритій упаковці без псування.

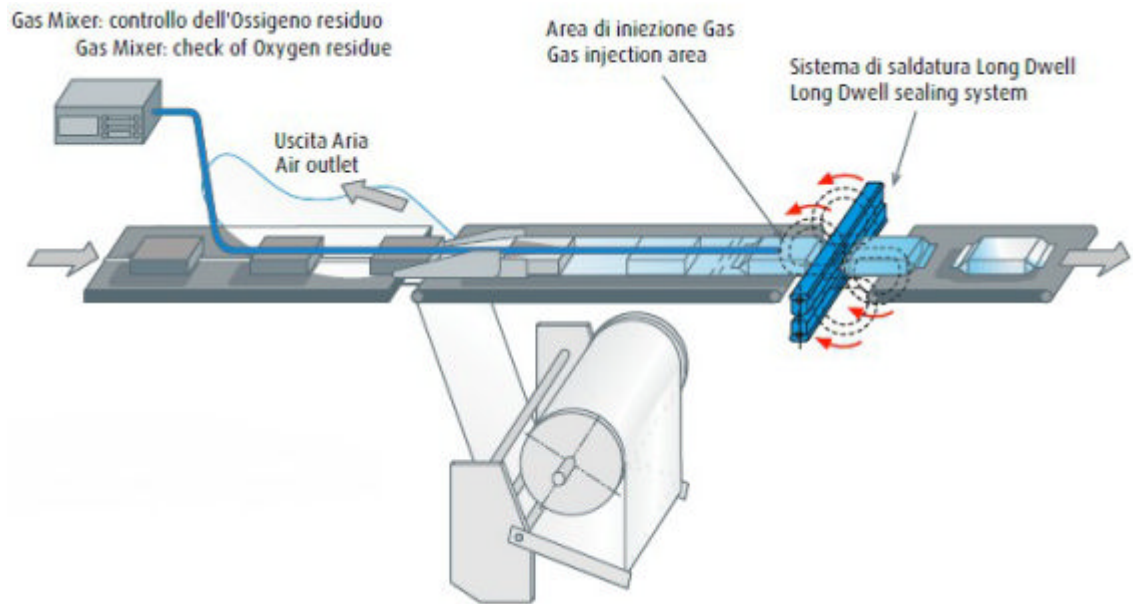


Рис. 2.8. Продуктивний цикл з модифікованою атмосферою (МАР)

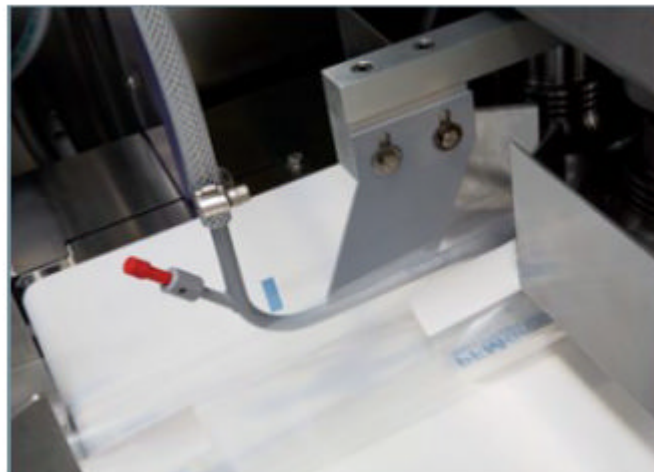


Рис. 2.9. Зона закачування газу з модифікованою атмосферою (МАР)

Що стосується розмірів упаковуваних продуктів і досяжних швидкостей, ці фактори відрізняються від машини до машини, таким чином вводячи додатковий елемент диференціації між моделями. Зокрема, хороші горизонтальні флоупаки можуть досягати продуктивності 200 циклів/хв із системою довготривалого зварювання з одним прутком із довжиною виробів від 60 до 350 мм, шириною від 10 до 200 мм і максимальною висотою 100 мм, що збільшує до 400 циклів/хв з подвійною ущільнювальною планкою. З



поворотним для зварювальних систем і особливо компактних виробів (наприклад, жувальної гумки) можлива продуктивність може становити близько 1500 циклів/хв, враховуючи використання високошвидкісних холоднозварювальних плівок.

Нарешті, для натуральних зелених виробів (рис. 2.10), навіть великих розмірів, з автоматично налаштованою довжиною, шириною від 10 до 380 мм і максимальною висотою 230 мм, використовуються системи зварювання типу Vox Motion і максимальна продуктивність 40 циклів/ досягається хв.



Рис. 2.10. Зразки запакованих продуктів

## **2.2. Автоматичне завантаження в горизонтальних машинах.**

У горизонтальних флоупак-машинах завантаження продукту є операцією, яка може виконуватися вручну, тобто операторами, які розміщують продукти на відповідних ланцюгах наконечників або на стрічковому конвеєрі, або автоматично, особливо при збільшенні продуктивності (прикладом є хлібобулочні вироби, які масово виходять із печей тунельного типу або охолоджувальних тунелів і повинні бути впорядковано розміщені в пакувальних машинах).

Що стосується систем автоматичного розподілу та завантаження, існує кілька варіантів, як показано нижче. Леза для вирівнювання по рядах: коли продукти виходять з печі або охолоджувального тунелю, вони ніколи не будуть ідеально вирівняні; отже, існують спеціально розроблені леза, які гарантують, що продукти, спираючись на них, вирівнюються рядами, а потім

леза «втікають» і знову з'являються в тій самій точці, щоб вирівняти наступний ряд продуктів. Опорна розподільна станція: вона розподіляє ряди продуктів до пакувальних машин Flowpack (рис. 2.11). Ця система працює в електронному вигляді за допомогою двигунів електровісь і призначена для роботи з делікатними продуктами, в тому числі неправильної форми.

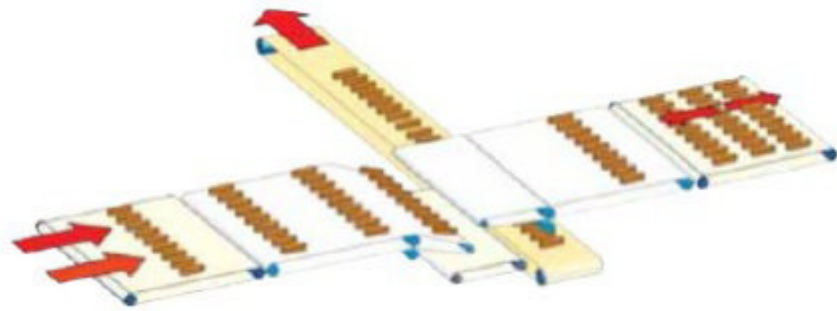


Рис. 2.11. Схематичний вигляд опорної розподільчої станції

Поперечний живильник  $90^\circ - 110^\circ$ : це гнучка система (рис. 2.12 – 2.13), що включає два або більше синхронізаційних ременів, що приводяться в рух серводвигунами, які відповідають швидкості виробничого потоку.

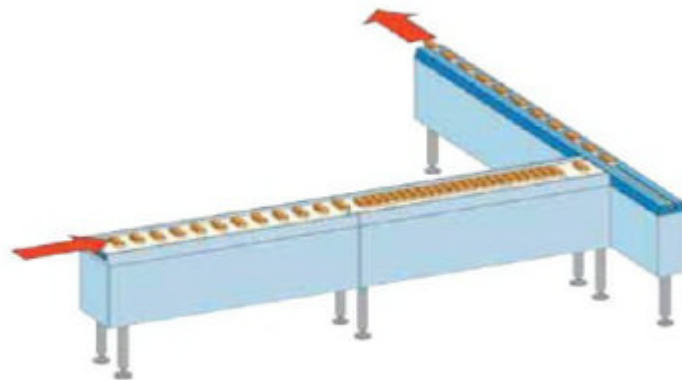


Рис. 2.12. Схематичний вигляд  $90^\circ$  поперечного фідера

Автоматична вбудована подача: це високошвидкісна система подачі в лінію (рис. 2.14). Ідеально підходить для виробів як звичайної, так і неправильної форми. Підходить для продуктів, які не витримують накопичувального тиску або контакту.



Рис. 2.13. Зображення поперечної годівниці 110°

Ця система може мати до п'яти ременів синхронізації, що приводяться в рух серводвигунами в електричній осі; Крім того, швидкість стрічки розраховується автоматично відповідно до потоку продукту.

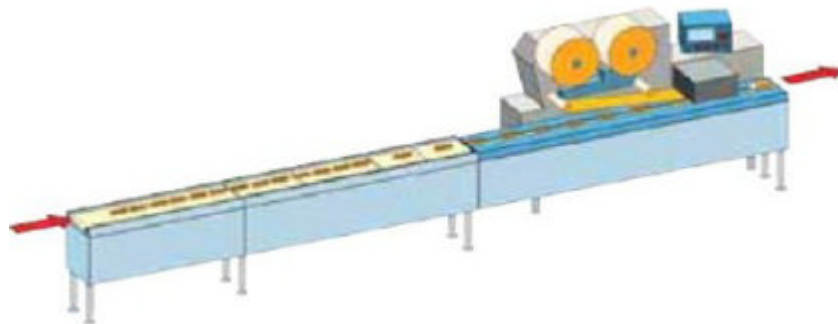


Рис. 2.14. Схематичний вигляд автоматичної внутрішньої подачі. Система групування: це високошвидкісна вбудована система подачі мультипакетів (рис. 2.15). Кількість продуктів у мультиупаковках можна легко запрограмувати, а синхронізація з обгорткою надзвичайно точна.

Важливо відзначити, що в цих двох системах подачі (автоматична вбудована подача та система групування) ідея полягає у створенні правильного інтервалу між окремими продуктами (або між групами продуктів), щоб правильно подавати наступні горизонтальні потоки. Щоб

зробити це, різниці швидкості між наступними використовуються конвеєрні стрічки, розраховані за відповідними алгоритмами.

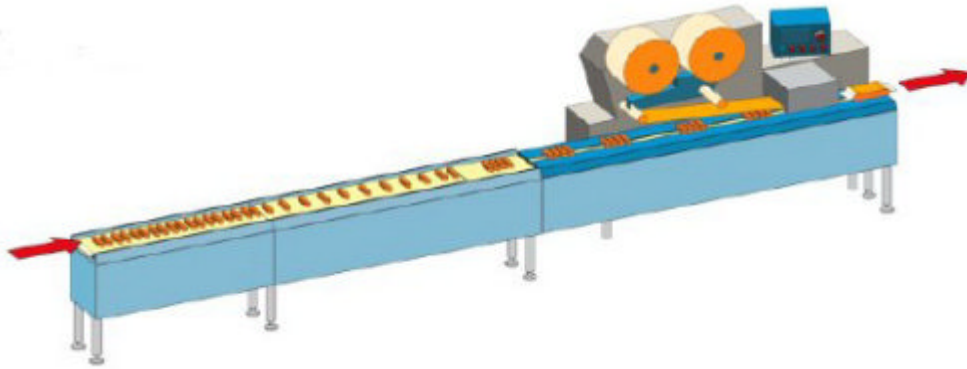


Рис. 2.15. Схематичний вигляд внутрішньої подачі системи групування

Загалом можна виділити дві стратегії: перша полягає в тому, щоб розпочати із загального відсутності контакту (ситуація, коли окремі продукти не контактують один з одним), створюється м'який контакт (ситуація, коли продукти знаходяться в легкому контакті з один одного), а потім знову створюється контакт із правильним інтервалом; другий полягає у зберіганні всіх продуктів на зберіганні, а потім їх передачі по черзі на конвеєрну стрічку з вищою швидкістю, знову ж таки, щоб розділити окремі продукти один з одним.

Система орієнтування: вона повертає продукти, що надходять, на  $90^\circ$ , щоб подати їх до системи подачі короткою стороною. Доступно для виробів правильної або неправильної форми (рис. 2.16).

Інший спосіб живлення горизонтальних флоупаків — використання роботизованої автоматизації (рис. 2.17). Таким чином можна використовувати такі аспекти, як система бачення або вакуумні кінцеві ефектори. Зокрема, коли бачення поєднується з розміщенням подачі, продукт може бути представлений у довільній орієнтації та все ще бути зібраним і розміщеним у правильній орієнтації на обгортковий стрічковий конвеєр або ланцюг.

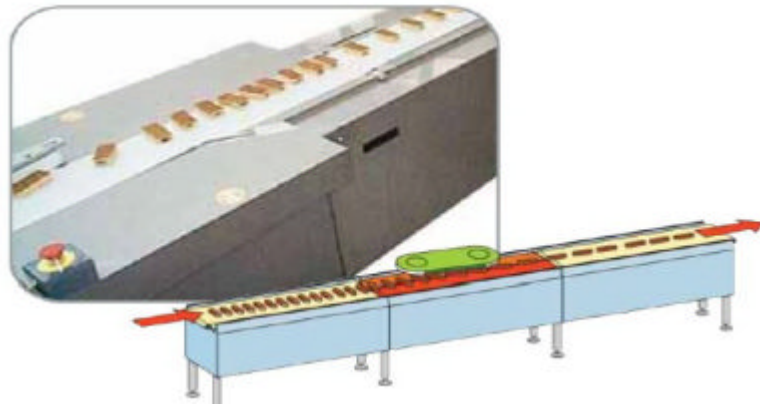


Рис. 2.16. Схематичний вигляд вбудованої живильної системи системи орієнтування

Здатність дельта-робота відстежувати Крім вхідного потоку продукту та цільового конвеєра, робот плавно збирає та розміщує продукт, не порушуючи потік пакувальної лінії. Крім того, пристрій для забирання на кінці руки робота, відомий як кінцевий ефектор, доступний у численних конфігураціях для забирання та розміщення майже будь-якого предмета.

Найбільш поширеними є вакуумна присоска (розміщення корму з вакуумом дозволяє делікатно поводитися з продуктом, запобігаючи пошкодженню самого продукту) і механічні захвати. Кінцеві ефектори доступні як один або кілька варіантів. Параметр Multipick дозволяє вибрати від двох до дванадцяти елементів одночасно. Також доступна технологія reflex pick, яка дозволяє вибрати окремий продукт, відтягнути, а потім вибрати інший продукт з тим самим кінцевим ефектором за допомогою іншої вакуумної системи. Потім кожен вибраний продукт може бути індивідуально орієнтований на інші продукти, використовуючи 4-ту вісь руху для обертання продукту, щоб створити ідеальну модель упаковки.

Розміщення подачі може здійснюватися за одним із трьох шаблонів «вибір і розміщення»: зіставлення, перехресний ремінь, рядний або паралельний. Зіставлення, мабуть, найпоширеніший із трьох типів. Це означає, що вхідний продукт надходить єдиним потоком до ланцюга

сортування, де він збирається в групи, збирається з певною кількістю продуктів і поміщається в ланцюг із вушками горизонтальної обгортки. Часто кілька продуктів збираються разом за допомогою технології кінцевого ефекту «стисніть і розповсюджуйте». Це значно збільшує продуктивність робота, вибираючи кілька продуктів під час кожного вибору. Ключова перевага використання сортування полягає в тому, що бачення не потрібне, оскільки продукт уже орієнтований у ланцюжку сортування.

Другий тип, поперечний ремінь, вказує на те, що вхідний потік продукту перпендикулярний до вихідного потоку. Поперечний ремінь ідеально підходить для продуктів, що надходять у довільному місці та орієнтації. Це зазвичай використовується при розміщенні кормів для первинного пакування сирого продукту. Наприклад, збирання продукту зі стрічки безпосередньо після духової шафи або екструдера та розміщення його в ланцюжку обгортки є звичайним застосуванням поперечної стрічки. У цих програмах часто потрібен зір, оскільки продукти зазвичай не орієнтуються перед входом у роботизовану камеру.

Третій тип, Inline або Parallel, дозволяє вхідному продукту текти паралельно вихідному потоку. Inline зазвичай використовується, коли продукт надходить одним чи кількома потоками або на вузькій стрічці. Протипотік часто є найефективнішим способом представлення продукту щодо просування ланцюга вушок у комірці робота, тобто два потоки протистоять один одному, коли вони входять у комірку робота. Це гарантує, що рука робота, відповідальна за те, щоб проріз у ланцюзі наконечників був заповнений, перш ніж покинути комірку робота, матиме повний потік продукту, з якого можна швидко вибрати.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Апаратне забезпечення системи

На рис. 3.1 і 3.2 показано заплановане апаратне компонування системи, яке використовуватиметься в цьому проекті.

На рис. 3.1 показано компонування апаратного забезпечення для процесу пакування, а на рис. 3.2 показано конструкцію обладнання для стекування.

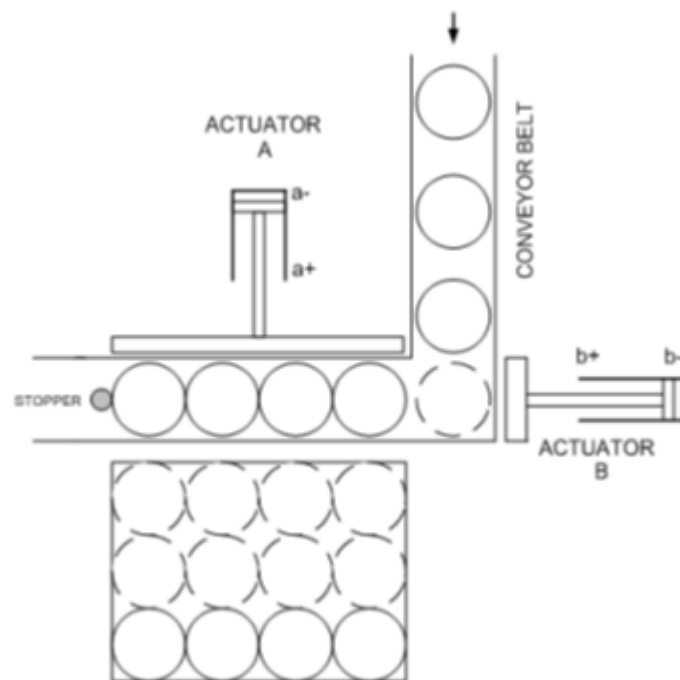


Рис. 3.1. Схема апаратного забезпечення системи пакування

Враховуючи переваги систем, керованих ПЛК, система пакування, яку потрібно розробити, має бути гнучкою та регулюватися відповідно до різної кількості банок і необхідної кількості штабелів.

Виходячи з аналізу рис. 3.1 необхідно забезпечити зважування кожної консерви для забезпечення відсутності браку. Якщо консервний продукт має критичне відхилення його необхідно забрати з конвеєра. Якщо продукт

пройшов зважування двигун подачі проштовхує банку в стек ряду. Система повинна відрахувати необхідну кількість проштовхнутих банок для заповнення ряду. При набірні необхідної кількості в ряд спрацьовує другий проштовхувач, який запихає ряд банок в коробку.

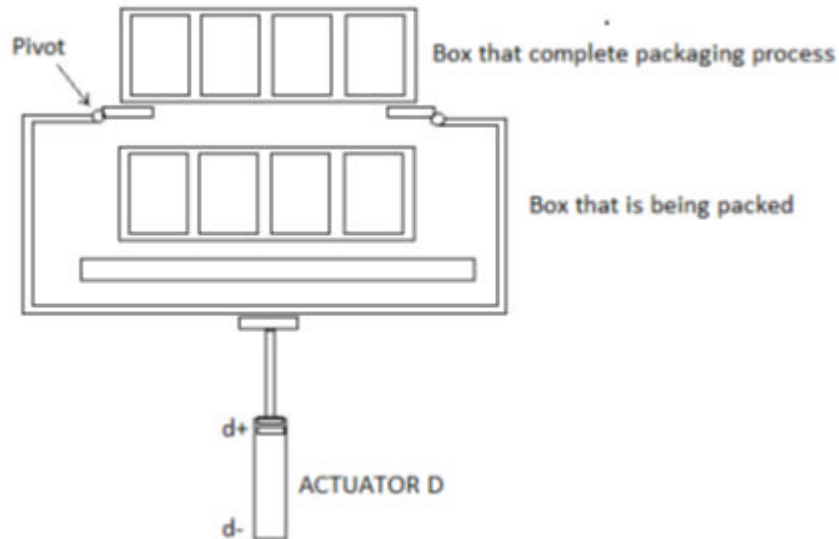


Рис. 3.2. Схема апаратного забезпечення для штабелювання

Якщо коробка заповнена, необхідно провести перевірку її ваги. При нормальній вазі коробка проштовхується вгору для подальшого транспортування.

Загальний вигляд лінії пакування 3\*4 банки приведено на рис. 3.3.

Для реалізація такої системи необхідно забезпечити дві точки зважування, керування 4 штовхачами. З цією задачею може справитися програмований логічний контролер. Проте для реалізації системи необхідно вибрати все необхідне обладнання, зокрема системи реле і силової автоматики. Далі необхідно запрограмувати контролер для виконання операцій пакування. При зміні ваги або кількості банок в упаковці необхідно змінити процес пакування. Також з метою оптимізації пакувального процесу нами буде змодельовано процес пакування.



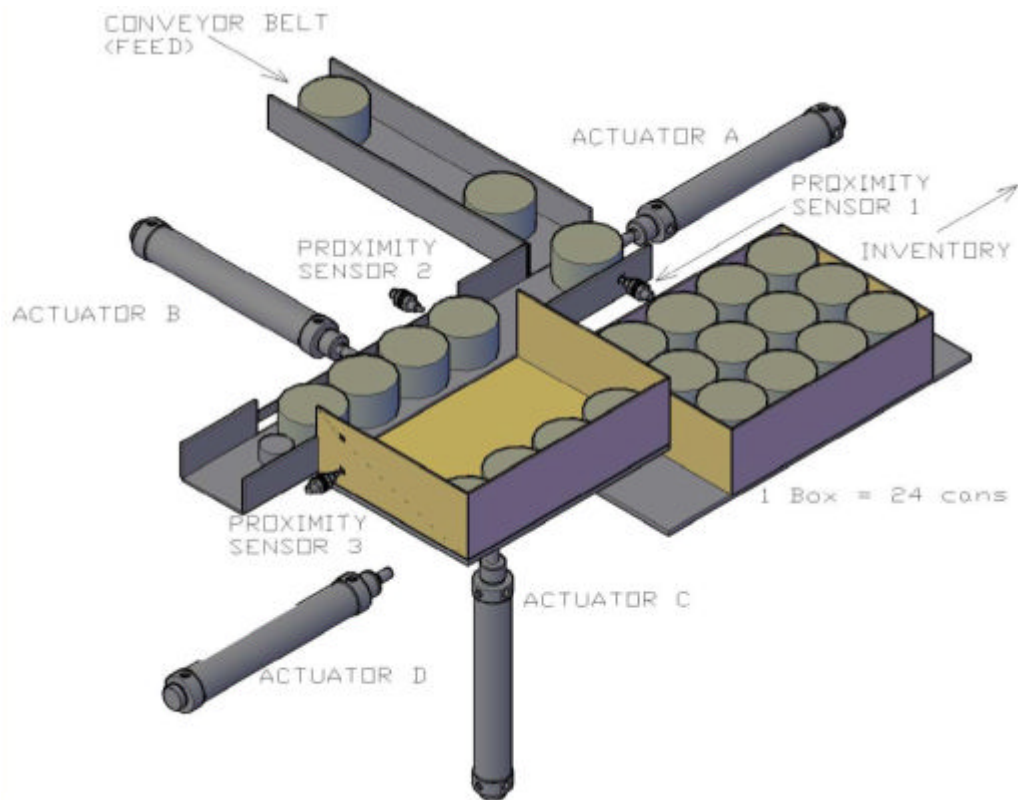


Рис. 3.3. 3Д макет системи пакування 3\*4

### 3.2 Перелік апаратного забезпечення для системи керування

Пневматичний привід (рис. 3.4)



Рис. 3.4. Пневматичний привід TP DNC 40x200 ISO6431

Пневматичний привід створюватиме лінійний рух, висуваючи або втягуючи відповідно до програми. Це завершальний елемент системи управління.

### Електромагнітний клапан (рис. 3.5)



Рис. 3.5 Електромагнітний клапан TR G5 101 A 10 В

Електромагнітний клапан діє як перетворювач електричного сигналу, що надходить від ПЛК, у повітряний сигнал, який подається на пневматичний привод. Існує багато типів електромагнітних клапанів, таких як 5/2 ходовий, 3/2 ходовий та багато інших.

### Давач наближення (рис. 3.6)



Рис. 3.5 Давач наближення AXYZ - 26964

Давач наближення виявляє та виявляє об'єкт, якщо об'єкт проходить крізь поверхню датчика. Цей тип датчиків зазвичай використовується для виявлення об'єкта без контакту з об'єктом.

### Кінцевий вимикач (рис. 3.7)



Рис. 3.7 Кінцевий вимикач D4B-4116N omron

Кінцевий вимикач — це просто важкий перемикач, який зазвичай використовується для надсилання вхідних даних до ПЛК. Зазвичай він розміщується там, де відбуваються процеси, наприклад, приводи.

Програмований логічний контролер (рис. 3.8)



Рис. 3.8 Програмований логічний контролер SIMATIC S7-400

ПЛК діє як мозок системи керування, де зберігаються команди та програми. Відомо, що ПЛК є дуже надійним і міцним компонентом, який підходить для суворих умов, наприклад, на заводі.

Повітряний компресор (рис. 3.9)



Рис. 3.9 Повітряний компресор АК50-170

Повітряний компресор необхідний для постачання пневматичного приводу стисненим повітрям.

## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1 Програмне забезпечення моделювання системи

Студія автоматизації (рис. 4.1) - це програмне забезпечення для моделювання, яке використовується для тестування функціональних можливостей програми перед впровадженням її на фактичне апаратне забезпечення. Це важливий крок у розробці системи керування, оскільки будь-яка помилка в фактичній апаратній системі може спричинити дорогі пошкодження, нещасні випадки та травми.

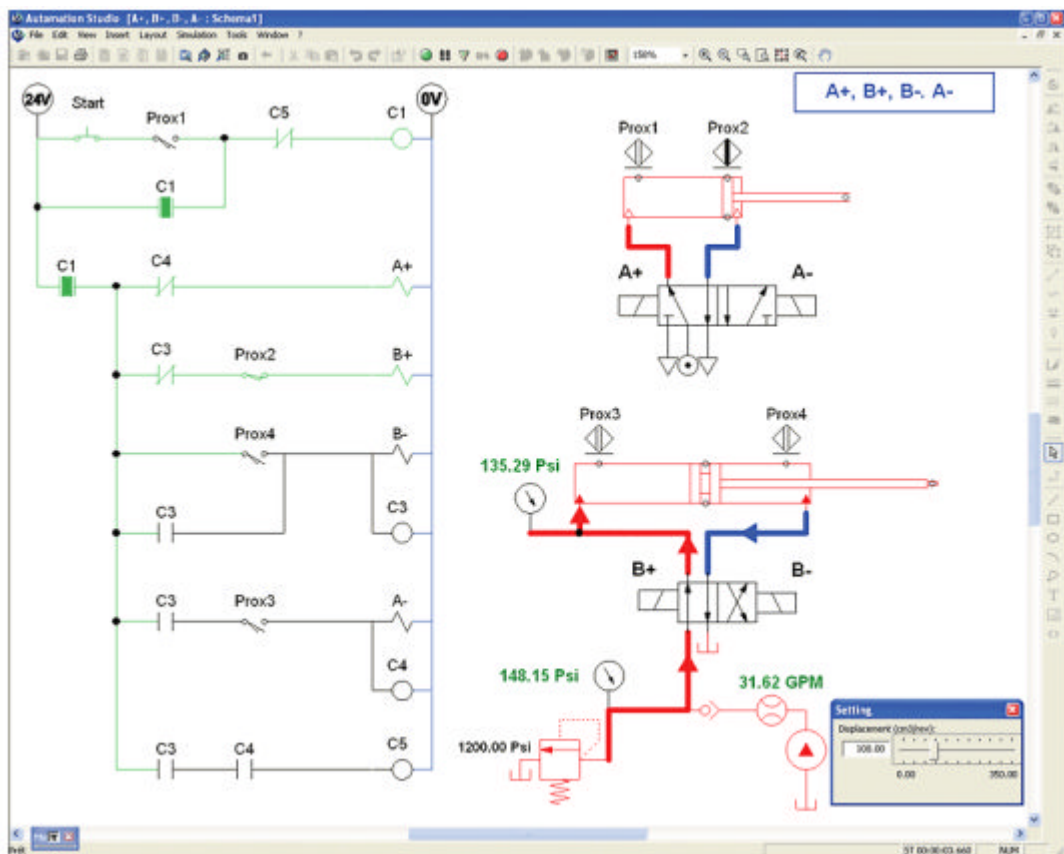


Рис. 4.1 - Automation Studio

Окрім цього, використовуючи програмне забезпечення для моделювання, програмісти можуть налаштувати та спробувати інший підхід до програмування, що призведе до спрощення програми, що зменшить

кількість компонентів  $i$ , отже, зменшить вартість розробки системи керування. Крім цього, загальну ефективність системи можна збільшити, якщо використовувати меншу кількість компонентів.

#### 4.2 Дизайн моделювання

Повна послідовність цього проекту:  $[([B+B-] \times 4) + [A+A-]] \times 3 \times 2$ .

Як ми бачимо, є 3 частини в послідовності. Перша частина — це циліндр В, який потрібно висунути та втягнути 4 рази, друга частина — це циліндр А, який потрібно висунути та втягнути після завершення процесу першої частини 3 рази, а остання частина — це комбінація 2 циклів першої та другої частин.

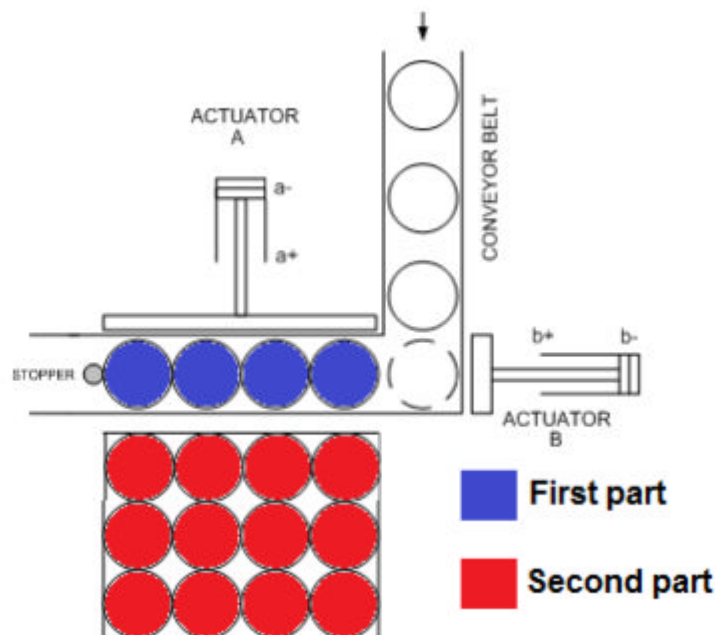


Рис. 4.2. Розташування апаратного забезпечення з кольоровою послідовністю.

З діаграми ми бачимо, що перша частина послідовності створить 4 стовпці компонування консервів, друга частина створить 3 рядки, а остання частина – процес укладання консерви для створення композиції з 24 банок.

Через багато частин цього проекту програму Grafset буде розділено на 3 частини відповідно та об'єднано після завершення всіх 3 частин, щоб полегшити процес програмування та уникнути будь-яких помилок у програмі.

Перша частина проекту  $[([B+B-] \times 4) + [A+A-] \times 3) \times 2]$

Перша частина проекту — це послідовність, яка створює 4 стовпці стандартних консервів. Циліндр В потрібно висунути і втягнути 4 рази. Таким чином, для реалізації послідовності використовується проста система лічильників. Циліндр подвійної дії буде використовуватися як привід, який буде керуватися 5/2-ходовим електромагнітним клапаном.

Давач наближення також буде розміщений на обох кінцях циліндра подвійної дії, який використовуватиметься як сигнал для програми. Нижче показано діаграму Grafset і моделювання апаратного забезпечення (рис.4.3).

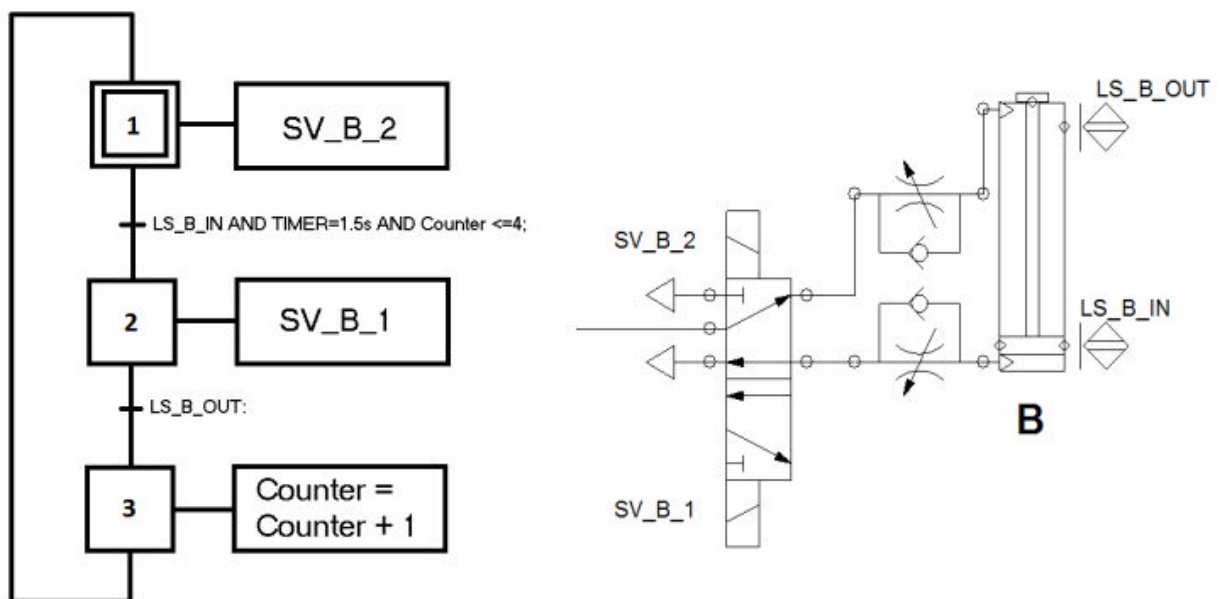


Рис. 4.3. Перша частина діаграми Grafset і моделювання апаратного забезпечення

Друга частина проекту  $[([B+B-] \times 4) + [A+A-] \times 3) \times 2]$ .

Для другої частини циліндр А потрібно висувати та втягувати 3 рази після завершення кожної частини однієї послідовності. Це для створення 3 ряду з 12 банок.

Таким чином, програма реалізована за допомогою одночасної ексклюзивної дії Grafset, яка полягає в тому, щоб дозволити лише одному кроку бути активним за раз за допомогою умови переходу.

Також до системи додається друга система лічильників. Така ж апаратна конфігурація з частини 1 використовується для приводу А.

Нижче показано симуляцію програми та апаратного забезпечення (рис. 4.4 та 4.5).

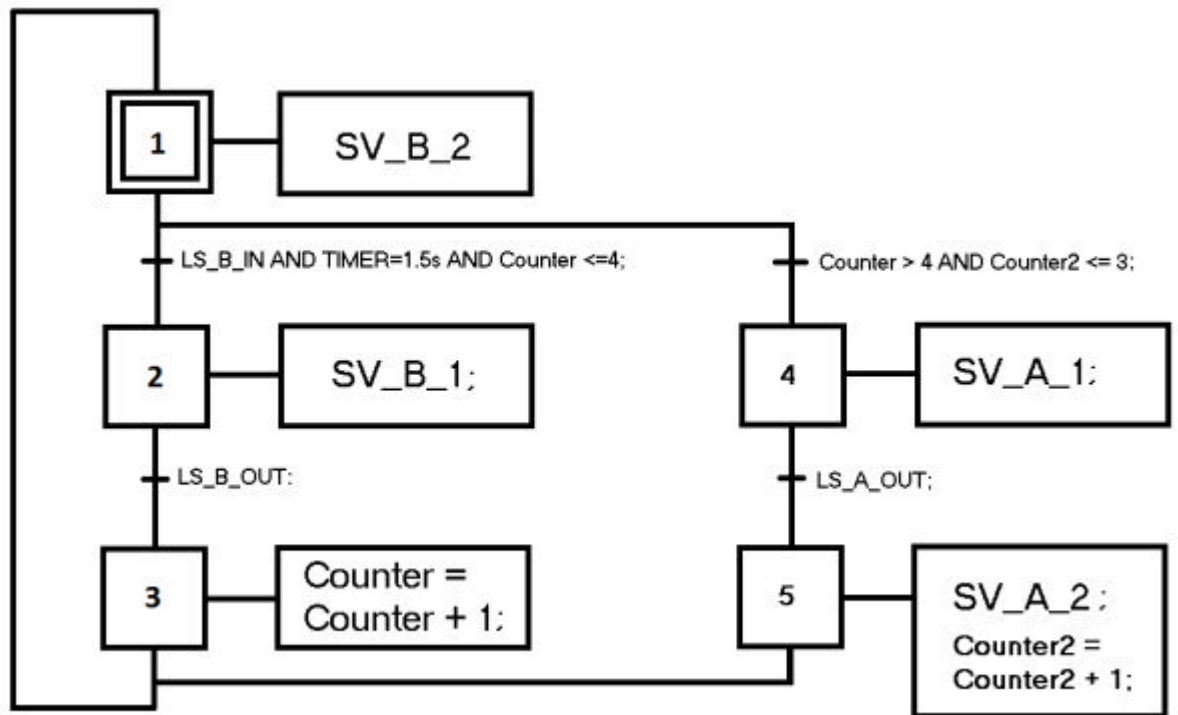


Рис. 4.4. Друга частина діаграми Grafset

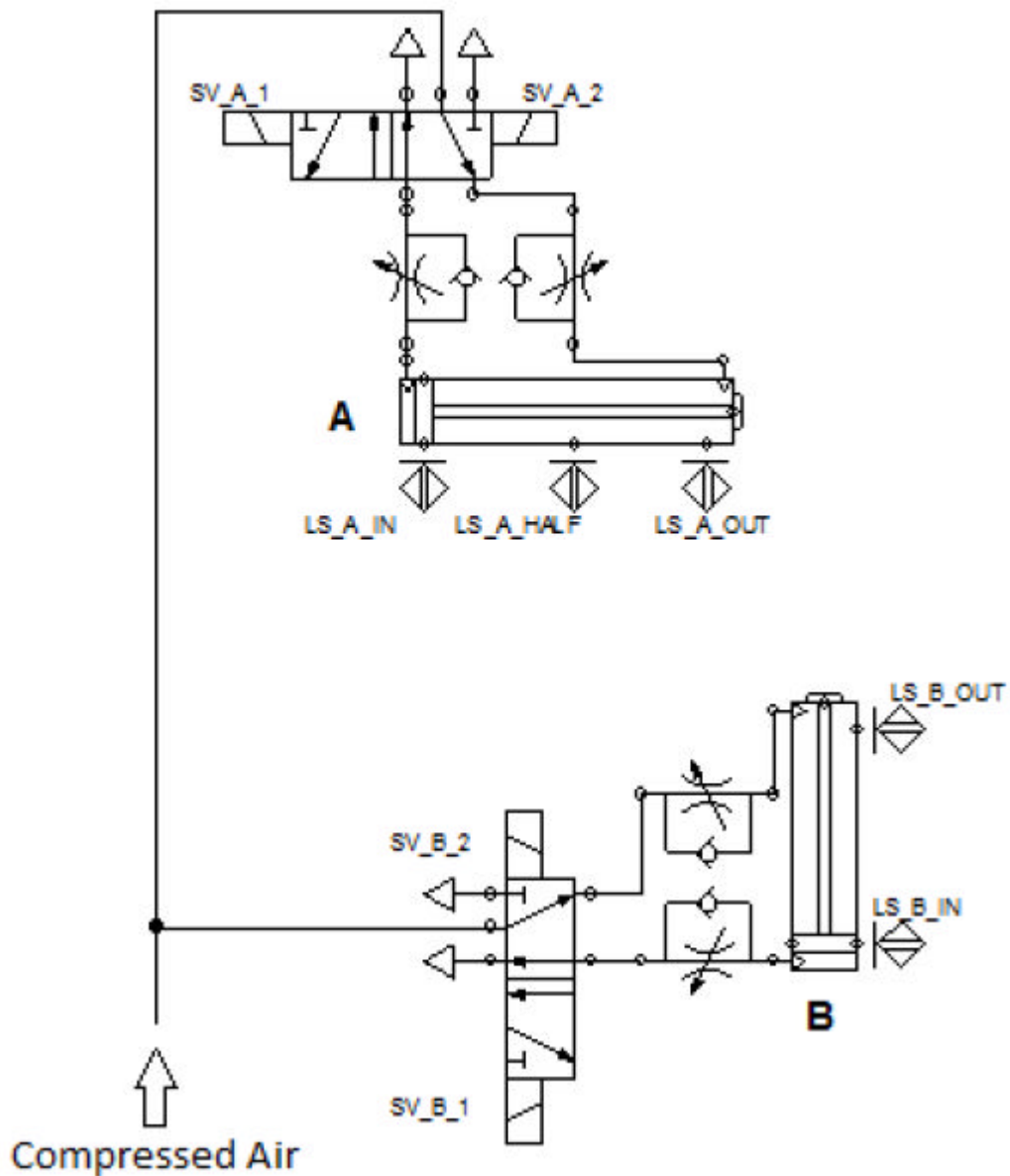


Рис. 4.5. Друга частина моделювання апаратного забезпечення

Третя частина проекту  $[(\{[B+B-] \times 4\} + [A+A-] \times 3) \times 2]$ .

Для третьої та останньої частини буде реалізовано повну послідовність проекту. Оскільки привід D потрібно висувати та втягувати лише один раз після завершення першої та другої частини, лічильник не потрібен. Замість цього привід D запускатиметься за допомогою аналогічного методу у другій частині, який використовує одночасну ексклюзивну дію Grafset із



використанням умови переходу. Також у програмі визначено дві функції для спрощення діаграми Grafset. Так само апаратна конфігурація для приводу D буде такою ж, як у першій частині та другій частині (рис. 4.6 та 4.7).

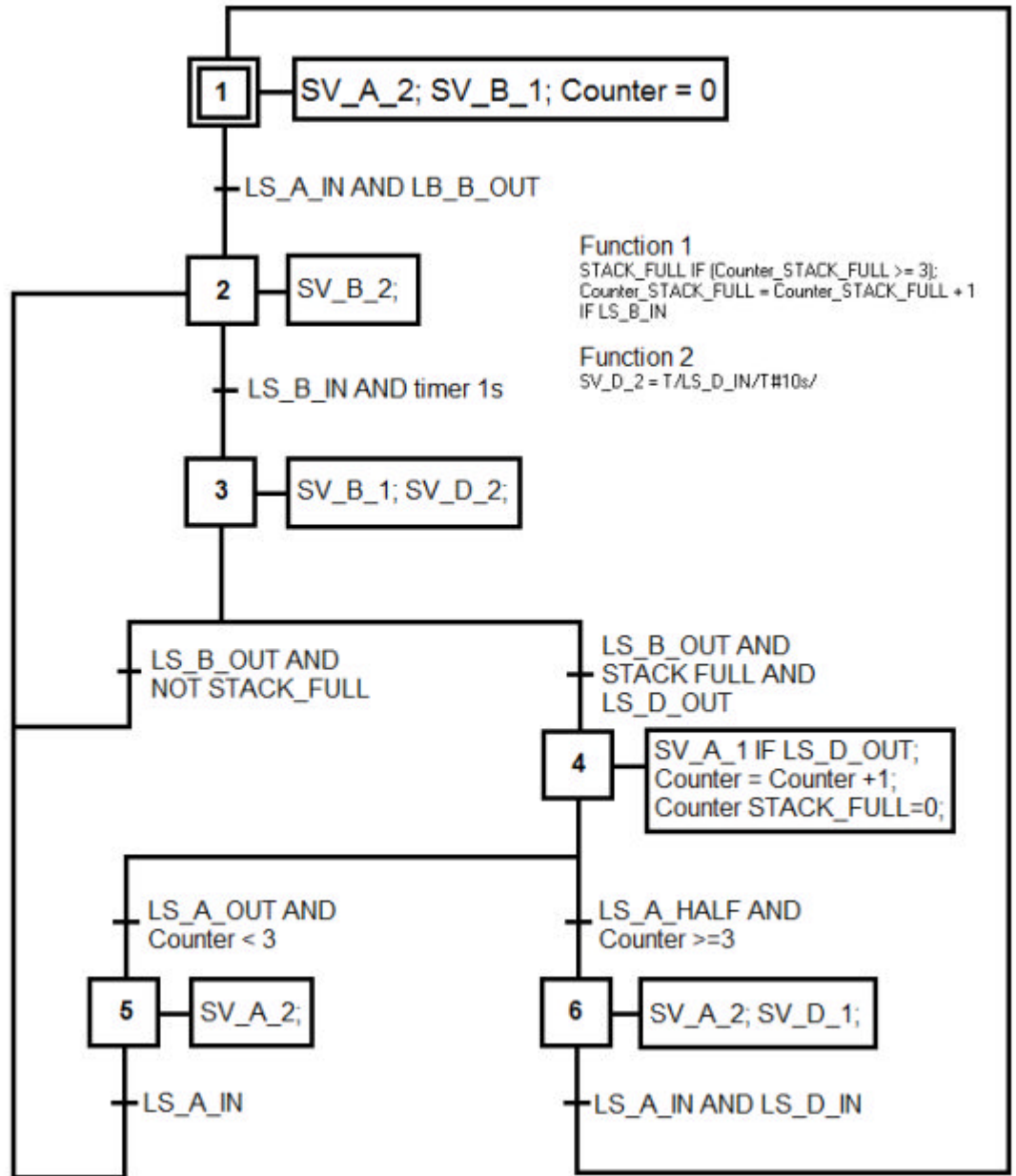


Рис. 4.6. Третя частина діаграми Grafset

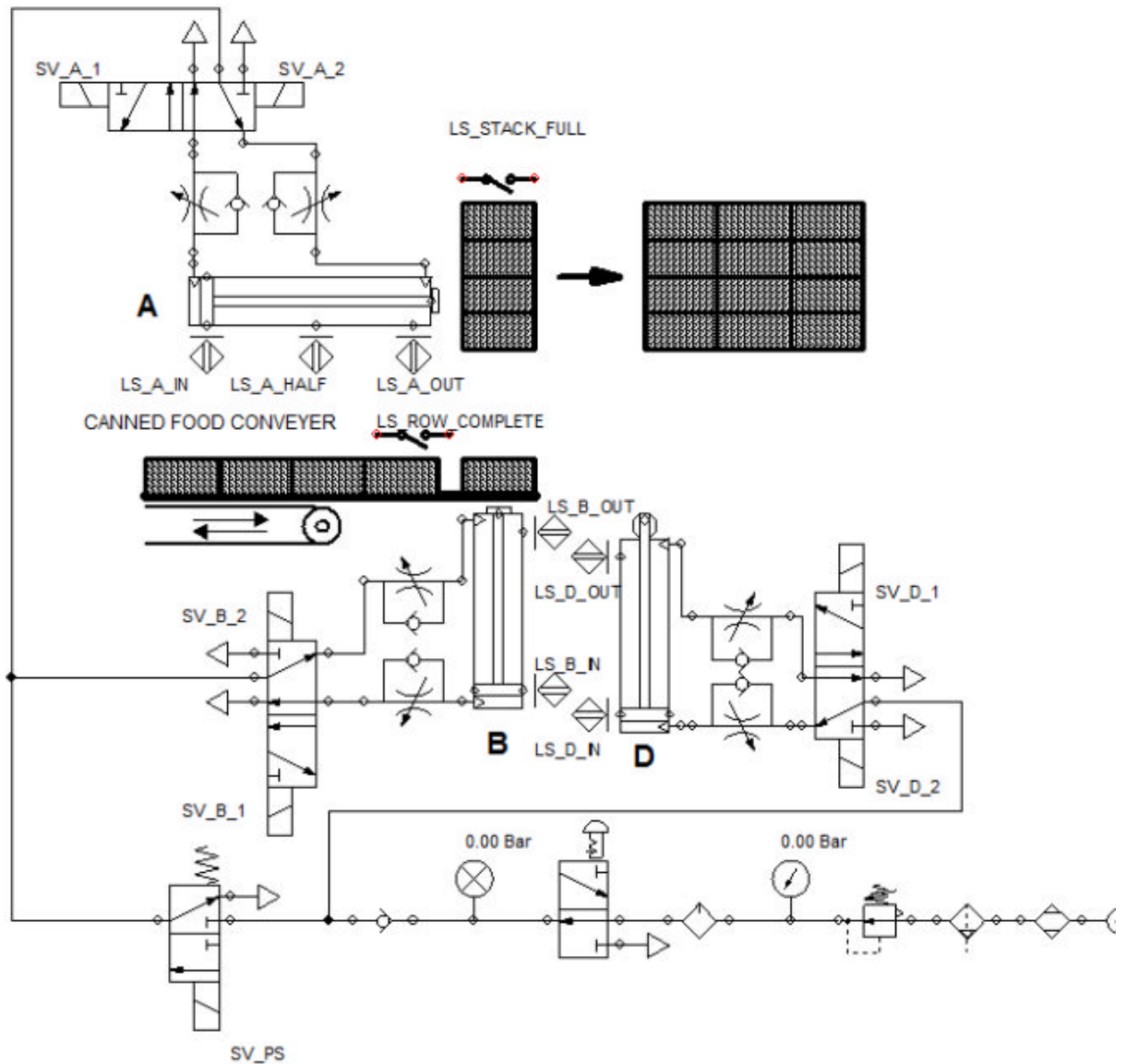


Рис. 4.7. Третя частина апаратного моделювання

### 4.3. Тестування симуляції.

Тестування симуляції необхідне перед впровадженням апаратного забезпечення, щоб переконатися, що симуляція програми та апаратного забезпечення працює належним чином. Будь-які дрібні помилки, які потребують незначних модифікацій і налаштувань, можна внести на цьому останньому етапі перед впровадженням в апаратне забезпечення.

Таким чином, програма Grafset тестується та спостерігається. На даний момент ми можемо програмувати Grafset у дії, і це дуже відрізняється від звичайної послідовності сходової діаграми (рис. 4.8).

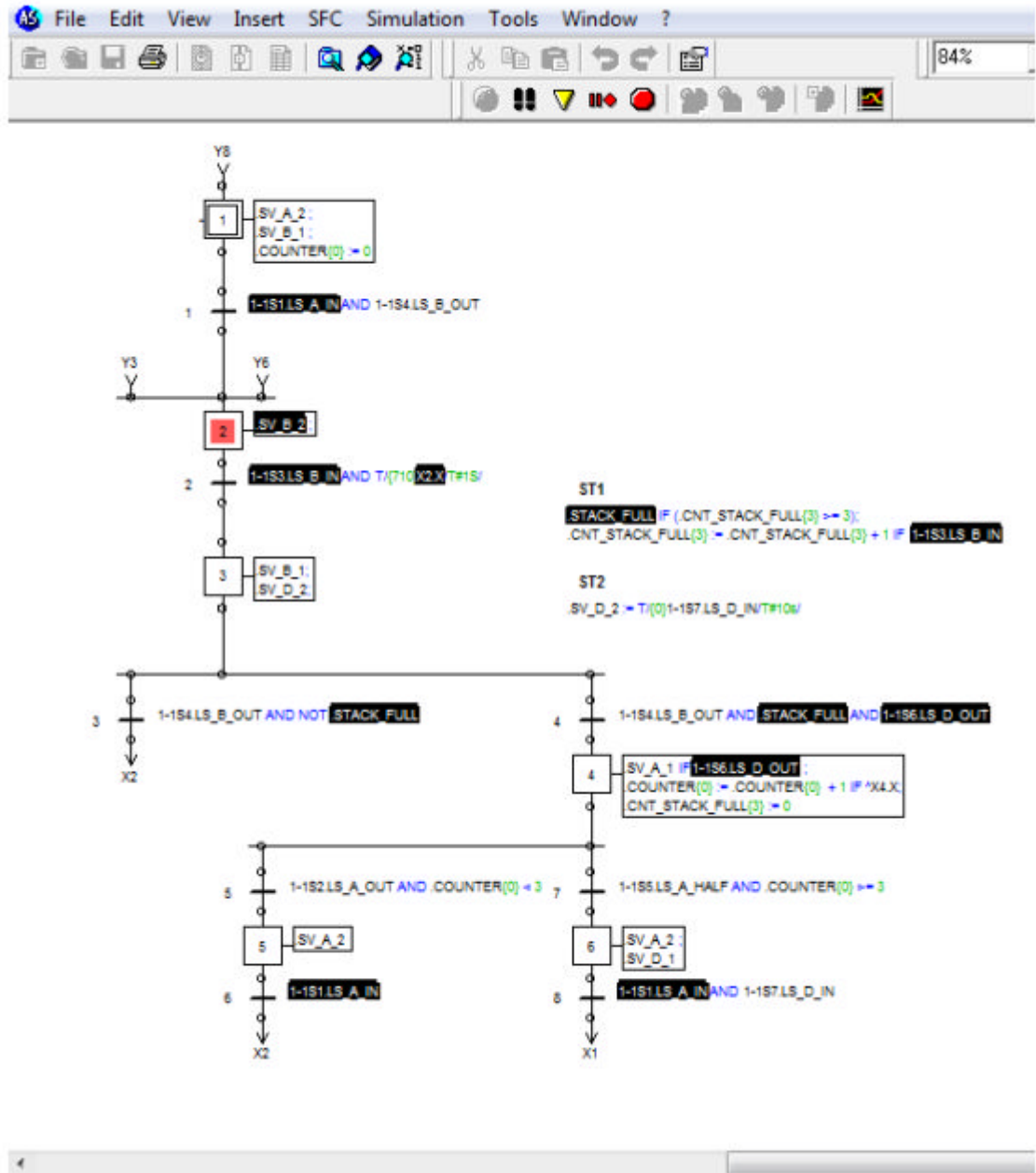


Рис. 4.8 Grafset симуляція.

Етапи не виконуватимуться, доки не буде виконано умову переходу.

Для симуляції апаратного забезпечення привід, електромагнітні клапани та безконтактний перемикач перевіряються, щоб переконатися, що вони відповідають правильній послідовності за допомогою програми Grafset.

Однак у цьому моделюванні вихід двигуна конвеєра не враховано. Це буде перевірено пізніше в частині реалізації апаратного забезпечення (рис. 4.9).

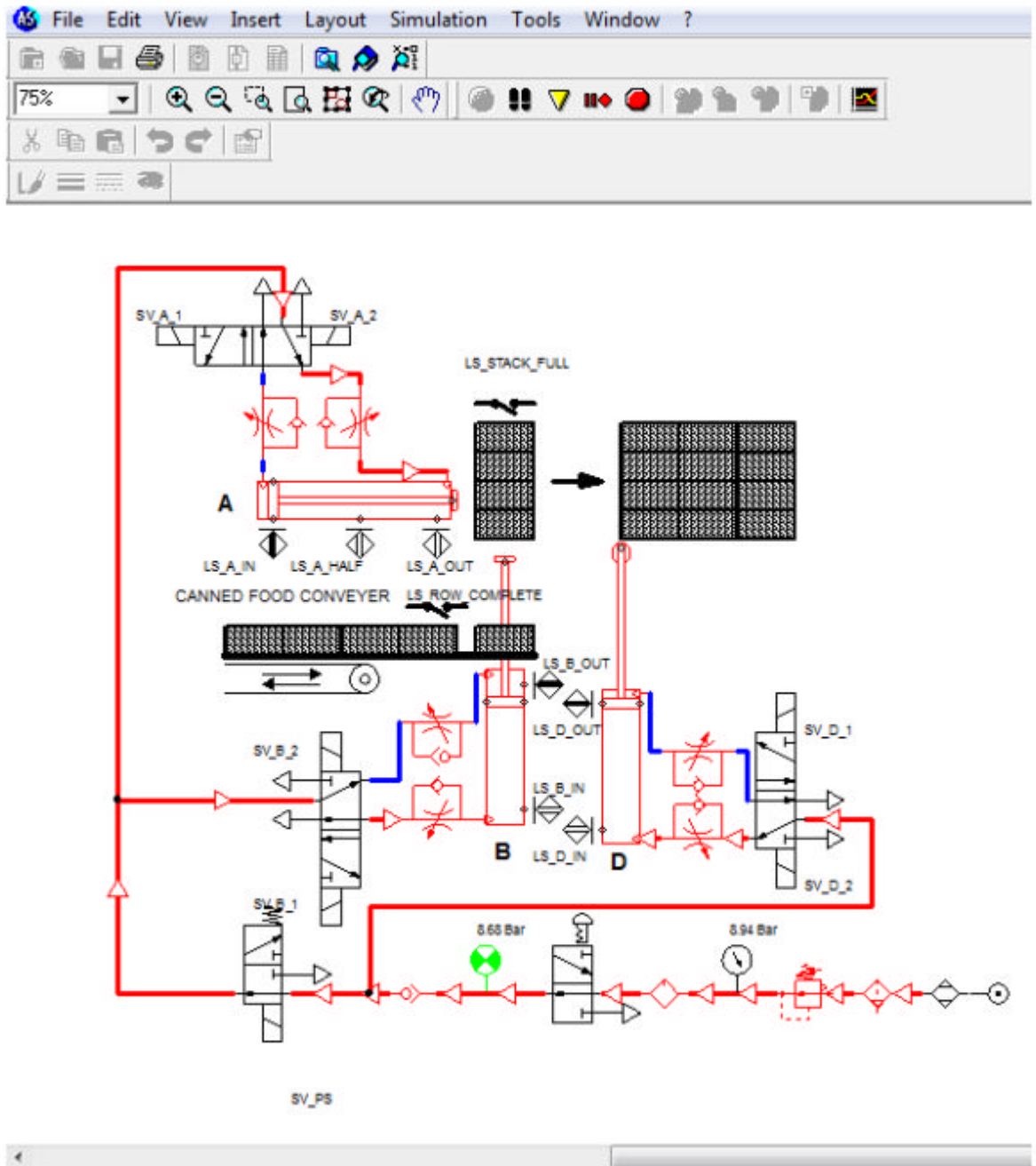


Рис. 4.9. Тестування симуляції апаратного забезпечення

Загалом симуляція виконується згідно з проектом. Незважаючи на те, що програма трохи зависла та відставала, після незначної модифікації та тонкого налаштування симуляція пройшла гладко. Симуляція тепер готова до наступного кроку цього проекту, який є апаратним впровадженням.

### 4.3 Реалізація апаратного забезпечення

Перетворення на драбинову діаграму Для тестування та демонстрації програму буде запущено за допомогою ПЛК, доступного в лабораторії. Однак через нездатність програмованого логічного контролера запускати пряму програму Grafset, програму необхідно перетворити на схему перед завантаженням у ПЛК.

Існує формула, за допомогою якої можна перетворити діаграму Grafset на драбинову діаграму, ця формула перетворить діаграму Grafset на логічне рівняння, яке, у свою чергу, можна використовувати для перетворення на драбинову діаграму. Нижче наведено формулу (рис. 4.10).

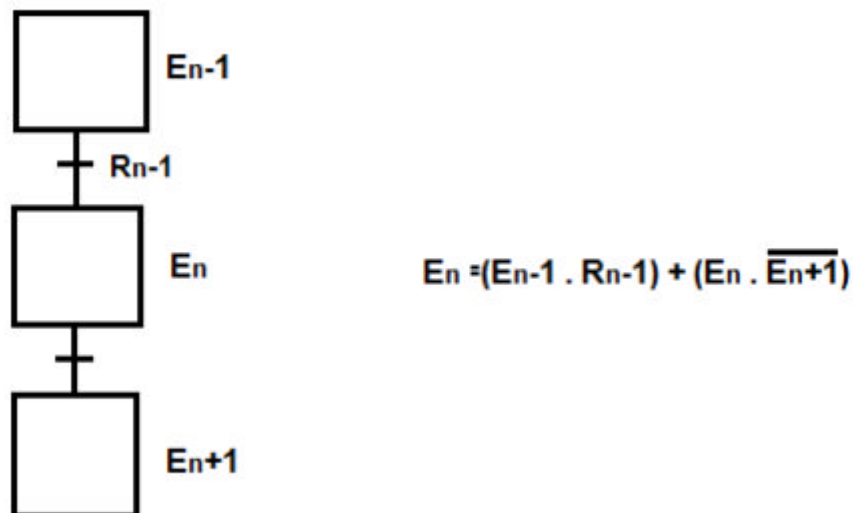


Рис. 4.10. Формула перетворення булевого рівняння.

Однак після подальшого вивчення стало зрозуміло, що електромагнітний клапан, доступний у лабораторії, є 5/2-ходовим одинарним електромагнітним пружинним клапаном у порівнянні з призначеним 5/2-ходовим подвійним клапаном. електромагнітний клапан, який використовується в цьому проекті.

Таким чином, неможливо перетворити діаграму Grafset на драбинову діаграму за допомогою формули булевого рівняння. Замість цього метод блок-схеми використовується для створення сходової діаграми для ПЛК. Нижче показано блок-схему та програму на мові сходиноківих діаграм (рис. 4.11).

Sequence:  $(((A+A-) \times 4) + [B+B-]) \times 3 \times 2$

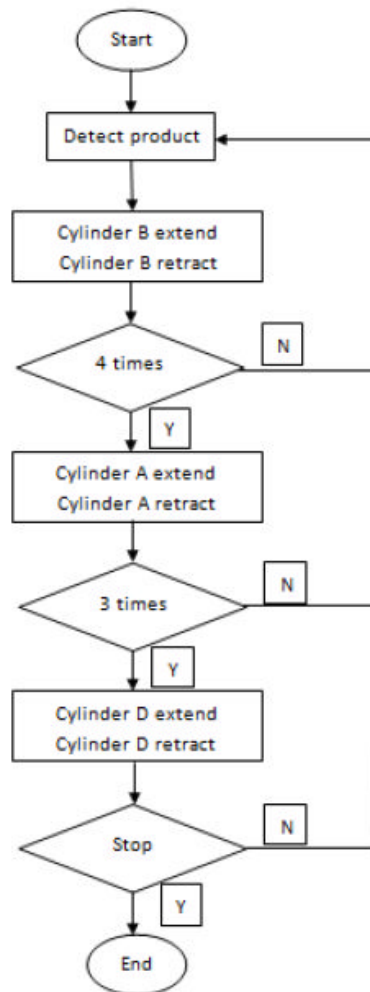


Рис. 4.11 Блок-схема роботи системи керування.

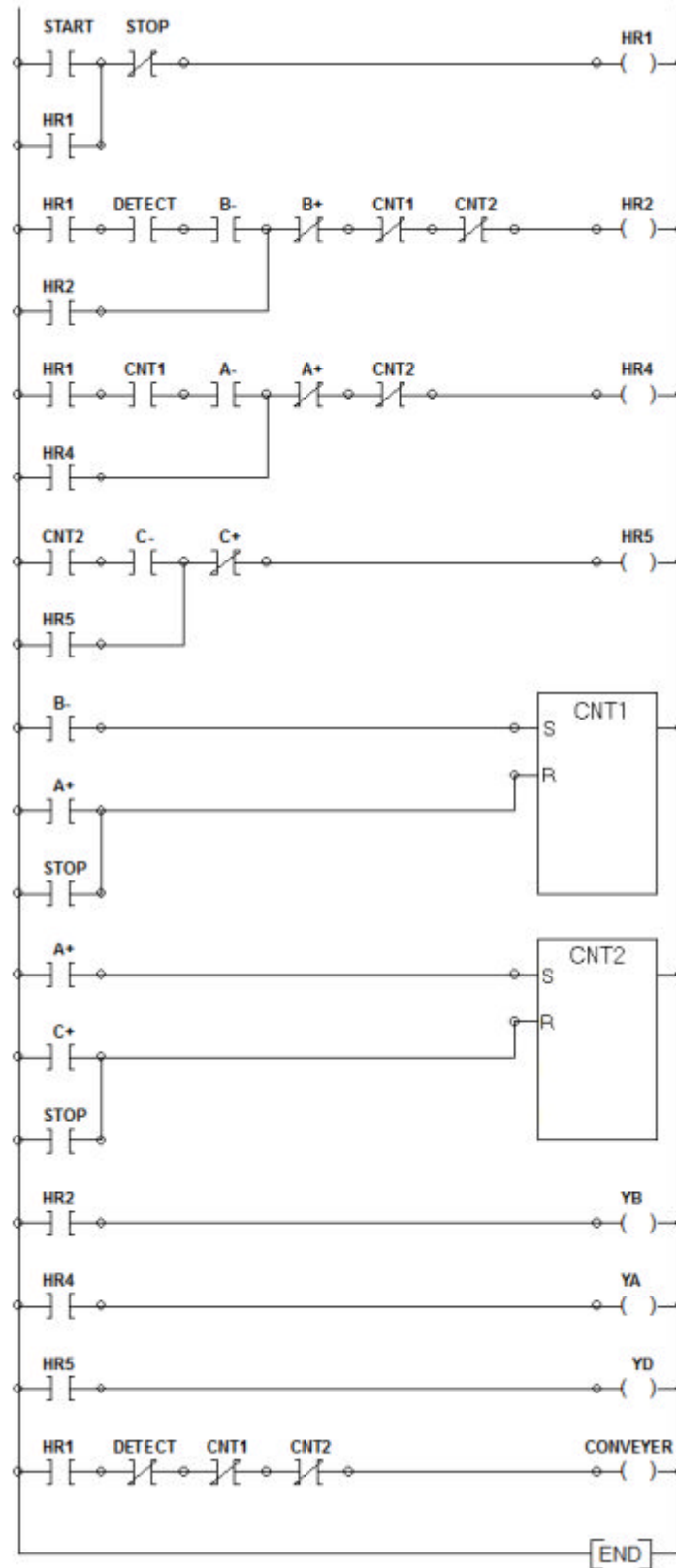


Рис. 4.12. Робоча програма на мові сходиноквих діаграм для контролера

Таблиця 4.1 -Адреси входів/виходів системи керування

INPUT	DEVICES	OUTPUT	DEVICES
0.00	START	100.00	Actuator A+
0.01	STOP	100.01	Actuator A-
0.02	Limit Switch A+	100.02	Actuator B+
0.03	Limit Switch A-	100.03	Actuator B-
0.04	Limit Switch B+	100.04	Actuator C+
0.05	Limit Switch B-	100.05	Actuator C-
0.06	Limit Switch C+	100.06	Actuator D+
0.07	Limit Switch C-	100.07	Actuator D-
0.08	Limit Switch D+		
0.09	Limit Switch D-		
0.10	Proximity Sensor 1		
0.11	Proximity Sensor 2		
0.12	Proximity Sensor 3		

Перетворена діаграма Grafset завантажується в ПЛК за допомогою CX Programmer. Сходову діаграму переписують і перевіряють відповідно.

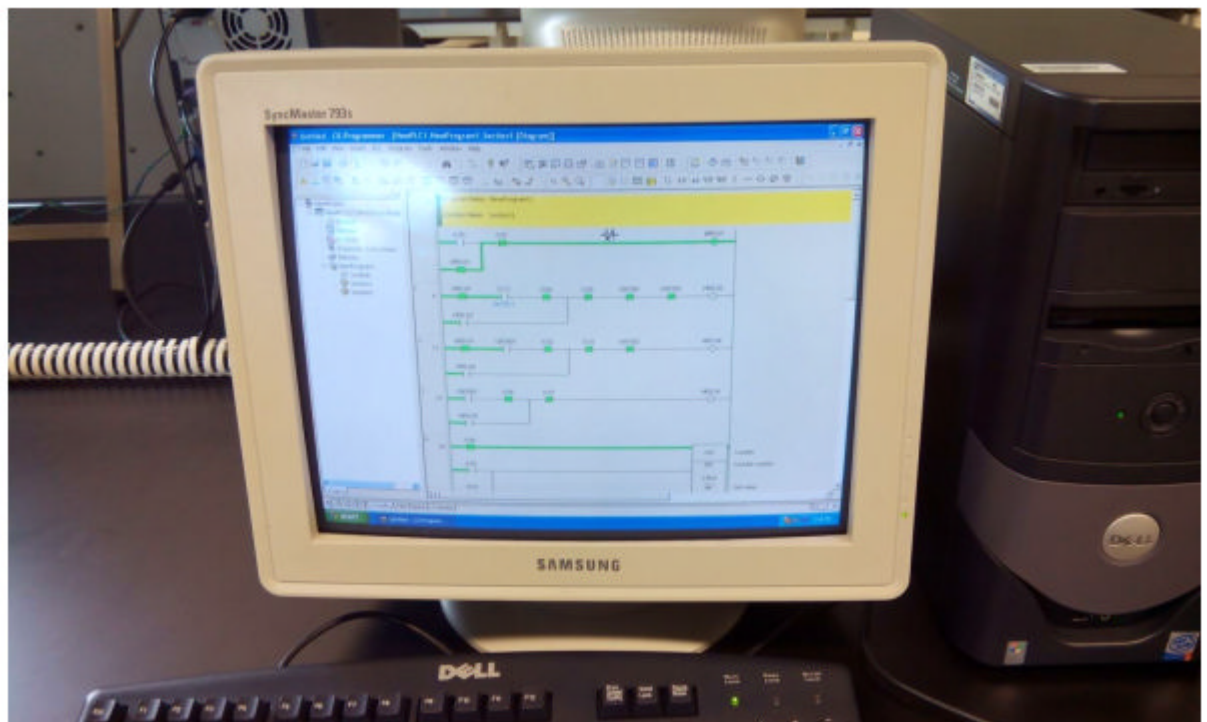


Рис. 4.13. Завантаження програми ПЛК, який використовуватиметься в цьому демонстраційному пристрої



Цей ПЛК підтримує до 16 вхідних і 16 вихідних призначень. Нижче показано блок ПЛК.



Рис. 4.14. Блок ПЛК.

Для підключення входів і виходів (I/Os) підключення виконується за допомогою модуля цифрових входів і виходів, доступного в лабораторії. Це значно скорочує час, необхідний мені для підключення всіх входів/виходів, а також це набагато більш організований спосіб створення демонстраційного пристрою.

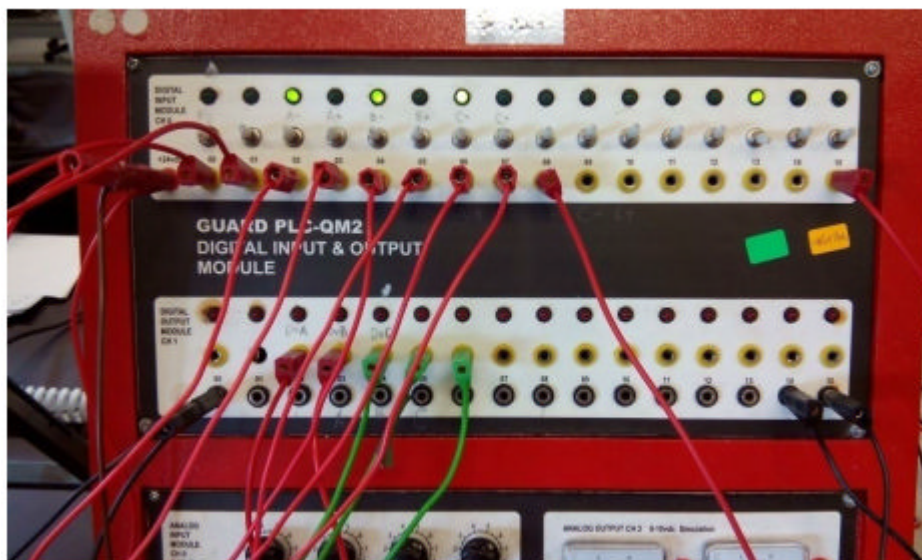


Рис. 4.15. Модуль цифрового входу та виходу.

Для приводів демонстраційний пристрій використовуватиме 3 циліндри подвійної дії з 5/2-ходовим електромагнітним клапаном з пружинним поверненням. Крім того, через обмежену кількість доступних деталей датчик наближення буде замінено кінцевим вимикачем, який спрацюватиме під час руху циліндра.

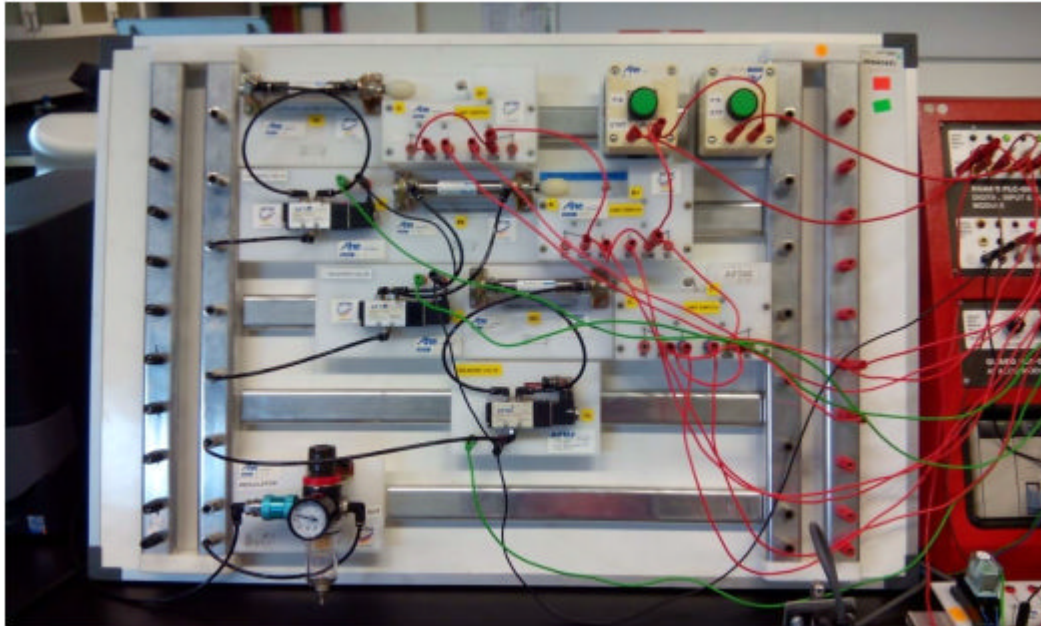


Рис. 4.16. входи та виходи

Після того, як усе апаратне забезпечення та програма налаштовані належним чином, демонстраційний блок автоматизованої системи пакування запускається вперше. Нижче показано повне налаштування. Малюнок 28: Повне налаштування. Після першого запуску зрозуміли, що перша частина системи лічильника не працює належним чином. Таким чином, було внесено кілька незначних модифікацій у драбинову діаграму шляхом зміни вхідного сигналу від приводу В з В+ на В-.

Після внесення змін система працює бездоганно. Також до системи було додано конвеєрну систему, яка раніше не була доступна в симуляції. Конвеєрна система контролюється датчиком наближення, лічильником 1 і лічильником 2 системи.

З цього проекту ми можемо чітко побачити переваги Grafset у розробці системи керування. Переваг багато, але деякі з найважливіших перераховані нижче:

- Програму Grafset можна безпосередньо впровадити в ПЛК, який підтримує програму Grafset. Це значно скорочує час, витрачений на розробку системи керування, оскільки не потрібне перетворення сходової діаграми.

- Це полегшує пошук несправностей програми, оскільки одночасно активна лише одна частина програми.

- Це зменшує загальний час сканування програми ПЛК, скануючи лише активні кроки програми.

- Добре підходить метод для систем, які працюють послідовно.

Окрім цього, ми також бачимо, що діаграма Grafset — це в основному блок-схема, яка була перетворена. Дії розташовані поруч із послідовностями порівняно з блок-схемами, наведеними нижче. Також у Grafset додано умову кроку. Тому новим користувачам, які розробляють програму в Grafset, не обов'язково мати досвід програмування в Grafset, оскільки знання з блок-схеми можна використовувати для реалізації нової діаграми Grafset.

Це значно скорочує час навчання нового персоналу для компаній, які займаються програмуванням ПЛК, і таким чином збільшує маржу прибутку. Цей проект також акцентує увагу на використанні ПЛК як основного контролера для системи керування.

Ми чітко бачимо переваги використання ПЛК як системи керування в цьому проекті, коли модифікація програми може бути виконана легко, не перериваючи підключення до апаратного забезпечення. У реальному світі це означає наявність дуже гнучкої системи, яку можна змінювати та налаштовувати відповідно до потреб користувача.

Окрім цього, ПЛК також є дуже ефективним і компактним компонентом.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Мова програмування Grafset

Програмування Grafset використовували для програмування автоматизованої системи пакування PLC у цьому проекті. Оскільки Grafset є досить новим методом програмування, дуже важливо знати основи та концепцію програмування в Grafset, перш ніж продовжувати роботу.

Нижче показано всі важливі основи та концепції:

Елементи програмування.

Щоб програмувати в Grafset, необхідно розуміти кожен елемент, з якого він складається. У наступній таблиці показано загальні елементи Grafset.

Grafset Basic

У програмі на мові Grafset використовується кілька основних принципів. Нижче показано відповідні принципи, які слід враховувати під час програмування Grafset:

- Процес розбивається на етапи, які активуються один за одним.
- Кожен етап пов'язаний з однією або декількома діями, щоб бути ефективним лише тоді, коли крок активний.
- Етап активується, коли умова переходу виконується і знаходиться на попередньому етапі.
- Виконання умови переходу передбачає активацію наступного етапу та дезактивацію попереднього етапу.
- Ніколи не може бути двох послідовних етапів або умов, їх завжди слід розміщувати по черзі.

Таблиця 1.1 - Елементи програмування Grafset

Символ	Назва	Опис
	Початкова стадія	Вказує на початок Grafset і активується шляхом переведення ПЛК у режим RUN. Зазвичай є лише одна початкова стадія.
	Stage	Stage активує кілька процесів або дій як програму користувача.
	З'єднання	З'єднання використовуються для з'єднання кількох ступенів.
	Перехід	Умова переходу для зупинки поточного кроку та активації наступного етапу вказується лінією, перпендикулярною до з'єднання.
	Адресація	Вказує на активацію того чи іншого кроку залежно від умови, яка виконується.
	Одночасний процес	Відображає або вимикає декілька етапів одночасно.
	Пов'язані дії	Дії, які виконуються шляхом активації кроку, до якого вони належать.

Основний приклад Grafset наведено нижче на рис. 5.1.

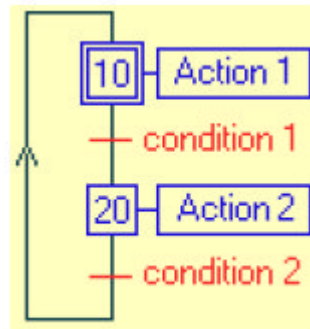


Рис. 5.1 Представлення Grafset.

1. Крок представлено числовим квадратом. Пов'язані дії перераховані буквально або символічно, у прямокутнику, з'єднаному з правого боку. Початкова сходинка представлена подвоєним квадратом. (Синім кольором, рис. 5.1).

2. Спрямована ланка позначається лінією. Окрім цього, також можна використовувати стрілки. Перетинів між зв'язками уникають. (Чорним кольором, рис. 5.1).

3. Перехід між двома сходинками представлено смугою, перпендикулярною до ланок, які з'єднують ступені. Перехід вказує на можливість переходу між кроками з заданою умовою. (Червоним, рис. 5.1).

Класифікація послідовності.

У Grafset ми можемо знайти три типи послідовностей:

- Лінійні.
- З альтернативною маршрутизацією.
- Одночасна лінійна.

Лінійна.

У лінійній послідовності послідовність складається з лінійної послідовності етапів, як показано в наступному прикладі - рис. 5.2.

Програма активує кожен із попередніх етапів і вимикається, коли вони виконують кожну з умов. Дії виконуються на основі активної стадії, на якій

вони пов'язані. Наприклад, етап 1 активується після запуску програми, після виконання «Умови 1» активується крок 2, він відключить 1, а «Дія 1» буде утримано. За допомогою маршрутизації Grafset можна адресувати відповідно до умов, які виконуються.

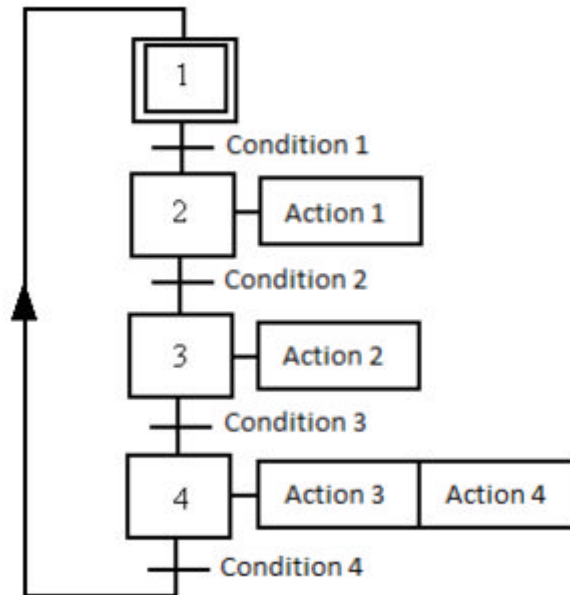


Рис. 5.2. Лінійна послідовність.

З маршрутизацією.

Наступний приклад показує, що з початкового етапу він може слідувати трьома різними циклами залежно від умов, які виконуються, однак зазвичай лише один із них може бути виконаний, поки етап 1 активний, хоча це може бути кілька умов, які виконуються одночасно (рис. 5.3).

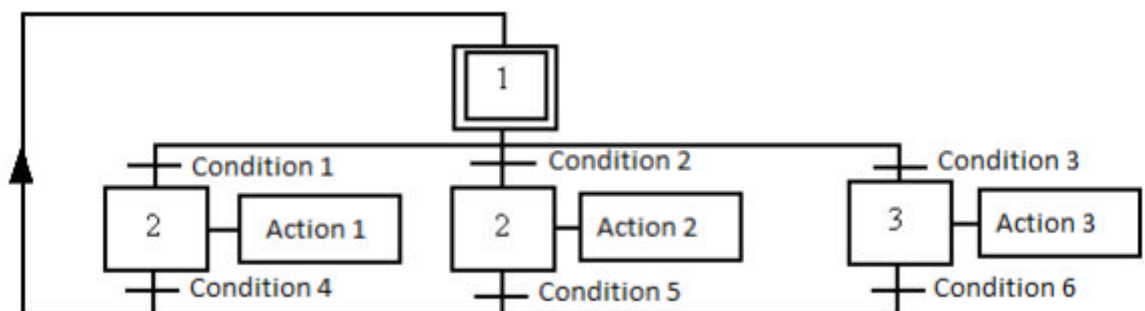


Рис. 5.3 Grafset із послідовністю маршрутизації

### Одночасний

У паралельній послідовності кілька циклів можуть виконуватися одночасно для одночасних етапів активації (рис. 5.4). У наступному прикладі, коли виконується умова 1, етапи 2, 3 і 4 активуються одночасно.

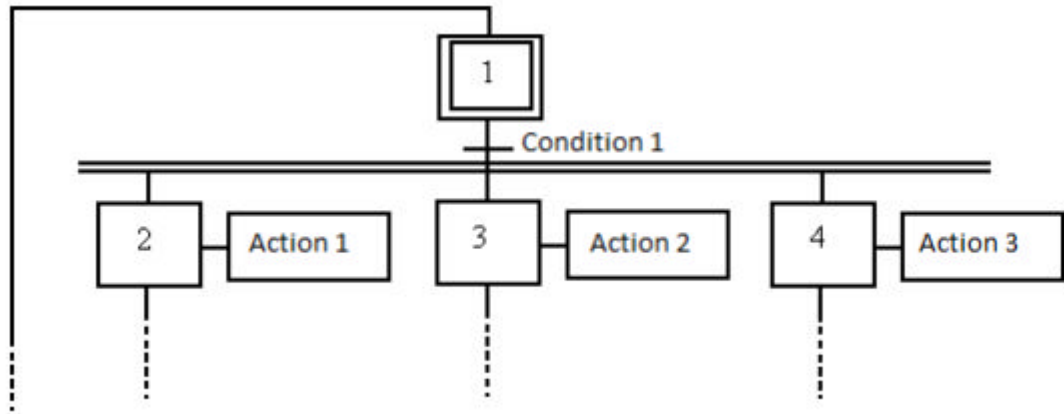


Рис. 5.4. Одночасна послідовність.

Зверніть увагу, що паралельні послідовності мають подвійну горизонтальну лінію після початкового етапу. Іншою важливою особливістю паралельної послідовності є те, що наступний етап може почати закриватися лише тоді, коли всі паралельні кроки завершені.

### Класифікація дій.

У Grafset ми можемо знайти одну або кілька дій, пов'язаних зі стадією.

Дії, пов'язані з різними стадіями.

Одну й ту саму дію можна виконувати на різних стадіях. У цьому прикладі дія, яка має бути виконана, коли стадія 21 або 23 активна (рис. 5.5).

### Умовні дії.

Реалізація дії відбувається, коли крім того, що стадія активна, з якою вона пов'язана, вона також перевіряє додаткові логічні умови (рис. 5.6).



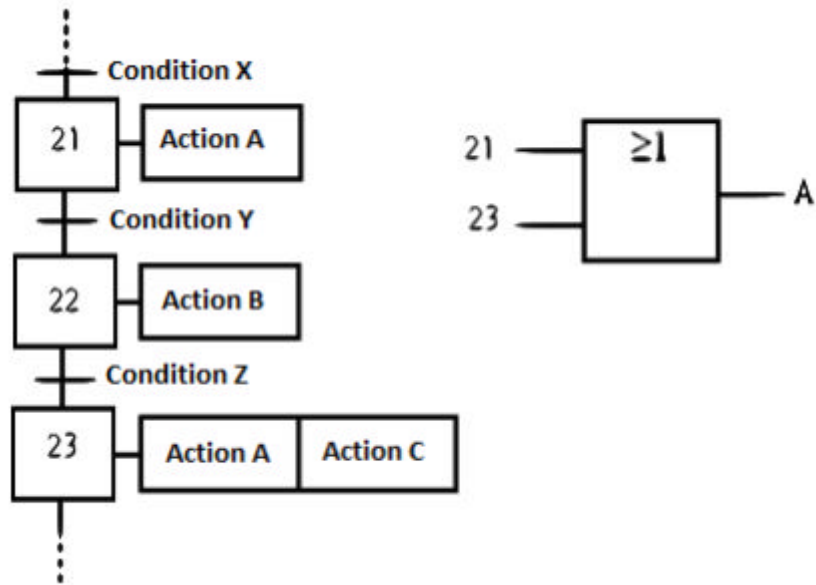


Рис. 5.5. Дії, пов'язані з різними стадіями

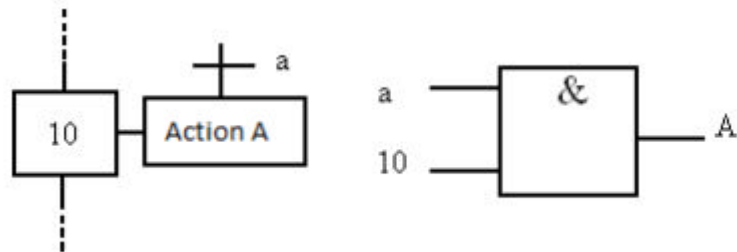


Рис. 5.6. Умовні дії

Дії, визначені за часом або із затримкою.

Це окремий випадок умовних дій, які зустрічаються в багатьох програмах. У цьому випадку залучений час діє більше як логічна умова. У наступному прикладі дія, яку потрібно виконати протягом 10 секунд (рис. 5.7).

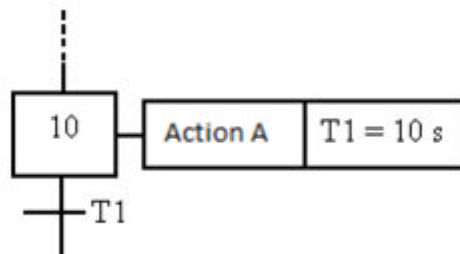


Рис. 5.7. Дії, визначені за часом

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління**

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог ГОСТ 12. 0.004 - 79, який встановлює порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про

проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

## 6.2 Електробезпека

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину посторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення. Згідно ПУЕ 1.7.65 допустимий опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки, тощо). Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві

(перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Важливо відмітити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, коврики, ізолюючі підставки, тощо.

У приміщеннях, де знаходяться вимірювальні прилади, необхідно забезпечити виконання заходів по боротьбі з статичною електрикою (тобто прилади повинні бути заземлені). Найпростішим засобом є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50 - 60 % за допомогою побутового електрозволожувача.

Підлогу слід виконувати відповідно до ГОСТ 12.4.124-83, використовуючи антистатичне покриття на проходах і біля робочих місць.

Робітникам рекомендовано носити одягу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон. Для зняття електростатичних зарядів з одягу слід використовувати антистатики побутового призначення.

Оскільки корпуси приладів виконані з металу, то для усунення небезпеки ураження людини електричним струмом (можливий пробій на корпус приладу) використовується захисне заземлення.

### 6.3 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{за}} \leq \frac{U}{I_f} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту:  $\rho = k_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$ ,

де  $k_n$  - коефіцієнт підсилення;

$\rho_n$  — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де  $t$  - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

$l, d$  - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевій полосі, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_H = (\rho / 2\pi) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.};$$

$r_B$  - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

$\eta_B$  - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури визначаємо  $\eta_B = 0,66$  і  $\eta_r = 0,39$ .

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0,66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_H / (R_B \eta_r + R_H \eta_B n) = 3,9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова  $R \leq [r_B]$ .

### Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де  $R_{33}$  – опір захисного заземлення;

$R_c$  – опір стержневих заземлювачів;

$R_n$  – опір поперечних заземлювачів.

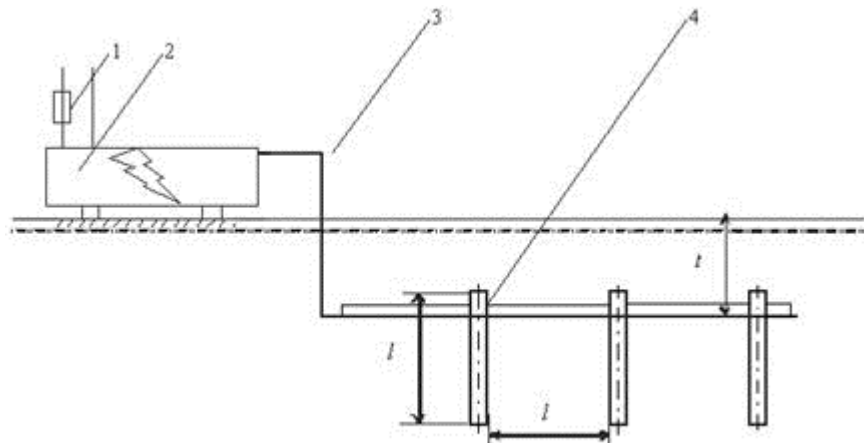


Рисунок 6.1 - Пристрій заземлення

4 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач



Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_r}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h' + l}{4h' - l} \right)$$

де  $h$  – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

$l$  – довжина стержневого заземлювача 3 м;

$d$  – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{on} = \frac{\rho_r}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де  $l$  – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

$b$  – ширина полоси заземлювача 30 мм;

$\rho_r$  – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{on} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_p}$$

де  $R_d$  – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

$R_0$  – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають  $n$ , при якому  $\eta = 1$ :

<b>n</b>	<b>R<sub>n</sub></b>	<b>R<sub>c</sub></b>	<b>R<sub>o</sub></b>	<b>η</b>
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною

26.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування технологічним пакуванням консервних банок.

Було розглянуто основні особливості процесу пакування, та визначальні параметри параметри, як необхідно контролювати. Встановлено, що процес має характерні особливості та вимагає автоматизації.

На основі аналізу процесу було розроблено автоматизовану систему керування процесом пакування з використанням програмованого логічного контролера SIEMENS. Вибрано програмне та апаратне забезпечення для реалізації автоматизованої системи.

На першому етапі було розроблено алгоритм роботи системи на структурну схему. Далі було проведено моделювання процесу роботи системи, створено прототип, на якому перевірено правильність роботи модельованої системи та оптимізовано процес.

Впровадження такої системи забезпечить якісну роботу пакувальної системи, що підвищить продуктивність процесу.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Cambridge Dictionaries Online. URL : <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/automate?q=automation>.
2. F. W. Henrikson. Food processing automation conference IV. Trends in Food Science & Technology. vol. 7, 1996. p. 96-98.
3. S.V. Ilyukhin, T.A. Haley, R.K. Singh. A survey of automation practices in the food industry. Food Control. vol. 12., 2001. p. 285-296.
4. P. J. Wallin. Robotics in the food industry: an update. Trends in Food Science & Technology. vol. 8., 1997. p. 193-198
5. D. Mihai and C. Constantinescu. Virtual vs. Experiment. programmable vs. wired logic, hardware vs. software in teaching digital control for electrochemical engineering. in EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8, 2003. p. 7-11.
6. R. David and H. Alla. Grafcet From Petri Nets. Treaty of new technologies / Automatic, 1992. p. 500.
7. S. Husayni. Development of an automated packaging control system. B. Eng. Thesis, Dept Elect. Eng, University Technology of Petronas, Tronoh, 2013. p. 26-31.
8. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
9. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
10. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.

11. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
12. Введення в компютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, компютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.
13. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
14. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник/ І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Письціо.–Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022.–324с.
15. Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
16. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».  
<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>.
17. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

18. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424/>
19. Платформа .NET та мова програмування С# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с. /Рекомендовано до друку Вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 10 від 20 жовтня 2020 року
20. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.
21. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>